

UNIVERSITÄT SIEGEN

Integrierte Heim Energie Monitoringsysteme (HEMS) für iTV: Eine LivingLab basierte Design- Fallstudie

Timo Jakobi

29.06.2012

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	2
1 Einleitung.....	1
2 Feedback in Sustainable Interaction Design.....	5
2.1 Sustainable Interaction Design.....	5
2.2 Theoretische Ansätze zum privaten Energieverbrauch.....	8
<i>Psychologische Ansätze rationalen Energieverhaltens</i>	9
<i>Soziologisch-integrative Ansätze des Energieverbrauchs</i>	10
<i>Praxeologische Ansätze alltäglichen Energieverbrauchs</i>	12
2.3 Energie im Bewusstsein des Menschen.....	14
2.4 Feedbackforschung.....	17
2.5 Gestaltung von Energie-Feedback-Systemen.....	20
2.6 Vorstudie zu Energie-Praktiken.....	22
<i>Abstrakte Leitlinien zur Kategorisierung von Energieverbrauch</i>	23
<i>Ethnomethoden zur Ausübung von Energiepraktiken</i>	27
2.7 Diskussion.....	31
3 Methodologie.....	34
3.1 Grounded Design.....	34
<i>Praxistheorie</i>	36
<i>Grounded Theory</i>	38
<i>Action Research</i>	39
<i>Aneignungsforschung</i>	40
<i>Begründung zur Wahl der Mittel</i>	41
3.2 Methodik.....	42
<i>Forschungsplan</i>	42
<i>Living Labs – die Testhaushalte</i>	44
4 Konzeption des Prototypen.....	47
4.1 Technologische Anforderungen und Implikationen.....	47

4.2	Technologische Infrastruktur.....	48
	<i>Überblick</i>	49
	<i>Detailbeschreibung der Einzelkomponenten</i>	50
4.3	Interaktions-Konzept	58
5	Adressierung der Praxis durch den Energiemonitor	60
5.1	Auftaktinterview: Bestärkung des Problembefundes	61
5.2	Aktueller Energieverbrauch des Haushaltes	69
5.3	Aktueller Verbrauch einzelner Geräte.....	78
5.4	Rückschau und Prognose des Gesamtverbrauchs.....	80
5.5	Rückschau auf Geräte-Verbrauch	85
5.6	Bedeutungsunterstützung in der Tag-Cloud	86
5.7	Erfahrungen in der Gestaltung von Aneignungsunterstützung mit dem Energiemonitor	87
6	Living Labs als Methode, Ausblick und Zusammenfassung.....	91
6.1	Evaluation von Living Labs als Methode.....	91
6.2	Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeit	92
6.3	Zusammenfassung	95
7	Anhang	97
	Anhang A: Beispielhafte Aufschlüsselung einer ZigBee-Nachricht.....	97
	Anhang B: Erweitertes Entity-Relationship-Model (ERM) der Datenbank	98
8	Literaturverzeichnis.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der technologischen Infrastruktur	49
Abbildung 2: Schematische Netzwerk-Topologie im Vergleich (links) und ein Smart Plug im Haushalt (rechts)	51
Abbildung 3: Ablauflogik des Zeitgebers für den Smart Plug-Service (b).....	53
Abbildung 4: Optokopf, Ethernet-Gateway, DLAN-Gerät und Stromversorgung für das Gateway	54
Abbildung 5: Smart Energy Server mit eingestecktem USB-Stick am TV angeschlossen.....	55
Abbildung 6: Auflistung der Tabellen in der Datenbank.....	56
Abbildung 7: Beispielhaft gefüllte Tabellen tag_value (li.) und views (re.).....	57
Abbildung 8: Aufteilung der lokalen Webseite in die Bereiche Navigation, Optionsmenü und Inhalt	59
Abbildung 9: Gespräch des Ehepaares Morell über die Visualisierung des momentanen Energiekonsums des Haushaltes.....	70
Abbildung 10: Videoaufnahme. Albert kontrolliert den Einfluss der Halogenstrahler auf den Energieverbrauch mit Hilfe der Visualisierung des Energiemonitors.	75
Abbildung 11: Gemeinsame Platzierung der Smart Plugs im Haushalt. Die angeschlossenen Geräte wurden protokolliert und anschließend in das System übertragen.....	78
Abbildung 12: Live-Ansicht der Verbräuche auf Geräte-Ebene ohne Smart Meter Vergleichsgröße	79
Abbildung 13: Einstiegsseite des HEMS. Komparatives Feedback zum aktuellen Zählerstand und einer an die Haushaltsgröße angepassten Vergleichsgröße.....	81
Abbildung 14: Verzerrung der Verbrauchsinformationen. Zwischen dem ersten und fünften März war der Smart Energy Server nicht eingeschaltet, was zu falschen Verbrauchszuschreibungen zum fünften März führt	84
Abbildung 15: Interaktionsbeispiel für die Tag Cloud. Bei Klick auf eine übergeordnete Cloud, werden Sub-Clouds gezeigt.....	87

1 Einleitung

Elektrische Energie stellt für moderne Gesellschaften eine der wichtigsten Ressourcen zur Aufrechterhaltung ihres Wohlstandes dar. Nicht nur die Industrie, auch das Handeln jedes Einzelnen, involviert in nahezu allen Lebensbereichen den Konsum von Energie. So sind in den Ländern der EU27 die Privathaushalte für fast ein Drittel des gesamten Energiekonsums verantwortlich (European Environment Agency 2008). In der modernen Gesellschaft fällt der Mensch im Alltag laufend energie-relevante Entscheidungen, die ökonomische, ökologische und soziale Auswirkungen haben.

Insbesondere wird auf individueller und gesellschaftlicher Ebene die Notwendigkeit einer Energiewende zunehmend anerkannt¹, aus der sich technologische und politische Herausforderungen zu deren Realisierung ergeben. So schlagen sich die politischen Bemühungen, angemessene Rahmenbedingungen für die zukünftige Gestaltung der Stromerzeugung und -versorgung zu schaffen, in einer Reihe von Gesetzesnovellen nieder, die auf eine Liberalisierung des Strommarktes und eine verbesserte Information des Verbrauchers abzielen (u.a. durch EnWG, MessZV). Auf technologischer Ebene werden zudem die Potentiale regenerativer Energieträger, die Verbesserung der Energieeffizienz und das Management intelligenter Stromnetze (Smart Grid) erforscht.

Zur Vision eines intelligenten Stromnetzes gehört auch die flächendeckende Einführung von intelligenten Stromzählern (Smart Metering). Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) untersuchte 2006 die Potentiale der ITK-Technologien zur Unterstützung eines Netzes, das den zukünftigen Herausforderungen gerecht werden würde und kommt zu dem Schluss, dass gerade die Visualisierung des Energieverbrauchs für die Privathaushalte ein wichtiger Aspekt ist (BMWi 2006). Neben geschätzten Einsparungen in Höhe von 9,5 Terrawattstunden würden Haushaltskunden durch die kommunikationstechnische Einbindung mittels intelligenter Messzähler befähigt, aktive Marktteilnehmer zu werden und damit Wertschöpfungspotentiale für Dienstleistungen eröffnen. Eine forsa-Studie zeigte des Weiteren, dass auch Verbraucher generell an den neuen Smart Metering Möglichkeiten interessiert sind (forsa 2010). So gaben 90% der Befragten an, dass sie durch Smart Metering Einsparmöglichkeiten von teilweise bis zu 25% erwarten. Zusätzlich wurden spontan positive Erwartungen wie Transparenz, Selbstkontrolle und Individualisierung an intelligente Stromzähler geknüpft (forsa 2010).

Das Forsa-Institut sieht aber auch Hemmschwellen, die für die Verbreitung von Smart Metering Technologie noch überwunden werden müssen. Zur Steigerung der sozialen

¹ Der Begriff wurde geprägt durch eine Fachtagung des Bundesumweltministeriums unter dem Titel *Energiewende – Atomausstieg und Klimaschutz*. Siehe auch: http://www.bmu.de/pressearchiv/14_legislaturperiode/pm/1399.php, Abrufdatum: 08.10.2011

Akzeptanz und um die Mehrwertpotentiale der Technologie auch auf Nutzerseite zu heben, ist es demnach von großer Bedeutung die „Entwicklung alltagsrelevanter Anwendungen digitaler Zähler für den ‚Normalverbraucher‘“ voranzutreiben (forsa 2010).

Die gestiegene Relevanz des Themas „Energiesparen“ und der Bedarf an geeigneten Anwendungen spiegeln sich auch in einem weit gefächerten Angebot von Produkten für den Endanwender wider. In der jüngeren Vergangenheit sind viele Technologien auf den Markt gekommen, die den Menschen in seinen Entscheidungen zum Energieverbrauch unterstützen sollen. Auf Basis einer Markt- und Literatursichtung, sowie eigener Voruntersuchungen entsteht allerdings der Eindruck, dass existierende Lösungen die Bedürfnisse des Benutzers noch nicht optimal adressieren. Insbesondere zeigte sich in der Voruntersuchung, dass auf dem Markt befindliche Feedbacksysteme nur unzureichend die Bedarfe der Nutzer berücksichtigen, um den Verbrauchsdaten Sinn verleihen zu können.

In den letzten Jahren hat sich im Bereich des Sustainable Interaction Design eine wachsende Forschungsgemeinde dem Thema gewidmet, die mit verschiedenen Zugängen untersucht, wie Smart-Metering bzw. Eco-Feedback Systeme zu gestalten sind (u.a. Darby 2001, Abrahamse et al. 2005, Fitzpatrick und Smith 2009, Froehlich et al. 2010). Aus einer gestalterischen Perspektive werden die Möglichkeiten moderner IKT-Technologien ausgelotet, um Nutzer bei Aufdeckung und Realisierung von Einsparungspotentialen zu unterstützen. Die Forschung zu den „Human Factors“ des Energiekonsums hat dabei gezeigt, dass der Energieverbrauch allerdings ein Phänomen ist, das von Menschen ganz unterschiedlich interpretiert wird (Pierce und Paulos 2010). Auch fehlt weiten Teilen der Gesellschaft ein Zugang zu „ihrem“ Energieverbrauch, weil die Nutzung oft abstrakt im Verborgenen stattfindet und damit der Wahrnehmung entzogen ist (Froehlich 2009). Die Einschätzungen über den Stromverbrauch von Geräten oder des eigenen Haushaltes gründen sich zusätzlich häufig auf falschen Vorstellungen, sind ungenau oder gar kontrafaktisch (u.a. Winett 1981, Geller et al. 1982, Kempton und Montgomery 1982). So kennen z.B. die meisten Menschen nicht die physikalischen Messgrößen für Strom oder können sie nicht angemessen deuten (Kempton und Montgomery 1982). Darüber hinaus kennen viele Menschen nicht ihren Energieversorger, ihren Stromtarif oder ihre Möglichkeiten diesen zu wechseln. Dies sind Hürden, die den Kunden in die Passivität drängen und einem reflektierten Umgang mit Strom im Wege stehen.

Diese Arbeit ist in eine Forschungsagenda eingebettet, die sich zum Ziel gesetzt hat, die Aneignungsprozesse an neue Technologie, welche die Erklärungsbemühungen von Energiekonsum in Privathaushalten unterstützen soll, zu untersuchen. Im Sinne einer Design-Fallstudie (Wulf et al. 2011, Wulf 2009), wird diese Agenda dazu in drei aufeinander aufbauende Phasen eingeteilt. Diese Arbeit bildet den Mittelteil und schließt an

die Vorstudien des Fraunhofer Instituts für angewandte Informationstechnik (FIT) unter der Zielsetzung an, einen Prototypen zu entwickeln, der die erkannten Phänomene der Praxis im Umgang mit der Erklärung von Energiekonsum berücksichtigt und dadurch passgenaue Anschlussmöglichkeiten für den Anwender bietet. Aufbauend auf dem aktuellen Stand der Forschung zu Eco-Feedback Systemen und Sustainable Interaction Design, sowie Studien des Fraunhofer FIT sollen Energiepraktiken und Ansätze zu Energie-Feedback-Systemen mit Hilfe eines partizipativen Research-Through-Design Ansatzes (Zimmerman et al. 2007) exploriert und auf Möglichkeiten untersucht werden, Menschen zu unterstützen, „ihren“ Energiekonsum darstellbar und somit für sich und andere wahrnehmbar und verständlich zu machen. Anschlussprojekten soll dadurch ermöglicht werden, ihr Augenmerk den Adaptionsprozessen zuzuwenden, die wirksam werden, wenn bestehende Praxis im Umgang mit Energieverbrauch durch die selbst entwickelte Technologie neu geordnet wird.

Zur Konzeption des Prototypen sollen aus den erhobenen empirischen Materialien (siehe Kapitel 4) die Praktiken bzw. die von den Akteuren in Anschlag gebrachten Methoden des Erklärbar-machens rekonstruiert und die Anforderungen an die Visualisierung des Energieverbrauchs abgeleitet werden. Dabei bleibt nicht der Umstand außer Acht, dass die Technologie selbst einen wesentlichen Beitrag zur Irritation und partiellen Neuausrichtung der Praktiken leistet. Insbesondere wird die Irritation ganz bewusst eingesetzt, um die stillschweigend vorausgesetzten Ethnomethoden (Garfinkel 1984, c1967) sichtbar und damit analysierbar zu machen (Crabtree 2004), und so das gegenseitige Verständnis von Entwickler und Anwender stetig zu verbessern. Durch den partizipativen Entwicklungscharakter wird sichergestellt, dass die Unterstützungstechnologie nah an den Vorstellungen des Anwenders konzipiert ist.

Die konkreten Aufgaben dieser Arbeit sind:

1. Konzeption und Implementierung einer IT-Infrastruktur zur explorativen Untersuchung von Energie-Praktiken in Privathaushalten
2. Implications for Design für die Gestaltung von Energie-Feedback-Technologie
3. Darstellung von Living Labs als geeignete Methode um Energie-Feedback-Technologie partizipativ zu entwickeln

Durch die Einbindung in den methodischen Dreischritt grenzt sich die Arbeit von anschließender Aneignungsforschung gut ab. Sie nimmt die empirischen Daten der Vorstudien auf und verarbeitet diese weiter. Die gefundenen Phänomene der Praxis werden in der einzurichtenden Forschungsumgebung in einem partizipativen Designprozess zurückgespielt, um die Passgenauigkeit der Technologie aus Anwendersicht zu erhöhen. Auch wird der Design-Prozess sowie die Implementierung, Betreuung und Forschung mit den Testhaushalten dokumentiert. Erste Erkenntnisse der Aneignungsforschung können festgehalten und diskutiert werden, sowie in die weitere

Entwicklung der Technologie einfließen. Jedoch ist es nicht Ziel, die Aneignungsmechanismen in Detail darzustellen und zu interpretieren. Dies soll durch die Entwicklung des Prototyps zwar ermöglicht werden, geht aber über den Rahmen dieser Arbeit hinaus. Im Zuge der einbettenden Design Case Study soll mittels dieser explorativ-partizipativen Technologie-Entwicklung dazu beigetragen werden, die Steigerung der sozialen Akzeptanz von Energievisualisierungen, die in der Forsa-Studie als eine kritische Voraussetzung für deren Erfolg erkannt wurde, in zukünftigen Design-Projekten adressierbar zu machen.

Im Folgenden wird kurz der weitere Aufbau der Arbeit geschildert. Der nächste Abschnitt beleuchtet den aktuellen Stand der Forschung im Bereich des Sustainable Interaction Design als Teildisziplin der Human Computer Interaction und verortet die eigene Arbeit darin. Zudem werden Strömungen der Energie-Konsumforschung, die besonderen Eigenschaften von Energie als Phänomen in Sprache und Alltag, sowie Forschung zu Energie-Feedback dargelegt. Anschließend werden kurz theoretische Grundlagen des Vorgehens sowie die angewandte Methodik erläutert. In einem vierten Teil werden die Ansprüche an den Prototypen sowohl aus technologischer Perspektive als auch in Form von Erkenntnissen der Vorstudie und der eigenen Empirie beschrieben. Außerdem wird die Systemarchitektur vorgestellt und begründend erläutert, wie den Anforderungen in der Implementierung entsprochen wurde. Das fünfte Kapitel illustriert den Forschungsablauf sowie die Entwicklung des Verständnisses der Anwendungsdomäne und der individuellen Methoden des Erklärbar-machens der Haushalte. Abschließend werden die empirischen Daten verdichtet und diskutiert. Abschließend wird in Kapitel sechs ein Überblick über die Entwicklungsarbeit, die Kooperation mit den Haushalten, Implications for Design und zukünftige Forschungsarbeit und Anwendungsgebiete des Energiemonitors gegeben.

2 Feedback in Sustainable Interaction Design

In diesem Kapitel soll zunächst eine allgemeine Einführung in die Entwicklung des Sustainable Interaction Designs zu einem eigenständigen Forschungszweig innerhalb der Human Computer Interaction gegeben werden. Dazu werden die charakteristischen Merkmale der Nachhaltigkeitsforschung beleuchtet und die dominierenden theoretischen Fundierungen im Bereich der Energieforschung vorgestellt. Außerdem werden insbesondere relevante Arbeiten im Bereich der Feedback-Forschung präsentiert. Dies soll dabei helfen, den Blick für die besonderen Anforderungen an das komplexe Anwendungsfeld des privaten Energiekonsums zu schärfen und die vorliegende Arbeit in den Kontext bestehender Forschungsbemühungen einordnen. Abschließend soll argumentiert werden, warum Praktiken für die Energiefeedback-Forschung eine viel versprechende Alternative zu gängigen Untersuchungsmodellen in der Umweltpsychologie (Ajzen und Fishbein 1980, Froehlich et al. 2010) und soziologischen Zugängen (u.a. Lutzenhiser 1993, Chetty et al. 2008, darstellen.

2.1 Sustainable Interaction Design

In den letzten Jahren hat sich das Feld des *Sustainable Interaction Design* (SID) als Teilbereich der HCI ausgebildet. Die Akzentuierung der Relevanz der SID ist Ausdruck des sprunghaften Anstiegs der Veröffentlichungen mit Zielen von Nachhaltigkeit und Umweltschutz im Bereich der Human Computer Interaction. Mankoff et al. (Mankoff et al. 2007) appellieren erstmals, dass sich die CHI-Community stärker der unbeantworteten Herausforderung von Umweltverträglichkeit bei der Gestaltung interaktiver Systeme annehmen sollte. Belvis (Blevis 2007) prägt in diesem Zusammenhang den Begriff der SID als einen notwendigen Forschungszweig und steckt mögliche Leitprinzipien ab. Sein Hauptargument ist, dass die HCI selbst dazu beiträgt, immer kürzer werdende Lebenszyklen von Produkten zu forcieren und daher in Zeiten begrenzter Ressourcen und zunehmender Abfallverursachung ihre Position zu dem Kreislauf aus Einführung, Nutzung und Entsorgung ihrer Artefakte grundlegend überdenken müsse. Um ein umweltfreundlicheres, nachhaltiges Interaktions-Design zu ermöglichen, sei es nötig, die in der Konzeption und Produktion vorherrschenden Werte, Methoden und Denkweisen neu auszurichten. Ökologisches Design dürfe außerdem nicht ausschließlich als Kostenfaktor verstanden werden. Es müsse stattdessen auch als Qualitätsmerkmal und neuer Designspace, der viele Möglichkeiten (z.B. in der Hebung von Effizienzpotentialen) biete, anerkannt werden. Mit Blick auf die Methoden der HCI urteilt er, dass auch innerhalb der Community populäre Methodensets neu überdacht werden müssen, weil sie nur unzureichend für das Anwendungsfeld Nachhaltigkeit geeignet sind, da sie daran scheitern, die Komplexität des Problems in angemessener Weise zu berücksichtigen.

Vergleichende Literaturstudien zeigen seitdem die Vielfältigkeit theoretischer wie praktischer Ansätze, die diese Anregungen aufgenommen haben. Ein breiter und häufig verwendeter Kategorisierungsansatz orientiert sich an der Untergliederung in die Gruppen „Nachhaltigkeit im Design“ (Effekte der Produktion, Nutzung und Entsorgung von Software/Hardware auf die Umwelt) und „Nachhaltigkeit durch Design“ (Beeinflussung von nachhaltigen Lebensstilen und Entscheidungen) (Blevis 2007, Mankoff et al. 2007). Eine differenzierte Aufteilung des Feldes stellen Di Salvo et al. (DiSalvo et al. 2010) nach einer Literatur-Sichtung auf, mittels derer die Forschung der nachhaltigen HCI kategorisiert und geordnet werden soll, um eine systematischere Bearbeitung von Forschungslücken zu ermöglichen. Sie stellen fünf, teilweise überlappende, Genres fest, die im Folgenden geschildert werden, um ein klareres Bild von der Ausrichtung der nachhaltigen HCI-Community und damit auch der SID zu bekommen.

- a) ***Persuasive technology***: Die größte Kategorie bilden mit ungefähr 45%, Arbeiten die durch Design von interaktiver Technologie versuchen, den Anwender zu einem Verhalten zu bewegen, das ressourcenschonender und umweltverträglicher ist. Der angestrebte Soll-Zustand wird dabei fast immer durch die Designer selbst definiert und nur selten empirisch erhoben. Zumeist aus einem psychologischen Ansatz kommend, sind unterschiedliche Strategien der Umsetzung der jeweiligen Ziele festzustellen: Zum einen werden Anwender direkt in ihren Handlungen im Hinblick auf Nachhaltigkeit bewertet. Zum anderen wird oft ein Feedback über umweltrelevante Einflüsse gegeben, das implizit auf das Verhalten zurückzuführen ist.
- b) ***Ambient awareness***: Diese Ansätze beruhen darauf, in der Alltagswelt des Anwenders eingebettet zu sein und durch ihre ständige Präsenz mit ihrem Feedback zwischen Peripherie und Zentrum der Aufmerksamkeit pendeln zu können. Die Reichweite der unterschiedlichen Realisierungen solcher Konzepte ist enorm und umfasst sowohl Gegenstände als auch reine Software. Die grundsätzlichen Ziele nehmen zwei Formen an: Einerseits werden solche Artefakte eingesetzt, um Verbrauch sichtbar zu machen und diesen ins Bewusstsein des Verursachers zu rufen. Eine andere Strategie ist es, durch das Feedback erwünschte Verhaltensweisen sichtbar zu machen.
- c) ***Sustainable interaction Design***: SID setzt sich zum Ziel, Umweltverträglichkeit als Qualitätsmerkmal des Designprozesses interaktiver Technologien zu berücksichtigen. Viele der Arbeiten dieser Kategorie unterscheiden sich von den übrigen, indem sie die innerhalb der HCI angewandten Methoden in Frage stellen. Der Designer ist in diesem Fall nicht Teil der Lösung, sondern oft Teil des Problems mangelnder Nachhaltigkeit: zum Beispiel im Hinblick auf Ressourcenverbrauch, Abfallerzeugung und Verschmutzung jeglicher Art. Dies umfasst häufig auch die Auseinandersetzung damit, wie Sustainable

Informationen verständlich und in angemessener Form dargestellt werden sollen (Blevis 2007). Insbesondere die Sichtbarmachung von Verbrauchsinformationen steht dabei im Vordergrund.

- d) *Formative user Studies*: Die hierzu zählende Forschung umfasst soziologisch orientierte Studien, die die Einstellungen der Anwender zur Umwelt und zu (nicht-) nachhaltigem Design verstehen wollen. Dies ist insofern bemerkenswert, als dass die Position des Anwenders oft vernachlässigt wird und die subjektiven Werte und Ideen des Designers als global gültig angesehen werden. In den sowohl qualitativen als auch quantitativen Studien wird daher auch nicht nach „richtigen“ oder „falschen“ Werten klassifiziert. Vielmehr legitimieren sie die unterschiedlichen Einstellungen durch die Einbettung des Individuums in seine sozio-kulturelle Lebenswelt. Sie erarbeiten damit auch wichtige Wirkungs-Beschränkungen, denen technologische Interventionen unterliegen.
- e) *Pervasive und participatory Sensing*: Dieses Genre erfährt eine wachsende Zuwendung. Hiermit werden Arbeiten zusammengefasst, die Messgrößen der Umwelt erfassen, um damit gemäß bestimmter Auswertungsschritte diese Bedingungen zu beeinflussen. Oft befinden sich diese Studien an den Nahtstellen zum Ingenieurwesen. Innerhalb der HCI Community konzentrieren sich die Bemühungen häufig auf *participatory sensing*, was die Einbindung der Nutzerzielgruppe in die Sammlung der für die Technologie relevanten Daten bedeutet. Die Anwender als lokale Experten müssen nicht notwendigerweise Wissen über die Bedeutung der Messdaten haben, verfügen jedoch über einen besonders guten Zugang zu ihrem eigenen Anwendungsfeld, so dass sie sich dazu eignen, die Messungen durchzuführen.

Abschließend erarbeiten Di Salvo et al. auf der Basis ihrer Arbeit Vorschläge einer allgemeinen Agenda für die SID-Community. So monieren sie, dass innerhalb der Forschungsgemeinde ein nur unzureichender Überblick über bereits absolvierte Forschungsaufgaben und offene Fragen besteht. Beispielsweise kann durch die Menge der thematisierenden Arbeiten als gesichert gelten, dass *Ambient Displays* nachhaltige Verhaltensänderungen unterstützen. Dennoch konnten nur wenige Studien tatsächliche Ressourceneinsparungen feststellen, oder haben diese nur über einige Wochen beobachtet. Insgesamt wünschen sich Di Salvo et al., dass die hervorgebrachten Beiträge zu einem besseren Verständnis des komplexen Themas der Nachhaltigkeit angewandt werden, um darauf aufzubauen und neue, tieferegehende Forschung zu betreiben. Auch die Verbindungen des Forschungszweiges zu benachbarten Feldern in Forschung und Wirtschaft, sehen sie als verbesserungswürdig an. Dazu zählen sie unter anderem die Abwesenheit einer thematisch breit aufgestellten Diskussion über das Verhältnis von Technologie zur Umwelt und den Mangel an Verbindungen zur professionellen Design Community in der Industrie. Aber auch näherliegende Gebiete, wie das Ingenieurwesen, sind nur schwach mit SID verbunden und die Aufmerksamkeit für

beiderlei Forschung ist gering. Auch wenn diese Merkmale typische Probleme vieler Forschungsgebiete darstellen, rufen die Autoren dazu auf, das gegenseitige Lernen und die Zusammenarbeit an den Nahtstellen zu verstärken. Schließlich weisen Di Salvo et al. darauf hin, dass die Debatte innerhalb der nachhaltigen HCI über ihre eigene Orientierung und Methoden angeregt werden müsse. Als beispielhafte Themen nennen sie die Frage, ob Technologie generell als Lösung für die Gewährleistung der Nachhaltigkeit im Handeln von Individuen geeignet sei. Eine weitere Uneinigkeit besteht darin, inwiefern eine Technologie nachhaltiges Verhalten vorschreiben oder belohnen können sollte und wo dort die Grenze zur Belästigung oder gar Nötigung durch diese Artefakte zu ziehen sei.

Insgesamt ist SID eine relativ neue, aber zunehmend stärker beachtete Teildisziplin der HCI. Sie hat den Anspruch, die Nachhaltigkeit ihrer Produkte über den vollständigen Lebenszyklus von Konzeption, Produktion, Nutzung, bis hin zur Entsorgung zu verbessern sowie ihre eigenen Methoden an den Maßstäben der Umweltverträglichkeit zu messen und gegebenenfalls neu zu organisieren. Damit adressiert sie in ihrem Einflussbereich Anforderungen, denen nachzukommen für die Zukunft der Gesellschaft von hoher Bedeutung ist und die zu ignorieren sich keine verantwortungsbewusste Gruppierung mehr leisten kann.

Die vorliegende Studie ist thematisch in den Bereichen des *Persuasive technology* und des *Sustainable Interaction Designs* zu verorten und greift mit der Gestaltung von Eco-Feedback Technologien einen der Forschungsschwerpunkte in der Schnittmenge dieser beiden Kategorien auf. Im folgenden Abschnitt wird daher zunächst auf die Erforschung sowie die besonderen Eigenschaften der Ressource *Energie* und insbesondere elektrischen Stroms eingegangen, um anschließend bedeutende Studien über Feedback zum Energiekonsum zu präsentieren.

2.2 Theoretische Ansätze zum privaten Energieverbrauch

Als interdisziplinärer Forschungszweig macht sich die SID Forschung Erkenntnisse etablierter Disziplinen zu Nutze. Dabei werden zumeist Theorien aus der Konsumforschung übernommen, um Energieverbrauch aus der Perspektive des Anwenders bzw. Verbrauchers zu verstehen. Diese Ansätze basieren zumeist auf Verhaltensmodellen der *Umweltpsychologie* und der *Soziologie*. Beide Forschungszweige haben sich dem Phänomen des privaten Energieverbrauchs seit der Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre ausgiebig gewidmet. Als sich in den Folgejahren die Einsicht durchsetzte, dem Problem wachsenden Energiebedarfs nicht allein mittels technologischer Effizienzsteigerungen begegnen zu können, stiegen Modelle der Umweltpsychologie und Soziologie zu festen Größen in der Energieverbrauchsforschung auf. Im Folgenden werden daher exemplarisch die Modelle bzw. Faktoren der jeweiligen Forschungsgemeinden vorgestellt, die herangezogen werden, um (Energie-)Konsum zu erklären.

Psychologische Ansätze rationalen Energieverhaltens

Ein Teilbereich der Umweltpsychologie, der auch "Umweltbewusstseinsforschung" genannt wird, beschäftigt sich mit den Grundlagen umweltschonenden Verhaltens. Energieverbrauch ist eine der fünf zentralen inhaltlichen Kategorien, nach denen in der Umweltpsychologie differenziert wird, um Umweltbewusstsein als inhomogenes Konstrukt in seinen unterschiedlichen Ausprägungen zu erfassen (Engelhard 1998). Forschungen, die in der Umweltpsychologie verwurzelt sind, erklären Verbrauch als Ergebnis rationaler Abwägungen des Individuums. Nach Engelhard (Engelhard 1998) war für die aufkommende Umweltpsychologie zu Beginn der 1970er Jahre eine ökonomisch orientierte Denkweise charakteristisch, die im Aufgreifen der Rational Choice Theory (Elster 1986, Homans 1961) ihren Niederschlag fand. Ihr Einfluss ist nach wie vor prägend für viele Forschungsbemühungen.

Ausgangspunkt der *Rational Choice Theory* (RCT) ist die Annahme, dass Konsumenten ihre Entscheidungen von individuellen Kosten-/Nutzenabwägungen verschiedener Szenarien treffen. So wird diejenige Option bevorzugt, die im Hinblick auf die individuellen Wertgefüge des Konsumenten den maximalen Nutzen erwarten lässt. Es wird demnach angenommen, dass menschliches Verhalten durch die Eigeninteressen erklärt werden kann und das Ergebnis rationaler und bewusster Aushandlungsprozesse ist. Persönliche Präferenzen werden nicht eigenständig berücksichtigt, da sie als Folgeerscheinung früherer Prozesse interpretiert werden. Diese eindimensionale Betrachtung ist in vielerlei Hinsicht kritisiert worden: Zum einen nutzt der Mensch Gewohnheiten, Routinen und andere „mentale ‚Abkürzungen‘“ (Jackson 2005), um die kognitive Belastung bei Alltagsentscheidungen zu reduzieren. Außerdem erklärt die RCT kein altruistisch, moralisch oder sozial motiviertes Verhalten und lässt situative oder kontextuale Faktoren außer Acht (Jackson 2005). Dennoch wird dieses Erklärungsmuster häufig als Grundlage für komplexere Theorien der Konsumforschung genutzt und findet sich im Ansatz in vielen modernen Modellen wieder.

Aus der Kritik an der RCT entwickelte sich mit Attitude-Behavior-Modellen eine zweite wesentliche Strömung, die Konsumentenverhalten in Abhängigkeit von Werten, Gefühlen und Einstellungen erklärt (Rosa et al. 1988). Innerhalb dieser Strömung gilt die *Theory of Reasoned Action* (TRA) (Ajzen und Fishbein 1980) als eine der einflussreichsten dieser Theorien. Sie basiert auf den Prinzipien der RCT, die Autoren reagieren aber auf die an ihr geäußerte Kritik, indem sie den sozialen Einfluss auf die Entscheidungen des Konsumenten anerkennen und das Modell entsprechend erweitern. So existieren den Autoren zu Folge zwei Faktoren, die die jeweilige Absicht, eine Verhaltensoption zu vollziehen, bestimmen. Einerseits formen die persönlichen Vermutungen über und die rationale Evaluierung von möglichen Resultaten die Einstellungen zu Verhaltensmöglichkeiten und damit die Handlungsabsichten. Auf der anderen Seite spielt aber in diesem Modell auch die individuelle Einschätzung eine wichtige Rolle, wie

Dritte, die dem Akteur wichtig sind, dessen Verhaltensweise beurteilen würden. Diese sogenannte subjektive Norm beeinflusst als zweite Größe die Handlungsabsichten, aus denen das letztliche Verhalten resultiert (Jackson 2005). Bei diesem Modell spielen jedoch kontextuelle, situative und habituelle Dimensionen des menschlichen Verhaltens weiterhin eine residuale Rolle.

In der Empirie zeigten sich vielfältige Probleme, Energieverbrauch mittels ökonomischer und vor allem bewusster Überlegungen zu erklären. Diese Problematik ist zu einem guten Teil der besonderen Konstitution von Energie geschuldet, auf die in Kapitel 2.4 näher eingegangen wird. Auch die zugrunde liegenden, zumeist dem Behaviorismus entlehnten Lernmodelle der Umweltpsychologie weisen in der Empirie Schwächen auf. So zeigen Untersuchungen beispielsweise, dass Änderungen im Verhalten auftreten können, ohne dass sich notwendigerweise Werte oder Einstellungen wandeln (u.a. Thøgersen und Ölander 2002, Jackson 2005).

Soziologisch-integrative Ansätze des Energieverbrauchs

Die Anfänge mikrosoziologischer Forschung zum Energieverbrauch von Privathaushalten gründeten sich auf Ablehnung eines unabhängig und rational handelnden Akteurs und betonen den institutionellen und sozialen Einfluss auf den Energiekonsum. Eine frühe Annahme lautete beispielsweise, dass Haushalte ähnlicher physikalischer Struktur gleiche Energieverbrauchsdaten vorweisen würden. Diese Theorie wurde jedoch durch eine Reihe von Studien widerlegt (u.a. Sonderegger 1978). Stattdessen konnte im Gegenteil festgestellt werden, dass der Energieverbrauch von Haushalten mit vergleichbaren Merkmalen bis um den Faktor zwei variieren können (Socolow 1978). Diese Untersuchungen hoben zugleich die Bedeutung von Lebensstilen hervor. Im Zuge dieser Entwicklungen orientierte sich die Soziologie häufig an psychologischen Ansätzen nach dem Vorbild des oben beschriebenen Attitude-Behavior-Modells (Rosa et al. 1988). Da praktische Maßnahmen, die nach den Prämissen dieser Modelle umgesetzt wurden, wie Informations- und Bildungskampagnen, wenig Erfolg brachten, suchte die Forschung bald nach neuen Erklärungsmöglichkeiten.

Nach und nach wurde dabei der Rahmen der Untersuchungen erweitert. Beispielsweise zogen einige Studien (u.a. Kempton und Montgomery 1982, Wilk und Wilhite 1985) anstatt des Individuums die soziale Einheit des Haushaltes als Untersuchungsgegenstand heran. Diese Tendenzen mündeten darin, Einflussfaktoren auf privaten Energieverbrauch auf Mikro- (Haushalte und Firmen), Meso- (technologische Regime) und Makroebene (sozio-technische Bedingungen) gleichermaßen in die Analysen einzubeziehen (Rohracher 2008). Mittlerweile dominieren derartige integrative Ansätze die soziologische Forschung. Innerhalb dieser Strömung wird der private Energiekonsum häufig abhängig von einem Netz sozio-materieller und -kultureller Umgebungsvariablen angesehen. Das Individuum wird als Teil eines interdependenten Netzwerks angesehen, das die privaten Verbrauchsmuster

entscheidend prägt. Bei solch holistischen Ansätzen zählen zu den beteiligten Akteuren zum Beispiel auch kommerzielle Organisationen, Märkte, Medien sowie Institutionen und Politik (Jackson 2005).

Elisabeth Shove gilt als eine wichtige Vertreterin einer integrativen Sicht auf Energiekonsum (u.a. Shove und Chappells 2005, Shove et al. 2000). Shove (Shove et al. 2000) spricht sich beispielsweise dafür aus, die historische Dimension zu berücksichtigen und innerhalb der Entwicklung sozio-technischer Regimes die wandelnden Vorstellungen von Komfort zu betrachten. Ihr zu Folge konstituiert sich Energieverbrauch nicht als explizite Handlung, sondern durch die Nutzung von „Energie-Services“ zur Befriedigung von Bedürfnissen. Mit anderen Worten, wir verbrauchen keine Energie, sondern nehmen Dienste in Anspruch, die Energie verbrauchen. Komfort stellt dabei für Shove ein „Meta-Service“ dar, der in hohem Maße auf der Inanspruchnahme von verschiedenen energieintensiven Diensten, wie Wärme, Unterhaltung und Licht beruht. Das individuelle Verständnis von Komfort, wie auch Bedürfnisse im Allgemeinen, entspringt jedoch nicht der alleinigen Überlegung des Einzelnen, sondern formt sich aus dem komplexen Zusammenspiel sozialer Systeme, in die der Akteur eingebettet ist (Shove et al. 2000).

Damit ist „Komfort“ als sozio-materiell konstruiertes Bedürfnis auch permanentem Wandel ausgesetzt, der seinerseits Auswirkungen auf den Energieverbrauch nach sich zieht. Die Entwicklung des Autos von einem spartanischen zu einem vollcomputerisierten und -klimatisierten Fortbewegungsmittel, zeigt exemplarisch, wie energieintensiv die Befriedigung des Bedürfnisses nach Komfort häufig ist und wie schnell diese Standards als normal anerkannt werden. Eben diese Mechanismen der Modifikation von Bedürfnissen bei Einführung neuer Technologie gilt es nach Shove et al. zu untersuchen, wenn wir Erkenntnisse über Energieverbrauchsveränderungen erhalten wollen. Wie verändern sich Ansichten und Erwartungen daran, was ein ‚normales‘ Level an Komfortbedarf ist? Wodurch werden energieintensive Lebensstile normal, und wie ist der Bedarf nach Energie in der Gesellschaft verankert? Um Mechanismen der (Re-)Konstruktion und Aufrechterhaltung von Bedarfen und deren Befriedigung zu untersuchen, müssen Akteure auf Seiten der Produzenten, Anbieter, Versorger und Politik analysiert werden (Shove et al. 2000). Diesen integrativen Ansatz charakterisieren sie dabei wie folgt: *“Understanding the dynamics of energy demand (or demand for the services energy makes possible) is thus an exercise in understanding socio-technical change and the co-evolution of infrastructures, devices, routines and habits.”* (Shove et al. 2000)

Innerhalb dieser Strömung wird der Verbraucher in Abhängigkeit seiner Einbettung in die ihn umgebenden sozio-technischen Systeme konzipiert. Bedürfnisse entstehen und wandeln sich demzufolge aus einem Wechselspiel von technologischem und sozialem Wandel. Maßnahmen, die das Individuum ins Zentrum der Bemühungen stellen, um

nachhaltiges Verhalten zu fördern, greifen nach diesem Ansatz zwangsläufig zu kurz, weil sie die eigentlichen Ursachen für steigenden privaten Energieverbrauch verfehlen. Eine Intervention muss demnach das individuelle Verständnis wie auch die determinierenden Kontexte von Komfort berücksichtigen, um nachhaltige Lebensstile zu unterstützen. Häufig erforschen soziologische Studien daher Strategien für einen aktiven Umgang *mit* und Steuerungsmöglichkeiten *von* sich wandelnden sozio-technischen Systemen der Energie-produktion, -distribution und des Konsums (u.a. Rohracher 2008).

Praxeologische Ansätze alltäglichen Energieverbrauchs

In den späten 1980er Jahren sah eine wachsende Gruppe von Forschern sowohl der Soziologie als auch der Psychologie bestehende Ansätze zur Konsumforschung zu stark auf das Individuum und seine Entscheidungen und Wünsche fokussiert. In Untersuchungen über die Bedeutung von Rationalität und sozialen Normen im Zusammenhang mit privatem Energieverbrauch fehlte ihnen zufolge die sozio-kulturelle Verwurzelung des Phänomens. Aus diesem neuen kulturwissenschaftlichen Fokus entwickelte sich ein heterogener Körper von Modellen, die unter dem Namen der *Theory of Practice* vereint werden.² Diese Theorien teilen die grundsätzliche Argumentation, dass Konsum (auch von Strom) nicht um seiner selbst willen vollzogen wird, sondern (maskiert) ein immanenter Teil alltäglicher Praktiken ist. Sie bestehen aus einer ungeordneten Menge von Handlungen und Interaktionen mit Subjekten und Objekten. Praktiken entziehen sich zudem diskursiven Überlegungen weitgehend, da sie aufgrund ihrer Anwendung in routinierten und über die Zeit angeeigneten Formen sozio-kulturell verankert sind. Einerseits bewirkt diese gesellschaftliche Einbettung die Reproduktion und Verfestigung bestehender Praktiken. Andererseits bieten Praktiken Erklärungsmöglichkeiten für Wandel, indem ihre Ausübung neben individuellem Können und Wissen zusätzlich abhängig von situativen Faktoren wie Zeit, Raum, sozialem Kontext und institutionellen Arrangements ist. Praktiken müssen und können sich daher an Veränderungen dieser Einflüsse anpassen.

Mit ihren unter anderem durch Bourdieu's Konzept des Habitus und Giddens' Strukturalismus geprägten Ideen, reihen sie sich zwischen individualistische und holistische Ansätze von Konsumforschung ein (Warde 2005). Soziotechnische Strukturierungen von Praktiken werden zwar akzeptiert. Dennoch bleibt das Modell offen für individuelle Handlungen, Wissensinterpretation und -verarbeitung (Gram-Hanssen 2009). Unter oben genannten Aspekten ist Konsum deshalb keine Praktik, sondern ein Moment in heutzutage nahezu jeder Praktik (Warde 2005). Als Konsequenz aus dieser Annahme wandelt sich die Perspektive des Forschers auf das Phänomen Energiekonsum. So wird dieser nicht mehr als Ergebnis der Aneinanderreihung bewusster Entscheidungen konzipiert, sondern als unbewusstes Nebenprodukt von

² Eine ausführlichere Darstellung der theoretischen Grundlagen der Theory of Practice in Kapitel 3.1

Alltagspraktiken (Warde 2005). Diese Perspektive bietet eine solide theoretische Fundierung, die Verkürzungen in der Erklärung empirischer Phänomene vermeidet und ermöglicht zugleich die Anwendung und Überprüfung des Modells auf Mikroebene.

Umsetzungen dieses Forschungsansatzes findet man z.B. bei Gram-Hanssen (Gram-Hanssen 2009), die auf der Praxistheorie von Reckwitz (Reckwitz 2002) aufbaut. Innerhalb dieser Theorie konstituieren sich Praktiken im Wesentlichen durch die vier Kern-Elemente: Routinen und Gewohnheiten, institutionalisiertes Wissen, Einstellung und Leistungsbereitschaft sowie technologisches Umfeld. Dabei bilden sich Routinen und Gewohnheiten aus der wiederholten Interaktion mit Gegenständen und Subjekten aus. Gram-Hanssen nutzt einen praxistheoretischen Ansatz als analytische Linse, um die alltäglichen Praktiken in Bezug auf den Standby-Konsum in 30 Haushalten zu untersuchen und die Rolle von Routinen und technologischer Strukturierung zu bestimmen.

Historisch betrachtet ist der Standby Konsum eine Folge der seit den 1980er Jahren weit verbreiteten Eigenschaft von Haushaltsgeräten, eine „Standby“-Funktion anzubieten, die heutzutage zumeist routiniert genutzt wird. In der Untersuchung werden die bestehenden „Standby“-Konsum-Praktiken aufgebrochen, indem den Teilnehmern zusätzliches Wissen, zum Beispiel in Form von Energieberatern, und neue Möglichkeiten zur Erfahrbarkeit ihres Energieverbrauchs in Form von Feedback bereitgestellt werden. Im Nachgang zu diesen Interventionen in die Praxis werden Ursachen für vollzogene Änderungen, wie auch Hindernisse analysiert.

Eine der zentralen Einsichten von Gram-Hanssen ist, dass eine Kanonisierung von Maßnahmen zur effektiven Umsetzung von Energiesparmaßnahmen nicht möglich ist. Dies liegt begründet in den individuellen, situativen und sozio-technischen Rahmenbedingungen, unter denen Praktiken vollzogen werden. Jedoch zeigen sich in Bezug auf die vier konstitutiven Elemente einige Möglichkeiten und Beschränkungen zur Entwicklung und Neuordnung von Praktiken. Insbesondere wurde in der durchgeführten Untersuchung deutlich, dass routinisierte Praktiken sensibel für unterschiedliche Einflüsse sind. Besonders die Kombination aus Wissensbildung und Motivation des Anwenders, sowie die Ausbringung neuer Technologie in die Praktik, bewirkte Veränderungen. Gerade im Konsum von Energie ist Wissenstransfer wichtig, weil seine Konsequenzen unsichtbar und abstrakt sind (Gram-Hanssen 2004). Das von den Energieberatern bereitgestellte neue Wissen in Kombination mit einer hohen Eigen-Motivation stellt eine wesentliche Grundlage dar, um Gewohnheiten zu beeinflussen und energie-effizientes Knowhow zu entwickeln. Zentrale Bedeutung schreibt Gram-Hanssen (Gram-Hanssen 2004) dabei auch der sozialen Akzeptanz der vermittelnden Instanz, in diesem Fall dem Energieberater, zu. Erst dadurch wird das Wissen angenommen und kann zur Anwendung kommen.

Im Gegensatz zu psychologischen Ansätzen wird die situativ-materielle Konstitution der Praktiken berücksichtigt. So ist Standby-Konsum als Phänomen eine Folge technologischen Designs, wobei die große Anzahl von Geräten und ihre verschiedenen Kombinationen ein hochkomplexes Zusammenspiel bilden. Zusätzlich verstärkt wird dieser Effekt durch die Nutzung von Geräten zu unterschiedlichen Zeiten und durch mehrere Personen. Solche komplexen technologischen Infrastrukturen können die Neuordnung von Praxis beschränken oder fördern. Ein Hindernis Standby-Konsum zu reduzieren, stellen beispielsweise eventuell folgende Einschnitte im Nutzungs-Komfort durch Veränderung des technologischen Settings dar. Als eine Folge wurden im Rahmen der jeweiligen situativen Möglichkeiten oft auch technologische Settings angepasst, um Praktiken neu zu organisieren.

Die Einstellung zu Standby-Konsum spielt ebenfalls eine kritische Rolle bei der Verringerung von Stromverbrauch durch Standby-Funktionen. Die damit verbundene Bereitschaft, Praktiken generell zu ändern, ergibt sich nach Gram-Hanssen vor allem aus kollektiv geteilten Ansichten der sozial wichtigen Kontakte des Akteurs. Häufige Anreize sind auch ökonomische und ökologische Faktoren, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Entscheidungen nicht ausschließlich auf rational-ökonomische Überlegungen zurückzuführen sind. Vielmehr zeigte sich im Interview, dass Standby-Konsum oftmals unabhängig von ökonomischer Erschwinglichkeit als „Verschwendung“ bewertet wird. Diese Wahrnehmung erklärt die Autorin als kulturelles Phänomen der Sozialisierung, beispielhaft zu finden in Bourdieus Konzept des Habitus.

2.3 Energie im Bewusstsein des Menschen

Der durchschnittliche Konsument hat nur selten ein eindeutiges Verständnis von Energie. Die Physik definiert Energie in einführender Literatur häufig als „Fähigkeit eines Stoffes, Körpers oder Systems, Arbeit zu verrichten“ (Duden.de 2011). Dem alltäglichen Gebrauch entspricht diese Definition jedoch kaum. Menschen sprechen davon, Energie zu tanken, sie in Form von Energie-Drinks oder –Riegeln zu sich zu nehmen, schlechte Energie zu spüren oder bezeichnen Mitmenschen als energisch. Gleichzeitig wird im allgemeinen Sprachgebrauch Energie wie ein Produkt produziert, verbraucht und verschwendet. Ob Alltagssprache, Psychologie, Esoterik oder Konsumforschung: Energie ist ein Begriff, der je nach Kontext sehr unterschiedliche, kaum zu konkretisierende, aber dennoch für die Situation jeweils sinnvolle Bedeutung annehmen kann. Stern und Aronson stellen fest: „*there is no single socially shared concept of energy*“ (Stern und Aronson 1984). Im Folgenden soll dargestellt werden, wie vielfältig dem Begriff Bedeutung zugewiesen werden kann und welche besonderen Eigenschaften dazu beitragen, dass Menschen Energie doppeldeutig und gar widersprüchlich konzeptualisieren (Pierce und Paulos 2010). Außerdem wird begründet, warum dies für die Förderung nachhaltigen Verhaltens im Umgang mit Strom ein schwerwiegendes Problem darstellt und exemplarische Lösungsansätze skizziert.

Der moderne Begriff Energie kommt aus dem Altgriechischen: ἐνέργεια heißt so viel wie „Tätigkeit“ oder „Wirksamkeit“. Erst im 19. Jahrhundert wird der Ausdruck von der Physik als Verallgemeinerung für den bis dahin dominierenden Begriff von der „lebendigen Kraft“ adaptiert und findet daraufhin seinen Weg in die Alltagssprache. Energie wird daher heutzutage sowohl als allgemeinsprachlicher Terminus als auch im physikalisch-wissenschaftlichen Zusammenhang verwendet. Obwohl den Menschen die Widersprüchlichkeit der Konzepte durchaus bewusst ist, halten sie dennoch daran fest (Pierce und Paulos 2010): So ist es physikalisch nicht möglich, Energie zu erzeugen oder zu vernichten. Für einen Langschläfer macht es aber durchaus Sinn, dass ein frühes Aufstehen im Vergleich zu einem späteren mehr Energie benötigt und diese im Laufe des Tages „fehlt“.

Stern und Aronson (Stern und Aronson 1984) stellen vier Dimensionen von Bedeutungszuweisung durch den Menschen auf, welche die Vielfältigkeit der Konzeptualisierungen von Energie deutlich machen: Erstens wird Energie als Rohstoff oder als Handels- und Verbrauchsware verstanden. Zweitens stellt Energie auch eine ökologische Ressource dar, im Hinblick auf eine Unterscheidung zwischen regenerativen und nicht-regenerativen, endlichen und nicht endlichen sowie umweltfreundlichen oder –schädlichen Energieressourcen. Energie als soziale Notwendigkeit deutet auf Energie als unerlässliches Element zur Bestreitung des individuellen Alltages und dessen Durchdringung mit energie-verbrauchenden Tätigkeiten hin. Schließlich bezeichnet die vierte Dimension Energie als strategisches Element und spielt dabei auf die Notwendigkeit von Energie für industrielle und militärische Stärke einer Nation an.

Der Flexibilität und Komplexität des Begriffs tragen auch Pierce und Paulos in einer integrativen Definition von Energie Rechnung. Sie heben im Gegensatz zu Stern und Aronson auch die psychologischen Konzepte von Energie hervor:

„Whatever it is, energy is deeply implicated in all material and immaterial aspects of our being, including the quality of our everyday lives and experiences; our bodily and psychological “energy” and well-being; global conflict and war; the exercise of political “power”; and the sustainment of planetary resources and our world. Energy is strange in part because it can be difficult to say what kind of matter it is, or if it can properly be considered matter at all.“

Die Formulierung zeigt, wie schwierig es ist, eine umfassende Beschreibung von Energie zu leisten. Im Folgenden sollen die zentralen Eigenschaften erläutert werden, die dazu beitragen, dass sich Menschen Energie so unterschiedlich vorstellen und nur schlecht konkretisieren können, was Energie für sie ist.

Viele Menschen haben alternierende oder widersprüchliche Vorstellungen von Energie. Einer der zentralen Aspekte für dieses Phänomen ist die „Unsichtbarkeit“ von Energie. Ihre Maskierung, zum Beispiel durch die Ablösung von Öfen durch die Zentralheizung

im letzten Jahrhundert, hat dramatisch zugenommen. Der Mensch muss nicht mehr in den Wald gehen, um Holz für die Erwärmung des Hauses oder die Essenszubereitung zu hacken. Auch die Automatisierung von Tätigkeiten lässt die Menschen das Gefühl für die tatsächlich verrichtete Arbeit und aufgewandte Energie verlieren. Der Strom kommt aus der Steckdose - ist *allgegenwärtig* -, und häufig wird Energie nur noch *sich vergegenwärtigt*, wenn diese eben gerade nicht erreichbar ist (Pierce und Paulos 2010). Aus diesem Grund können viele Menschen den Energiekonsum vieler Geräte nur sehr schlecht einschätzen. Kempton & Montgomery (Kempton und Montgomery 1982) stellen fest, dass Verbrauchsmengen, die dem Konsumenten sichtbar sind, wie der Energieverbrauch von Beleuchtung, überschätzt werden. Oftmals wird auch der Vergleich zum durch den Einsatz des Gerätes gesparten Arbeitsaufwand, oder dessen Laufzeit herangezogen. Kempton und Montgomery argumentieren, dass dies jedoch dazu führe, dass gerade die arbeitsintensiven und langwierigen Tätigkeiten wieder per Hand ausgeführt werden. Diese, durch den hohen Abstraktionslevel verursachte, Unfähigkeit zur Einordnung von Energieaufwand ist problematisch, weil auf Basis der Vorstellungen über Energieverbrauch täglich ökologisch und ökonomisch relevante Entscheidungen gefällt werden.

Neben der Unsichtbarkeit von Energie und den daraus resultierenden Problemen zur Gewichtung ihres Konsums haben Kempton und Montgomery eine weitere Entdeckung gemacht, die Energie von vielen anderen Konsumgütern unterscheidet: Zur Messung und Quantifizierung von Energiekonsum werden von den Verbrauchern eigene Strategien entwickelt, die sich von den physikalischen Einheiten stark unterscheiden. In offen geführten Interviews rund um das Thema Energie zeigte sich, dass keine der befragten Familien die physikalische Einheit Joule und nur sehr wenige die in der Industrie und Wirtschaft verwendeten Watt oder Kilowattstunden benutzten. Stattdessen fanden die Autoren eine Vielfalt von *folk units* („Volks-Einheiten“) vor, mittels derer die Interviewten ihren Stromverbrauch gewichteten. Gallonen, Dollar und Monate waren wiederkehrende Größen dieser Volks-Einheiten. Sie sind einfach zu interpretieren, können flexibel zu anderen Berechnungen und Aktivitäten ins Verhältnis gesetzt werden und sind angemessen skaliert (Kempton und Montgomery 1982). Vor allem Geld als Möglichkeit, Energiekonsum zu messen, bringt weitere Vorteile mit sich und wurde daher häufig genannt. So sahen sich die Haushalte nur durch Dollars als Referenzgröße befähigt, verschiedene Energieerzeugungsmittel wie Elektrizität, Benzin und Öl zu vergleichen. Außerdem kann mittels der Geldeinheit direkt der Einfluss auf das Budget überwacht werden.

Diese „Volks-Einheiten“ weisen aber auch entscheidende Nachteile auf, wenn sie für die Evaluation von Energiesparmaßnahmen herangezogen werden. Wenn Menschen in Haushalten beispielsweise versuchen, Energie zu sparen, wird meistens innerhalb eines Abrechnungszeitraums eine Verhaltensart geändert oder ein Gerät nicht mehr benutzt,

um die Auswirkungen auf der Rechnung sehen zu können. Die tatsächlichen Effekte werden aber durch zu viele unkontrollierte Faktoren beeinflusst, so dass ein Periodenvergleich keine verlässlichen Daten liefern kann. Ähnlich gehemmt werden die Bemühungen durch langfristige Effekte der Größe Geld: Inflation oder steigende Preise für Strom können trotz der Anstrengungen den Eindruck eines steigenden Verbrauchs vermitteln. Als Folge stellen Kempton und Montgomery fest, dass diese Vorhaben weitestgehend abgebrochen und als wirkungslos bewertet wurden. Nicht zu unterschätzen ist laut den Autoren auch der Einfluss der Kommunikation solcher negativer Erfahrungen im Bekanntenkreis, wodurch fehlschlagende Sparmaßnahmen entsprechende Auswirkungen auf eine weitaus größere Anzahl von Haushalten haben können. Dies zeigt, dass Unternehmungen, um Energie zu sparen, durch den Einsatz von Volks-Einheiten behindert werden.

Sowohl Unsichtbarkeit, als auch Abstraktion von Konsum durch Technologie und die Etablierung irreführender Volks-Einheiten werfen für die Nachhaltigkeitsforschung ein gemeinsames Problem auf: Energie für den Menschen besser verständlich zu machen, um Einsparpotentiale zu heben. Eine periodische, meist jährliche Abrechnung ist das standardmäßig vorhandene und einzige Instrument, um über den eigenen Energieverbrauch mehr erfahren zu können. Wie Kempton und Montgomery zeigen, bildet diese keine ausreichende Basis für die Bildung von fundiertem und differenziertem Wissen über Energieverbrauch oder gar Strategien zur Verringerung des Konsums. Von diesem Ausgangspunkt wurden viele unterschiedliche Wege beschritten, um dem Menschen zu helfen, mit Energie bewusster umzugehen. Pierce und Paulos (Pierce und Paulos 2010) testen zum Beispiel, wie eine emotionale Wertschätzung für und Verbindung zu Energie erzeugt werden kann. Die Wahrnehmung von Energie als die „eigene“ zum Beispiel in Haushalten mit dezentraler Energieerzeugung sehen die Autoren als vielversprechenden Ansatz. Eine große Forschungsströmung befasst sich damit, wie dem Menschen Feedback über seinen Energieverbrauch zugespielt werden kann, damit sich praktische Auswirkungen auf den Konsum zeigen (u.a. Seligman et al. 1981, Darby 2006). Im folgenden Kapitel werden daher wichtige Erkenntnisse sowie Leitlinien dieses Bereichs dargelegt und wichtige Unterscheidungsmerkmale zum Design von Energiefeedback vorgestellt.

2.4 Feedbackforschung

Um Verhalten zu beeinflussen, existieren nach Geller (Geller 1990, Geller und Lehman 2004) zwei grundsätzliche Herangehensweisen: Einerseits kann versucht werden, die Handlung *vor* ihrer Ausübung zu steuern. Diese Methode setzt beispielsweise auf Aufklärungskampagnen, Selbstverpflichtung oder Zielsetzungen im Hinblick auf Verhaltensänderungen. Feedback ist einer der wesentlichen Mechanismen, um Verhalten *nach* der Ausübung der entsprechenden Handlung zielgerichtet zu beeinflussen (Abrahamse et al. 2005). Auch Ellis und Gaskell (Ellis und Gaskell 1978)

sehen in der Bereitstellung von angemessenem Feedback einen Schlüsselfaktor für die Gewährleistung eines erfolgreichen Lernprozesses. Die Energie-Konsumforschung widmet sich der Auslotung von Einsparpotentialen seit der Ölkrise in den 1970er Jahren. Die Schwerpunkte der Forschung liegen dabei auf Design-Fallstudien, Katalogisierung des Gestaltungsraumes und qualitativer oder quantitativer Forschung zu Verhalten und Einstellungen im Umgang mit Energie. Mittlerweile gilt es als unbestritten, dass Feedback ein zentraler Mechanismus für die Hebung von Einsparungspotentialen ist (u.a. McCalley 2002, Darby 2006). Insbesondere für den Konsum von elektrischem Strom bildet Feedback eine *notwendige* (Darby 2006) Stütze für Einsparungsbemühungen. Dies liegt begründet in den besonderen Eigenschaften von Energie (Kapitel 2.3) und im weitgehend intransparenten Distributions- und Abrechnungssystem. Kempton und Montgomery (Kempton und Montgomery 1982) haben einen treffenden Vergleich formuliert, um die fehlende Unterstützungsleistung des Systems der Energiebereitstellung zur Rückverfolgung der Kostenverursachung zu charakterisieren:

„ [It is like a] store without prices on individual items, which presented only one total bill at the cash register. In such a store, the shopper would have to estimate item price by weight or packaging, by experimenting with different purchasing patterns, or by using consumer bulletins based on average purchases.“

Auch praxistheoretische Ansätze stimmen der Bedeutung von Feedback für die Unterstützung von Einsparungsbemühungen zu. Sie widersprechen jedoch Kempton und Montgomery dahingehend, dass der Konsum selbst keine gezielte Entscheidung, wie die Entscheidung für ein Produkt beim Einkaufen ist. Vielmehr ist dem Konsumenten nicht nur der Preis einzelner Produkte unklar, sondern der ganze erstandene Warenkorb, für den am Ende bezahlt werden muss, kann nicht aufgeschlüsselt werden. Rationalistische Ansätze gehen grundsätzlich davon aus, dass die Informationen über die in Anspruch genommenen energierelevanten Dienste grundsätzlich bekannt sind, und lediglich im Hinblick auf Kosten quantifiziert werden müssen. Aus einer praxistheoretischen Perspektive ist nicht gesichert, dass der Konsument seinen Warenkorb kennt. Weiterhin nehmen diese Ansätze nicht an, dass der Preis für einen Energie-Dienst ein ausreichendes Merkmal darstellt, um den Anwender in die Lage zu versetzen, zu entscheiden, ob der Energie-Dienst auch zukünftig beansprucht werden soll. Vielmehr wird vermutet, dass Erklärungsversuche für Energieverbrauch sehr individuell geprägt sind und dass es das Ziel von Feedback sein sollte, an diese Versuche anzuknüpfen.

Seit dem Ende der 1990er Jahre und der Einsicht, dass der Mensch Verursacher des Treibhauseffektes ist, forciert eine ökologische Dimension des Energiesparens erneut die Bemühungen der Feedback-Forschung. Die Bedeutung ökologischer Motive zum Energiesparen, und auch im Hinblick auf die Ausbildung nachhaltiger Lebensstile, wird von Studien unterstrichen. Sie weisen darauf hin, dass technologische Optimierungen

zur Eindämmung des Treibhauseffektes nicht ausreichen werden (u.a. Fawcett 2000). Die aufkommende Durchsetzung des Alltags mit Informationstechnologie und die erleichterte Erfassung und Aufbereitung digitalisierter Verbrauchsdate, haben zusätzlich dazu beigetragen, dass bis heute eine große Anzahl unterschiedlicher Forschungsprojekte zu Energie-Feedback entstanden ist.

Um einen Überblick über bestehende Feedback-Technologien zu geben, teilt Darby (Darby 2006) das Feld grundsätzlich in fünf Kategorien ein:

- *Direktes Feedback* ist nach Belieben verfügbar und für den Anwender aufbereitet. Es stimuliert Lerneffekte direkt durch Anschauen oder Zahlungsmodelle. Beispielhafte Technologien sind Smart Meter, interaktives Feedback über IuK-Technologien und Pre-Paid- oder Pay-by-use-Zahlungsmodelle.
- *Indirektes Feedback* stellt detaillierte Rohdaten des Versorgers für den Anwender bereit. Unter anderem wird dies durch häufigere oder nach Geräten disaggregierte Rechnungen erreicht.
- *Nebenläufiges Feedback* wird dem Verbraucher unbewusst durch Assoziationsbildung zuteil. So weisen Haushalte, die selbst Strom produzieren häufig eine höhere Sensibilität für ihren Energiekonsum auf. Auch die Anschaffung neuer Geräte oder die Veränderung räumlicher Eigenschaften, die den Energieverbrauch beeinflussen, kann das Bewusstsein für den Konsum schärfen.
- *Anbieter-kontrolliertes Feedback* beschreibt den Versuch des Versorgers, über die Verhaltensweisen des Konsumenten zu lernen, mit dem Ziel ein besseres Netzlast-Management zu ermöglichen
- *Energieberater-Feedback*. Dieses Feedback wird dem Verbraucher durch eine spezielle Beratung vermittelt, um den Energieverbrauch zu senken. Dies kann persönlich oder über eine Software geschehen.

Die Vorteile von Feedback sind vielfältig: Zum einen kann durch seine Effektivität bei Verhaltensänderungen auf Vorschriften oder Regulierungen weitgehend verzichtet werden. Stattdessen bildet es die Rezipienten, sensibilisiert sie für ihre Verhaltensweisen und kann Reflexionsprozesse anstoßen oder Verbesserungsvorschläge anbringen. Mit einem solchen Lernprozess werden dem Anwender selbst die notwendigen Werkzeuge und das Knowhow an die Hand gegeben. Dadurch wird er ermutigt, aktiv gestaltender Teil in der Entwicklung einer nachhaltigen Gesellschaft zu werden.

Aus einem rationalistischen Handlungsverständnis heraus, identifiziert Darby (Darby 2006) außerdem vier Faktoren, die für die Wirkung von Feedback kritisch sind. Erstens der *generelle Kontext*, der die umgebende Infrastruktur sowie soziale, historische und bildungsabhängige Faktoren einbezieht. Zweitens ist der *Zweck des Feedbacks für den Verbraucher* relevant, d.h. worüber ein Verbraucher Informationen erlangen möchte. Bei

Feedback zu aggregiertem Verbrauch, zum Beispiel eines ganzen Haushaltes, eignet sich laut Darby indirektes Feedback für einen Überblick. Bei einzelnen Geräten oder anderen kleinen Gruppen wirkt direktes und sofortiges Feedback besser. Drittens fallen bei der Erforschung von Einspareffekten häufig *komplexe Synergien* verschiedener Feedback-Mechanismen an, die nicht vollständig überblickt, geschweige denn gegeneinander aufgerechnet werden können. Viertens schließlich hat die *zeitliche Platzierung* einen wichtigen Einfluss. So eignet sich eine langfristige Darstellung von periodischem Feedback, wie beispielsweise durch Rechnungen, für die Beobachtung von Investitionseffekten. Kleine Verhaltensänderungen können hingegen schnell und direkt über IuK-Technologien oder ambiente Technologie an den Menschen zurückgeführt werden.

Da sich Faktoren wie Kontext und Synergieeffekte zur Designzeit nicht vollständig für den Anwender antizipieren lassen, ist es lediglich möglich, experimentelle Prototypen zu erstellen und zu evaluieren, um Hinweise auf Determinanten effektiver Feedback-Mechanismen zu erlangen. Dazu zählen unter anderem eine hohe Datentransparenz, ein hoher Individualisierungsgrad des Feedback, direkte Zugänglichkeit, Angebot und Verknüpfung verschiedener Feedback-Varianten, sowie zeitlich nahe Kopplung der Rückmeldung an die Verursachung des Stroms (Darby 2006). Diese Erkenntnisse und Modelle werden zum Teil aufgegriffen, um Anforderungen und Konzepte an die Gestaltung von Eco-Feedback abzuleiten. Häufiger werden sie dazu benutzt, Wirkungsstudien anzuleiten und beobachtete Effekte zu erklären. Im anschließenden Kapitel wird beispielhaft prototypische Technologie vorgestellt, mittels derer die Anforderungen an Energie-Feedback in Privathaushalten exploriert werden.

2.5 Gestaltung von Energie-Feedback-Systemen

Die SID-Gemeinde beschäftigt sich intensiv mit der Erforschung effektiver Energie-Feedback-Technologien. Ein Teil der Forschungsbemühungen stellen Design-Fall- und Wirkungsstudien dar, die meist prototypischen Charakter haben. Sie dienen dazu, das Potential neuer IuK-Technologien auszuloten und deren Bedeutung aus Nutzersicht zu bestimmen. Eine sinnvolle Kategorisierung nehmen Pierce et al. (Pierce et al. 2008) vor, indem sie „eco-Visualizations“ entlang der Dimensionen Datensammlung, Visualisierung, Nutzungs-Kontext und Strategie einteilen.

- Die Art der *Datensammlung* hängt eng mit der Skalierung der zu visualisierenden Daten zusammen. Sie unterscheidet zum Beispiel, ob die Verbrauchsdaten einzelner Geräte, Haushalte oder ganzer Städte gemessen werden.
- Die *Visualisierung* teilen Pierce et al in zwei Grundansätze ein: Einerseits kann versucht werden mit einer pragmatischen, exakten und direkten Datenwiedergabe zu arbeiten, um einfaches Verständnis zu ermöglichen. Zum anderen kann aber auch eine künstlerische Visualisierung bevorzugt werden, die intensivere

Interpretationsleistungen erfordert, dafür jedoch höheren Ansprüchen an Ästhetik gerecht werden kann.

- Der *Nutzungs-Kontext* ist zu verstehen als „*environmental and cultural conditions of the intended space in which the visualization is to be implemented.*“ (Pierce et al. 2008) Die Autoren unterscheiden hier im Wesentlichen, inwiefern der Rezipient des Feedbacks den angezeigten Stromverbrauch kontrolliert (z.B. Privatwohnungen), oder Dritte diesen beeinflussen können (z.B. Bürogebäude).
- Die *Strategie* beschreibt die Mittel, mit denen die Technologie den Anwender dazu bringen soll, das Feedback aufzunehmen und in sein zukünftiges Handeln als Entscheidungskriterium einzubeziehen. Dazu zählen die Unterstützung bei der Erreichung von Einsparungszielen, die Schaffung von Anreizsystemen und experimentelle Ansätze, um Energiekonsum in das Bewusstsein zu heben und „sichtbar“ zu machen.

Bei der Konzeption von Wirkungsstudien wird zumeist auf kognitive bzw. psychologische Modelle des rationalen Verhaltens zurückgegriffen (Kapitel 2.2). An diese Modelle knüpft die SID-Forschung häufig unter der Perspektive an, die kognitive Kopplung zwischen Mensch und Technologie (Harrison et al. 2007) zu verbessern. Mittels der Nutzung von Eco-Feedback Technologien sollen auf diese Weise Energieeinsparungspotentiale freisetzen zu können. Handlungstheoretische Ansätze bleiben hingegen die Ausnahme. Neben der vorgestellten Studie Gram-Hanssens (Gram-Hanssen 2009), existiert jedoch auch ein wachsender Korpus von Studien, die Energie-Praktiken thematisieren (Pierce et al. 2010). Im Folgenden werden drei Fallstudien exemplarisch vorgestellt, um den Stand der Forschung zu beleuchten.

Ein Überblick über die Umweltpsychologie und Vertreter rationalistischer Verhaltenstheorien, sowie ihre Anforderungen für die Gestaltung von Energie-Feedback-Technologie, stammt von Froehlich (Froehlich et al. 2010). Mit ihrer Aufarbeitung der Literatur von HCI und Umweltpsychologie zielt sie darauf ab, Lücken in der Forschung nach effektiver Eco-Feedback-Technologie aufzudecken. Froehlich stellt fest, dass obwohl beide Disziplinen in den selben Anwendungsfeldern forschen, bis dato häufig unterschiedliche Methoden und Ziele angewandt und verfolgt werden, statt von den jeweiligen spezifischen Vorteilen zu profitieren. So könne die HCI von den Langzeitstudien und langjähriger Erfahrung der Umweltpsychologie lernen. Umgekehrt profitiere diese wiederum von den Methoden zur partizipativen Entwicklung und Untersuchungen zur Verständlichkeit, Usability und Ästhetik. Sie fordert daher eine Integration der Methoden der Umweltpsychologie und der HCI-Forschung und damit eine umweltpsychologische Linse für die Gestaltung von Energie-Feedback-Technologie.

Die Effektivität von Feedback ist jedoch nicht nur an der Präsentation, Verständlichkeit oder Aufnahmefähigkeit der Daten zu messen. Um wirkungsvoll eingesetzt werden zu können, müssen Technologien zur Rückführung von Energieverbrauchsdaten auch sozial akzeptiert und in den Alltag integriert werden. Diesen Anforderungen versucht Fitzpatrick (Fitzpatrick und Smith 2009) mit einem user centered design-Ansatz gerecht zu werden. Ihr Ansatz ist darin motiviert, dass bestehende, standardisierte Markt-Lösungen lediglich eine ohnehin sensible und aufmerksame Minderheit der Stromsparer adressieren. Mittels einer Methodologie, welche die Ansprüche der vielen, gering interessierten Konsumenten in den Mittelpunkt stellt, zielt Fitzpatrick darauf ab, die Akzeptanz von Energie-Feedback-Technologie in der gesellschaftlichen Mitte zu erhöhen.

Aus einer phänomenologischen Sicht muss die Gestaltung intelligenter Feedback-Systeme für Privathaushalte darüber hinaus den hochsituativen Charakter von Energieverbrauch und seine Verortung in einer individuellen Lebenswelt berücksichtigen. Die Zielsetzung des Designs von Feedback-Technologie ändert sich demnach: Im Fokus steht nicht mehr die Bereitstellung nutzbaren Feedbacks, sondern die Unterstützung des Anwenders in seinen alltäglichen Bemühungen, seinem Energieverbrauch Sinn zuzuschreiben und effizientere Praktiken zu entwickeln. Insofern stellen Feedback-Artefakte nicht das Ziel, sondern Teil des Weges dorthin dar (Stevens und Schwartz 2011). Pierce et al. (Pierce et al. 2010) setzen deshalb nicht an den mentalen Modellen, sondern an den alltäglichen Praktiken an, um Richtlinien für Interface- und Interaktions-Gestaltung abzuleiten und dadurch eine Reduktion von Energieverbrauch zu fördern. Beispielsweise sollten etablierte Handlungsgewohnheiten, wie die Verwendung der als „Normal“ gekennzeichneten Waschprogramme, ausgenutzt werden, um energiesparendes Verhalten zu etablieren.

2.6 Vorstudie zu Energie-Praktiken

Für die Entwicklung eines Verständnisses des Gestaltungsraumes seitens der Entwickler ist es notwendig zu verstehen, was das Phänomen privaten Energieverbrauchs für den Anwender ist. Dieser Abschnitt widmet sich deshalb den abstrakten Kategorien, in welche die Anwender ihren Energieverbrauch einordnen, um ihn für sich begreifbar zu machen. Die Studie des Fraunhofer Instituts (Stevens & Schwartz 2011) stellt in der Praxis gefundene Leitlinien zur Kategorisierung von Energieverbrauch vor. In den von Stevens und Schwartz untersuchten Haushalten haben sich mehrfach Phänomene gezeigt, die gewisse Ähnlichkeiten aufweisen und deshalb kategorisiert werden konnten. Die hier vorliegende Arbeit schließt an diese Studie unter der Zielsetzung an, einen Prototypen zu entwickeln, der die erkannten Phänomene der Praxis im Umgang mit der Erklärung von Energiekonsum berücksichtigt und unterstützen soll. Dazu sollen hier die Eindrücke der Forschung von Stevens und Schwartz geschildert werden.

Die Vorstudie wurde im Zeitraum von Juni bis Oktober 2009 durchgeführt und umfasste 16 Haushalte mit insgesamt 33 Personen. Die Teilnahme war freiwillig und wurde nicht entlohnt. Die Zusammenstellung der Haushalte deckte unterschiedliche Wohnsituationen sowie soziale und demographische und Gesichtspunkte ab. Das Alter der Personen variierte zwischen 23 und 56 Jahren.

Um Energieverbrauch und seine Verankerung in Praktiken von Privathaushalten von einem phänomenologischen Standpunkt aus sichtbar zu machen, wurde das Vorgehen in drei Abschnitte unterteilt: (1) Zunächst wurden semistrukturierte Interviews mit den Teilnehmern geführt, um Vorprägungen, -wissen und Einstellungen zu Energieverbrauch in Erfahrung zu bringen. (2) In einem zweiten Schritt wurde bis zu zehn Tage lang der Energieverbrauch des Haushaltes sowie ausgewählter Geräte gemessen. (3) Abschließend wurden den Haushalten in einem weiteren Interview graphisch aufbereitete Feedback-Daten gegeben und eine Diskussion über diese angestoßen. Ziel dieser Unternehmung war es, mittels der neuen Informationen, die das Feedback bereitstellte, bestehende Praxis aufzubrechen und Strategien der Teilnehmer zu Tage treten zu lassen, mittels derer sie ihren eigenen Energieverbrauch erklärten. Es zeigte sich, dass die Praktiken, mittels derer Konsumenten sich ihren Energieverbrauch erklären, ein sehr vielschichtiges Feld darstellen.

Abstrakte Leitlinien zur Kategorisierung von Energieverbrauch

So beobachteten die Autoren, dass die Interviewpartner versuchten, ihrem privaten Energiekonsum Sinn zu verleihen, indem eine subjektive Differenzierung zwischen nützlichem Verbrauch und Verschwendung auf mehreren Ebenen vollzogen wurde. Aus diesem Grund widmete sich die Vorstudie intensiver den Ausprägungen und Regeln, mittels derer die Haushalte diese Sinnzuschreibung vollzogen. Dabei fanden sie zwei wesentliche Unterscheidungsdimensionen: (1) Konsum versus Verschwendung und (2) die Existenz einer Grundlast zur Aufrechterhaltung der haushaltlichen Lebenswelt gegenüber aktiv hervorgerufenem Energieverbrauch durch das Verhalten in dieser Welt. Diese beiden zentralen Dimensionen werden im Folgenden anhand der Interviewsequenzen der Vorstudie erläutert.

Sinnvoller Konsum versus Verschwendung: Zum einen wurde eine Unterscheidung zwischen sinnvollem Konsum und Verschwendung beobachtet. Diese grundsätzliche Kategorisierung ist nach Stevens und Schwartz auf verschiedenartige Überlegungen der Haushalte zurückzuführen und aufgrund der Individualität der ökologischen Wertvorstellungen stark subjektiv geprägt.

Als eine Variable entlang derer differenziert wird, dient die Anerkennung des Nutzens einer energiekonsumierenden Handlung als ausreichende Rechtfertigung, um den Verbrauch als sinnvoll zu klassifizieren. Lars (43, Industriemechaniker, Vater von zwei Söhnen) äußerte sich dazu in der Studie von Stevens und Schwartz wie folgt:

Lars: „...und solche Sachen, wie den Computer drei Tage laufen lassen weil man sich irgendwo riesige Dateien runterlädt im Internet. Dann benutzt du das Ding ja, und wenn du das benutzt, dann musst du ja auch den Strom bezahlen. In dem Augenblick wo du große Dateien runter lädst, nutzt du den PC. Das ist Deine Nutzungszeit.“

Interviewer: „Ja, aber das ist ja nicht unbedingt sinnvoll. Wenn du deine Hausaufgaben auf dem PC machst ist das ja sinnvoller, als wenn man sich irgendwelche Filme aus dem Internet runterlädt.“

Lars: „Ja, aber dann müsste Dein [Energiemonitor] ja zwischen sinnvollem PC-Gebrauch und unsinnigem unterscheiden können. [...] Wenn ich ein Filmfan wäre und ich möchte auch die Filme sehen, was dann? Also in dem Augenblick, wo die Dinge gebraucht werden, egal wofür, werden sie genutzt und dann musst du auch Strom bezahlen. Das entscheidende ist, wie geht man mit den Teilen um, wenn sie nicht gebraucht werden“

In diesem Auszug rechtfertigt Lars den Energiekonsum über den Zweck, den der energiekonsumierende Dienst für ihn bereitstellt. Man mag urteilen, dass diese Ansicht, die nicht die Frage nach Effizienz oder Alternativen stellt, eine unökologische Einstellung ist. Darüber soll an dieser Stelle jedoch nicht diskutiert werden. Subjektiv stellt die Nutzung des Computers zum Herunterladen von Filmen einen Nutzen dar, der den Aufwand von Energie rechtfertigt. Eine Möglichkeit, Konsum von Verschwendung zu trennen, die Stevens und Schwartz mit Ausdruck eines unbekümmerten Lebensstils („*expression of careless lifestyle*“) betiteln, ist die Unterscheidung, ob der Verbrauch subjektiv einen Nutzen bringt– unabhängig von Fragen nach Effizienz oder energiesparender Alternativen. Einen Pick-up zu fahren ist dieser Ansicht zufolge genauso legitim, wie ein Drei-Liter-Auto, denn beide erfüllen den Zweck der motorisierten Fortbewegung.

Eine andere Methode, zwischen Verschwendung und Konsum zu unterscheiden, fokussiert die Effizienz eines Dienstes oder Gerätes, die Energie verbrauchen gegenüber möglichen Alternativen. Als die Forscher mit Martha (31, Angestellte und Alleinstehend) über Charts ihres Energieverbrauchs reden, ergibt sich dieses Gespräch:

Interviewer: „Also, wenn du hier Informationen auf diese Weise dargestellt bekommst, ist das für dich interessant?“

Martha: „Ja, ich finde das nur insofern interessant, wenn ich jetzt einen Vergleich habe. Wenn ich jetzt wüsste, meine Waschmaschine verbraucht so viel und im Normalfall verbraucht eine Waschmaschine so viel. Aber ich kann jetzt damit schlecht was anfangen. Mir ist auch klar, dass eine Waschmaschine mehr verbraucht als ein Kühlschrank. Nur ich dachte dass man [mit dem System] sehen kann, ob man irgendwie Strom sparen kann oder ob man erkennen kann ob man jetzt ein schwarzes Schaf in der Wohnung hat oder nicht.“

Interviewer: „Also, wenn du hier eine Anzeige hast, wären Informationen die dir fehlen sind Vergleichswerte. Gibt es noch etwas andere?“

Martha: „Also zum Beispiel beim Kühlschrank fände ich das jetzt auch interessant. Der ist ja konstant, wie da so ein Vergleichswert ist eines Standard-Kühlschranks der jetzt ein neueres Modell ist, dass wäre vielleicht interessant. Und jetzt eine ganz aktuelle Waschmaschine, die auf 40 Grad ein Programm laufen lässt, wie viel die verbraucht.“

Martha möchte erfahren, ob sie mit ihren aktuellen Geräten, hier speziell mit dem Kühlschrank, Energie verschwendet. Das heißt nicht, dass sie an der Nutzung des Kühlschranks etwas ändern möchte. Für sie wäre es Verschwendung, wenn dieser ineffizient arbeitet und neuere Geräte-Generationen weniger Energie verbrauchen würden. Das zentrale Element ist an dieser Stelle nicht der Zweck, der schließlich bei altem und neuem Kühlschrank gleich ist. Stattdessen steht die effiziente Nutzung von Ressourcen im Vordergrund, für die Bereitstellung von Kühlleistung, die als notwendig erachtet wird.

Die beiden vorgezeigten Fälle der Betrachtung nach Zweckerfüllung und Effizienz in der Nutzung sind idealtypische Überlegungen. In der sozialen Realität sind Häufig Mischtypen dieser Ausprägungen vorzufinden. Die Abwägung aus den beiden vorangegangenen Kategorien konstituiert deshalb eine dritte Variante, mit der Energiekonsum in Verbrauch und Verschwendung eingeteilt wird. Simone (27, Studentin, Appartement-Mieterin) zeigt in der Unterhaltung einen solchen Gedankengang auf:

Interviewer: „Glaubst du denn das du, wenn du mit solchen Visualisierungen die Möglichkeit hättest, deinen Stromkonsum immer zu verfolgen und zu überprüfen, glaubst du dass du ihn besser kontrollieren könntest dadurch?“

Simone: „Ja ich glaube schon, wenn ich solchen Wert vor mir hätte, dass ich auch mehr darauf achten würde, jetzt, was ich anschalte, also wie lange [sie angeschaltet sind] jetzt natürlich nicht. Ich würde zum Beispiel ab und zu mal versuchen, nicht alle Geräte gleichzeitig laufen zu lassen. Wenn ich wüsste, [...] ich verbrauche jetzt so viel Kilowatt, dann würde ich den Fernseher ausschalten und dann ins Internet gehen oder meinetwegen nicht Musik an der Anlage anschalten und nebenbei im Internetsurfen um etwas Strom zu sparen. Aber das wäre spannend, noch spannender für mich, oder eher: das würde mich noch mehr bremsen, wenn ich wüsste, wie teuer das ist.“

Ihr Urteil, ob die Energie Verschwendung oder sinnvoller Konsum ist, hängt von beiden Variablen ab: Sowohl vom Nutzen als auch von der Effizienz. Dabei ist mit einer Effizienzsteigerung an dieser Stelle nicht die Anschaffung eines neuen TV-Gerätes gemeint, sondern die Nutzung anderer Beschäftigungsmöglichkeiten, die weniger Energieverbrauch aufweisen, jedoch denselben Zweck der Beschäftigung erfüllen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Teilnehmer drei Fragen stellen, um ihren Verbrauch in sinnvollen Konsum von Energie und Verschwendung einzuordnen: (1) Die Verbindung eines Nutzens mit dem Verbrauch, (2) die Energieeffizienz des genutzten Gerätes oder Dienstes und (3) die Abwägung aus Nutzen und Effizienz.

Neben der Unterscheidung zwischen sinnvollem Konsum und Verschwendung verläuft nach Stevens und Schwartz eine weitere abstrakte Leitlinie zur Kategorisierung von Energiekonsum entlang einer Differenzierung zwischen einer Grundlast (Schwartz und Stevens 2011), die als Konsum zur Aufrechterhaltung des Lebensstils notwendig wahrgenommen wird („*background services*“), und einem Verbrauch energierelevanter Aktivitäten („*embodied services*“). Beispielsweise ist Bob bewusst, dass eine gewisse Grundlast stetig vorhanden ist, der unabhängig von den Handlungen ist:

Bob: „Also ich fände es gut, wenn eine gewisse Grundlast die im Haushalt erforderlich ist. Das sind also alle Geräte, die man nicht ausschalten darf: wie zum Beispiel den Router, Kühlschrank, Kühltruhe und so weiter...“

Interviewer: „Telefon und so weiter...“

Bob: „Wenn man diese Grundlast erfassen würde und dann im Vergleich zu dem was man ausschalten kann aber nicht muss, also Standby-Geräte

Interviewer: „Ja...“

Bob: „Und dann natürlich noch Geräte die bei Bedarf immer eingeschaltet werden. Wenn man diese Trennung hätte, dann könnte man wahrscheinlich auch besser steuern. Heizung, Kühlschrank und Kühltruhe da kann man nichts dran ändern. Die kann man höchstens austauschen. Dann weiß man: eine gewisse Grundlast ist in einem Haushalt einfach da.“

Bob beschreibt, dass viele Geräte seines Haushaltes mittlerweile nicht mehr ausgeschaltet werden können, da sie zu der Aufrechterhaltung seiner Lebenswelt gehören. Sei es der Kühlschrank um Nahrungsmittel aufzubewahren, oder der Router, um seine Kommunikationsmöglichkeiten aufrecht zu erhalten. Für ihn macht es einen Unterschied, ob Verbräuche per se und stetig anliegen, oder sie durch eine aktive Handlung ausgelöst werden. Die Grundlast kann, aufgrund ihrer Notwendigkeit, nicht reduziert werden. Verschwendung von Energie geschieht stattdessen bei den aktiv durchgeführten, energierelevanten Handlungen.

Energiekonsum geschieht nach Auffassung der Haushalte demnach in den Dimensionen von Verbrauch oder Verschwendung, und entlang der Unterscheidung von Konsum durch das aktive Wirken in der Welt („*embodied services*“) und dem Verbrauch zur Aufrechterhaltung des Lebensstils („*background services*“). Darüber hinaus gibt es verhandelbaren und nicht verhandelbaren Konsum. Sämtliche dieser Bedeutungszuweisungen sind qua natura stark von subjektiven Wertesystemen abhängig. Sie stellen die abstrakten Leitlinien dar, mittels derer die Teilnehmer das

Phänomen Energiekonsum konstituiert und differenziert haben. Für die Einordnung in diese Kategorien bedienen sich Anwender einer Reihe von Werkzeugen und Methoden, anhand derer sie ihren Konsum in diese Ordnungen einstufen und abwägen, das heißt für sie greifbar, erfahrbar und vergleichbar machen. Da ich in den Erklärungspraktiken von privatem Energiekonsum einen abstrakten und weitgehend unbekanntem Gestaltungsraum adressieren möchte, gilt es daher, diese Werkzeuge und Methoden zu explorieren. Sie müssen erkannt und auf die Möglichkeit einer Überführung in die vorgesehene IKT überprüft werden, um eine Unterstützung in den Praktiken zur Einordnung von Energiekonsum leisten zu können. Diesen Aufgaben widmen sich die beiden anschließenden Abschnitte.

Ethnomethoden zur Ausübung von Energiepraktiken

Während die zentrale Frage des vorangegangenen Abschnittes lautete ‚*Was ist das Phänomen Energiekonsum?*‘, könnte dieser Teil unter der Frage ‚*Wie ist das Phänomen beobachtbar?*‘ geführt werden. Da die abstrakten Leitlinien aus den situativen und individuellen Wertesystemen, Wissensständen und Wahrnehmungen der Teilnehmer hervorgehen, können diese nicht direkt in einer IKT-Infrastruktur, die auf regelhaften Merkmalen und Algorithmen beruht, adressiert werden. Ein IT-Artefakt kann beispielsweise nicht feststellen, ob der gerade laufende Fernseher für den Nutzer Verschwendung oder unentbehrlich ist. Diese Bedeutungszuweisung muss stets durch den Anwender vollzogen werden. Jedoch kann er bei diesem Vorgang indirekt unterstützt werden. Dafür bieten die von Stevens und Schwartz erkannten Methoden und Werkzeuge zur Einordnung des privaten Verbrauchs wichtige Möglichkeiten für die Gestaltung von Energiefeedback-Technologie. Diese Hilfsmittel zur Erfassung, Ermöglichung einer Handhabe und Einordnung nennt Garfinkel (Garfinkel 1984, c1967) Ethnomethoden. Sie werden vom Anwender herangezogen und helfen diesem bei der Verringerung der Abstraktion des häuslichen Energiekonsums. Über die individuellen Ethnomethoden der Anwender wird daher eine gestalterische Adressierung der Energie-Praktiken ermöglicht.

Im Gespräch mit den Teilnehmern haben Stevens und Schwartz versucht, die vorhandenen Ethnomethoden zur Sinnzuschreibung zu Energiekonsum aufzudecken. Wie auch Kempton und Montgomery (Kempton und Montgomery 1982) festgestellt haben, hat dabei die **Referenzgröße Geld** zur Greifbarmachung des Verbrauches einen hohen Stellenwert. Dies rührt vor allem aus seiner universalen Übertragbarkeit und Bedeutung für den Alltag. Mit Euro und Cents können verständliche Relationen zu alltagsverständlichen Größen hergestellt werden, während dies mit physikalischen Messgrößen wie Watt und Kilowattstunden oft nicht gelingt.

Vater: „*Du weißt dass du die nächste Zeit kein Taschengeld mehr kriegst. Weißt du was dein PC frisst an Strom?*“

Sohn: „*Nö!*“

Vater: „Das ist ja der absolute Hammer hier!“

Sohn: „Was denn?“

Vater: „Siebenundsiebzig Kilowatt hat der gefressen die Woche.“

Interviewer: „Seit letzten Samstag.“

Vater: „Die Spülmaschine hat acht Kilowatt und die läuft jeden Tag zwei Mal mindestens ein, zwei Mal.“

Sohn: „Wie viel kostet das?“[...]

Vater: „Das kostet vierzehn Cent die Kilowattstunde mal siebenundsiebzig. Rechne das mal hoch, zweiundfünfzig Wochen, was das kostet!“

Sohn: „Soll ich jetzt rechnen oder was?“

Vater: „Ne, das brauchst du jetzt nicht zu rechnen ich wollte nur sagen, das ist jetzt so der Ansatz für dein Kindergeld.“

In diesem Auszug verständigen sich Vater und Sohn über den Verbrauch des Computers des Sohnes. Während der Vater mit der Einheit Kilowattstunden ein für ihn ausreichendes Größensystem verbinden kann, versteht der Sohn dies nicht. Zunächst versucht der Vater einen Vergleich zu einem anderen, häufig laufenden Gerät - der Geschirrspülmaschine – zu ziehen. Beide Geräte gehören für die jeweiligen Anwender zu der Kategorie des verhandelbaren Konsums und werden als gewisser Luxus beziehungsweise als Mittel zur Freizeitgestaltung betrachtet. Als der Sohn auf das angebotene Referenzsystem mit Unverständnis reagiert, zieht der Vater zum einfacheren Verständnis Geld heran, um die Größenordnung zu erläutern. Auch der in dem Ausschnitt angedeutete **Vergleich zwischen Geräten** findet sich häufig wieder, wie in der Unterhaltung mit Mike (50, Arzt, Hausbesitzer):

Interviewer: „Das heißt also [du möchtest] einen Vergleich über verschiedene Gerätetypen, aber auch innerhalb desselben Gerätetyps. Dass du weißt, was ein Kühlschrank einer Marke verbrauchen sollte. Und du weißt, was dein Modell verbrauchen sollte, kannst aber sehen, dass es das Vielfache verbraucht. So was wäre eine Information die interessant wäre.“

Gerd: „Genau. Das wäre schon interessant. Und eigentlich sogar nur für die unterschiedlichen Geräte eines Typs. Wenn ich mir einen Kühlschrank anschaffe, weil ich den irgendwie brauche ist mir auch klar, dass der irgendwie Strom verbraucht. Dann würde ich bei der Anschaffung vielleicht darauf achten, dass der wenig Strom verbraucht. Wenn ich mit aktuellen Geräten vergleichen kann und merke, dass das alte Gerät so viel mehr Strom verbraucht, würde ich vielleicht darüber nachdenken das abzulösen [...] nicht erst dann wenn es kaputt ist.“

Während in der Erklärung von Vater zu Sohn im vorherigen Ausschnitt der Vergleich zwischen zwei Geräten des Haushaltes herangezogen wurde, sieht Gerd einen Nutzen darin, seine aktuellen Verbraucher in Relation zu ähnlichen Geräten der gleichen Kategorie setzen zu können. Auf dieser Basis dieser Überlegungen würde er

entscheiden, ob eine Neuanschaffung Sinn machen würde oder nicht. Welche Dimension von Energiekonsum durch diese Ethnomethode adressiert wird, bleibt offen.

Ein drittes Hilfsmittel, das herangezogen wurde, ist die **Rekonstruktion von Routinen**, um Verbrauch in einen Kontext einzuordnen und darüber zugänglich zu machen. Um in der Vergangenheit liegende Lastspitzen erklärbar zu machen, haben die Teilnehmer wiederholt versucht, sich an Aktivitäten im fraglichen Zeitraum zu erinnern. Über diese Tätigkeiten schlossen sie dann auf die eingesetzten Geräte und damit auf deren Energiekonsum. Das verheiratete Paar Sarah (38, nicht arbeitend) und Tom (43, Schichtarbeiter) betrachten in der Vorstudie die ihnen vorgelegte graphische Aufarbeitung ihres Energieverbrauchs:

Sarah: „Am einzelnen Tag: Das hängt immer davon ab wer ist im Haus, wer ist da und wer hat was vor. Danach richtet es sich und danach schwankt das dann ja auch: Dann [wenn niemand da ist] wird der Fernseher gar nicht benutzt, der Computer nicht, Spülmaschine [...] Was haben wir noch? Die anderen Geräte...“

Tom: „Ja, genau!“

Sarah: „Dann hast du zum Beispiel die Woche gearbeitet, dann haben wir keine Daten von der Kaffeemaschine morgens.“

Tom: „Genau, lass uns mal den Sensor drei ansehen, da können wir das doch sehen? Das würde mich jetzt mal interessieren.“

Sarah: „Ich würde sagen, der Grund warum der Sensor [der Kaffeemaschine und Mikrowelle misst] jetzt andere Werte anzeigt, ist weil wir morgens zusammen gefrühstückt haben.“

Sarah geht in Gedanken die Tages- und Wochenabläufe durch und gleicht sie mit den bereitgestellten Daten über die angefallenen Energieverbräuche ab. Wenn ihr Mann beispielsweise Frühschicht hat, frühstücken sie nicht zusammen und benutzen daher nicht die Kaffeemaschine. Sarah erklärt sich ihren Energiekonsum anhand von Mustern und Schwankungen, die sie auf energierelevante Tätigkeiten und Routinen im Haushalt zurückführt.

Schließlich fanden Stevens und Schwartz Hinweise darauf, dass auch ein **Vergleich der Ursachen von Energiekonsum** für Haushalte von Interesse ist. In dem folgenden Abschnitt spricht das Ehepaar (Emily, 43, Hausfrau und Brian, 47 Jurist) über Vergleichsmöglichkeiten des Energiekonsums ihrer beiden Söhne. Sie sind in einem ähnlichen Alter und haben jeweils ein eigenes Zimmer. Den Konsum ihres Sohnes Lars können sie sich nicht abschließend erklären. Aus dieser Situation heraus, entwickeln sie die Idee, zur Einordnung eine Vergleichsmessung bei seinem Bruder durchzuführen.

Brian: „Wir könnten ja mal im Vergleich beim Freddie im Zimmer messen, um zu sehen was der verbraucht.“

Emily: „Ja, das wäre jetzt eine Alternative damit - obwohl der ja nicht so oft da dran sitzt...“

Brian: „Ja aber dann hätten wir einen Vergleichswert ob beim Freddie oder Lars was nicht stimmt und damit du weißt wo da der Fehler liegt.“

Interviewer: „Ob etwas kaputt ist?“

Brian: „Um zu wissen, wo das Problem liegen könnte.“

Emily: [unterbricht] „Dann wäre es aber einfacher du würdest jedes Gerät messen, dann würdest du sofort sehen welches unwahrscheinlich viel verbraucht.“

Brian: „Ja, ich sage ja, wenn wir dann auch beim Freddie messen und der nur die Hälfte verbraucht, dann ist ja irgendwas daran faul, bei Lars Geräten.“

Emily: „Ja, aber dafür müsste er dann genauso viel anlassen wie der Lars und das ist ja nicht so. Deshalb ist es doch einfacher...“

Interviewer: [unterbricht] „Man könnte, man könnte den Verbrauch von Freddie ja hochrechnen. [...] Ist der viel höher als der von Lars, dann weiß man da ist irgendein Gerät was viel mehr verbraucht bei gleicher Nutzung.“

An dieser Stelle geht es nicht um das Verständnis von Energiekonsum an sich, sondern um die Ergründung der Ursache des hohen Verbrauches ihres Sohnes Lars. Sie können nicht feststellen, ob es sich dabei um eine Folge ineffizienter Geräte in Lars Zimmer handelt, oder ob diesen eine Abwägung des Verbrauchs in ökologischer und ökonomischer Hinsicht nicht interessiert („*expression of a careless lifestyle*“). Um zu verstehen, ob Energie auf eine dieser Arten verschwendet wird, oder die Ursachen lediglich in unterschiedlicher Nutzungsgewohnheit und –dauer liegen, schlägt Brian einen Vergleich der beiden Söhne unter diesen Aspekten vor.

Die aus der Vorstudie hervorgehenden Ethnomethoden zur Bewertung von Energieverbrauch sind nicht als vollständig zu betrachten. Sie liefern jedoch einen ersten Eindruck, auf dem der Prototyp aufbauen kann, und der im verlaufenden Prozess weiter exploriert werden soll. Die vorgefundenen Werkzeuge sind zum einen das universale Referenzsystem *Geld*. Physikalische Einheiten konnten als Referenzsystem kaum beobachtet werden. Insofern stützt die Untersuchung bestehende Forschung (siehe Kapitel 2.3). Stattdessen wurden von den Teilnehmern einige Substitute genutzt, um sich ihren Energieverbrauch erfassbar einzuordnen. Darüber hinaus zogen die Teilnehmer andere *Haushaltsgeräte* heran, um Größenordnungen vergleichen und verdeutlichen zu können. So erwies sich ein Vergleich der Verbräuche verschiedener Geräte und Geräteklassen zur Orientierung als hilfreich. Drittens nutzten die Teilnehmer auch ihre eigenen *Aktivitäten* sowie *tägliche Routinen*, um ihren Energieverbrauch zu konkretisieren und dadurch bewerten zu können. Schließlich untersuchen die Anwender die Anteile am Energiekonsum verschiedener *Personen*, um die Ursache des Verbrauchs zu kategorisieren. Über diese Werkzeuge versuchten die Teilnehmer häufig, eine sinnvolle Einordnung ihres Stromverbrauches in die abstrakten Kategorien von Energiekonsum /-

verschwendung und verhaltensabhängigen oder nicht beeinflussbaren Konsums vorzunehmen. Diese Ethnomethoden sollen in einen Prototyp einfließen, um dem Anwender Anschlussmöglichkeiten an seine individuellen Praktiken zu bieten.

Die Vorstudie erhebt nicht den Anspruch, existente Energie-Praktiken vollständig offen gedeckt zu haben. Die Technologie muss daher grundsätzlich auf einer modularen und erweiterbaren Struktur basieren, um flexibel auf Unterstützungsmöglichkeiten, die sich in der weiteren Erforschung der Praxis zeigen, eingehen zu können. Ebenso können sich Energie-Praktiken, und damit auch die zum Einsatz gebrachten Werkzeuge, durch verschiedene Einflüsse in der Praxis ändern. Gerade auch die Ausbringung neuer Technologie kann eine solche Evolution auslösen. Eine flexible Struktur des Prototyps ist daher eine Grundvoraussetzung für die Bereitstellung von Anschlüssen seitens der Entwickler für die Anwender

2.7 Diskussion

Im Bereich des Sustainable Interaction Design greifen viele Forschungsarbeiten auf soziologische oder umweltpsychologische Ansätze als Erklärungsmodelle zurück und konzipieren den Anwender von Software zur Energievisualisierung als informierten und rationalen Akteur. Typische auf der RCT bzw. TRA aufbauende Forschungsagenden sind zum Beispiel:

- verallgemeinerbare Qualitätsmerkmale und Gestaltungshinweise für effektives, nachhaltiges Interface Design (u.a. [Froehlich 2009]),
- motivationale Aspekte des Anwenders Energie zu sparen, zu fördern oder zu ergründen (u.a. [He et al. 2010]) und
- persuasive/ambient Technology im Bereich des Energiefeedbacks (Überblick: [Pierce et al. 2008])

Aus einem Verständnis des Nutzers als rationalem Akteur werden beispielsweise Verbrauchswerte aufbereitet, um den Anwender über die Auswirkungen seines Handelns im Hinblick auf Faktoren wie Stromverbrauch, Kosten oder CO₂-Ausstoß zu informieren. Dadurch soll der Rezipient in die Lage versetzt werden, rational zu urteilen, inwiefern sein Energieverbrauch angebracht ist oder nicht.

In der Literatur wird der auf dem individuellen, rationalen Akteur fußende Forschungsansatz aus verschiedenen Gründen häufig in Frage gestellt. Eine allgemeine Kritik ist, dass die einzelnen Studien zwar punktuelle Erfolge nachweisen, die daraus entwickelten Maßnahmen in der Realität jedoch keinen Einfluss auf den allgemeinen Trend des stetig wachsenden Stromverbrauchs zeigen (Shove et al. 2000). Des Weiteren wird argumentiert, der Komplexität der Problematik nicht gerecht zu werden (Blevis 2007).

Die große Mehrheit der Forschungsbemühungen verfügt mit einer rationalistischen Verhaltenskonzeption über einen blinden Punkt bezüglich relevanter sozio-technischer Faktoren, die zur Effizienz von Feedback beitragen. Dadurch wird Energiekonsum als Phänomen simplifiziert und auf einen bewussten Akt eines informierten Akteurs reduziert. Psychologische Ansätze ziehen nicht ausreichend die Individualität des Anwenders in Betracht. Stattdessen nehmen sie an, dass der Verbraucher hinlänglich über die Ursachen seines Konsums Bescheid weiß, um durch die Bereitstellung universeller Referenzsysteme Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit über seinen Energiekonsum zu erhalten. Dabei reduzieren sie aus praxelogischer Perspektive die Vielschichtigkeit und Komplexität des Themas stark und lassen es dadurch an Individualität der Lösungen vermissen. Stattdessen gehen psychologische Modelle davon aus, dass Energiekonsum für alle Menschen auf dieselbe Weise erklärbar wird. Ein Feedback-System, das seine Daten nicht mit Bedeutung anreichert, um den Anwender bei der Bewertung seines Energiekonsums unterstützt, lässt aus einer solchen Perspektive Einsparpotentiale ungenutzt.

Ein weiterer Anteil explorativer Prototypen zu Energie-Feedback setzt an normativen Wertkonstrukten der Anwender an und sucht, diese als Anlass zu einer Verhaltensänderung heranzuziehen. Prototypen eines solchen Paradigmas nutzen allgemeine oder individuelle Wertvorstellungen, um den Nutzer zu informieren und zu motivieren. Dabei wird der individuelle Verbrauch häufig in Vergleich zu einem Referenzwert gesetzt, um eine Bewertung vorzunehmen und diese an den Nutzer zurückzuspielen. Diese Art von Feedback machen sich oft auch künstlerisch motivierte Prototypen zu Eigen, indem sie mit „weichen“ Skalen arbeiten, bei denen sich je nach Verhältnis von Soll der Zustand des Artefaktes ändert. Beispielsweise welkt oder gedeiht eine Blume, oder eine Ampel zeigt Rot bzw. Grün. Der Anwender erfährt dadurch eine Evaluation seines Verhaltens. Einige Prototypen kombinieren normatives Feedback auch mit Handlungsanweisungen zur Verringerung des Verbrauchs. Normative Ansätze setzen ebenfalls eine umfassende Informiertheit des Anwenders voraus. Ihr Ziel ist es an dessen Wertvorstellungen anzuknüpfen und dadurch ein Verpflichtungsempfinden hervorzurufen. Trotzdem berücksichtigen Prototypen dieser Art die Individualität von Nutzungssituationen sowie ihre stets variierenden Kontexte nur unzureichend. Aus praxeologischer Sicht basieren Erklärungen des Energiekonsums auf individuellen, sozio-kulturell angeeigneten Praktiken, die durch universelle Wertgefüge nicht angemessen abgebildet werden. Insbesondere die Gestaltung intelligenter Feedback Systeme für Privathaushalte muss den hochsituativen Charakter von Energieverbrauch und seine Verortung in einer individuellen Lebenswelt berücksichtigen. Beispielsweise setzen Pierce et al. (Pierce und Paulos 2010) deshalb nicht an mentalen Modellen, sondern an den alltäglichen Praktiken an, um Richtlinien für Interface- und Interaktions-Gestaltung abzuleiten, um eine Reduktion von Energieverbrauch zu fördern. Dadurch

sollen sich dem Anwender durch den Bezug von Feedback Anschlussmöglichkeiten für dessen individuelle Erklärungsversuche des Alltags bieten.

Auch als analytisches Rüstzeug eignet sich Praxistheorie sehr gut zum Verständnis des Stromverbrauchs in Privathaushalten, weil sie Stromkonsum nicht als ein absichtsvolles Unternehmen versteht, sondern als Nebenprodukt in der routinebildenden Aneignung von Technologien und situativ-materiellen Arrangements. Aus einer solchen Perspektive ist es notwendig, Stromverbrauch in das kritische Bewusstsein zu heben, indem bestehende Praktiken aufgebrochen werden, so dass sie neu geordnet werden müssen. Auf diese Weise müssen keine anspruchsvollen Voraussetzungen an die Konstitution des Individuums gestellt werden, wie sie die Konzepte wie homo oeconomicus und homo sociologicus mit sich bringen. Darüber hinaus bietet die Praxistheorie ein relativ leicht anzuwendendes Analysetool zur Identifizierung von Reduktionspotentialen und deren nachhaltiger Realisierung entlang der vier Dimensionen von Routinen und Gewohnheiten, institutionalisiertem Wissen, Einstellungen und Leistungsbereitschaft sowie technologischem Umfeld an.

3 Methodologie

Das vorangegangene Kapitel hat die bestehende Forschungslandschaft im Bereich SID und speziell im Hinblick auf Energiefeedback beleuchtet. Dieser Abschnitt behandelt die methodologischen und theoretischen Fundierungen des Forschungsprojektes. Einem Ansatz der *Design Case Studies* (Wulf 2009), [Wulf et al. 2011] folgend, bildet diese Arbeit den zweiten Teil der Forschungsagenda zur Exploration von Praktiken zur Erklärung von Energiekonsum in Privathaushalten. In der in dieser Arbeit vollzogenen Dokumentation des Entwicklungsprozesses von Hard- und Software wird die Beschreibung der theoretisch-fundierenden Aspekte bewusst rudimentär beschrieben, da die Aneignungsforschung in der Anwendung des zu erstellenden Prototyps Teil zukünftiger Forschungsaufgaben sein wird. Dennoch ist es wichtig, sich die methodologischen Hintergründe vor Augen zu halten, damit die getroffenen Forschungs- und späteren Design-Entscheidungen nachvollzogen werden können.

Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über *Grounded Design* (Stevens 2010) als Methodenset und ethnographisches Forschungsinstrument für IT-Artefakte gegeben. Dies beinhaltet eine Einordnung in die Forschungslandschaft, die Darstellung der Forschungsleitlinien und etablierter Methoden. In diesem Zusammenhang werden *Praxistheorie*, *Grounded Theory* sowie *Action Research* und Living Labs als Methode in der *Aneignungsforschung* skizziert. Anschließend wird die für diese Arbeit gewählte Methodik vorgestellt, indem auf die Implementierung der Living Labs sowie die Aufstellung des Forschungsplanes eingegangen wird.

3.1 Grounded Design

Softwareentwicklung ist eine schwierige Unternehmung und scheitert oft daran, die Anforderungen der Benutzer angemessen zu adressieren. Als Kind der Informatik wurde auch die Softwareentwicklung lange als eine rein analytische Disziplin betrachtet. Diesem Paradigma folgend, existierte für jeden Gestaltungsraum eine optimale Adressierung, die mittels der geschickten Anwendung von Entwicklungsmodellen zu erreichen war. Anhand zuvor festgelegter Spezifikationen konnte die Umsetzung auf Korrektheit kontrolliert werden. Diese Ansicht lässt jedoch wenig Spielraum für Neuerungen oder Veränderungsprozesse und beschränkt sich selbst stark auf die Reproduktion bestehender Lösungen. Der Einsicht folgend, dass formalisierende Software-Entwicklungsmodelle zwar notwendig, jedoch nicht hinreichend für eine optimale Adressierung von Gestaltungsräumen sind, wenden sich Stevens et al. (Stevens 2010) Methoden, Techniken und Werkzeugen zu, welche die Praxis des Anwenders im Umgang mit Technologie zum zentralen Maßstab nehmen.

Eine derartige Wendung im Erkenntnisinteresse verändert die Anforderungen an die Methoden der Softwareentwicklung entsprechend. Ein praxeologischer Blick auf den

Anwender von IKT zieht zwei wesentliche Konsequenzen nach sich: Zum einen beruht die Methodik der traditionellen Entwicklungs- und Forschungsarbeit, wenn überhaupt empirisch überprüft, auf der Validierung quantitativ ermittelter Hypothesen über die Nutzung von Software. Nach einem praxeologischen Verhaltensansatz kann aus Werten und Einstellungen Anwenders jedoch nicht kausal auf dessen situatives Verhalten geschlossen werden. Die Praxis ist nicht vollständig antizipierbar, so dass sie lediglich in ihrem Verlauf beobachtet und mittels qualitativer Methoden offen gelegt werden kann.

Die zweite zentrale Veränderung des Fokus, die Stevens postuliert, leitet sich aus dem Anspruch von Design selbst ab: Design gestaltet für die prinzipiell unsichere Zukunft und damit für zukünftige, nicht existente Praxis (Stevens 2010). Eine Konsequenz aus der Anerkennung dieser Problematik, ist eine strikte Orientierung am Anwender. Dieser wird in den Design-Prozess eingebunden, um in der Beobachtung der Aneignung neuer Technologie mögliche zukünftige Praxis partizipativ zu explorieren. Die Frage lautet: Wie kann Technologie entwickelt werden, die den Anwender in seinen Praktiken so unterstützt, dass diese zukünftig qualitativ höherwertig werden, das heißt: sie in der Durchführung einfacher, komfortabler, zuverlässiger werden oder am Ende ein besseres Produkt liefern? Bei diesem Vorgang stehen Anwender und Technologie in einem wechselseitigen Spannungsverhältnis. Einerseits konstituiert sich durch die Interaktion des Anwenders mit dem Artefakt ein Gestaltungsraum für den Entwickler, andererseits beeinflusst jedes Artefakt die Ausgestaltung der Interaktion und verändert damit eventuelle Gestaltungsräume. Dieser zweiseitigen Abhängigkeit muss in einem Softwareentwicklungsprozess Rechnung getragen werden.

Grounded Design (GD) vereint diese beiden Kernanforderungen, durch abduktive Forschungsmethoden, agile und partizipative Software-Entwicklung sowie ein praxistheoretisches Verhaltensmodell. Dabei beruht das Methodenset auf Business Ethnography (BE) (Nett und Stevens 2009), die ihrerseits als empirischer Teilaspekt einer Methodologie zur integrierten Organisations- und Technikentwicklung (OTD) (Wulf und Rohde 1995) entstand und sich emanzipierte zu einem „*participatory action research approach for reflective technology development that parallelizes qualitative analysis with design activities*“ (Stevens 2010). BE stellt damit in seiner methodologischen Ausrichtung die Grundlage für die Entwicklung von GD dar. Zur angemessenen Untersuchung des jeweiligen Forschungsgegenstandes stellt GD drei Grundprinzipien auf:

- *Reconstruction of Action Spaces*: Die Rekonstruktion realitätsnaher Handlungsräume ist für die Beobachtung der Aneignungsprozesse zentral. Für den Untersuchungsgegenstand – in diesem Fall Erklärungspraktiken für Energieverbrauch in Privathaushalten – ist es von hoher Bedeutung, in einem natürlichen Kontext untersucht zu werden. In einer künstlichen Umgebung, wie einem Labor, oder in Befragungssituationen weichen Handlungsräume von den realweltlichen Situationen ab. Da Praktiken sich je nach situativem Kontext

konstituieren, wäre das Verhalten des Anwenders außerhalb des natürlichen Lebensraumes beeinflusst, so dass eine abduktive Reflektion auf Basis der beobachteten Phänomene für den Untersuchungsgegenstand verfälscht wäre. Eine in GD häufig verwendete Methode, um soziale Realität zu rekonstruieren, sind Living Labs.

- *Agile Action Research guided by Theoretical Sampling*: In GD laufen Theoriebildung und Software-Entwicklung parallel ab. Prototypen werden in Praxis gebracht und die sich neu formierenden Praktiken im Umgang mit der neuen Technologie werden beobachtet. Die kontinuierliche Reflexion des Prozesses orientiert sich an drei Leitlinien: Die Beobachtung der Technologie in Nutzung, die reflektive Entwicklung der Technologie und die Bildung neuer Theorien nach Grounded Theory (Stevens 2010). Für diese agile und partizipative Entwicklungsarbeit eignen sich besonders Ansätze aus der Familie des Action Researchs.
- *Probing and Breaching by Design*: Neben der Zielsetzung, bestehende Praktiken zu adressieren, stellt Design mittels GD auch den Anspruch, mögliche zukünftige Interaktion mit Technologie zu explorieren. Für beide Aspekte ist es notwendig, den sozio-materiellen Kontext bestehender Praxis aufzubrechen. Design Action Research interveniert in den bestehenden Handlungsraum und kann durch die Ausbringung neuer Technologie einerseits Unterstützung für bestehende Praxis bieten und andererseits bisher nicht existente Handlungsmöglichkeiten stimulieren. In der Aneignung der Technologie durch den Anwender formiert sich Praxis neu und generiert dabei neue Normen, Werte und Praktiken. Breaching (Crabtree 2004) in einem evolutionären Entwicklungs-Prozess bedeutet ein Wechselspiel von Anpassung an Technologie und Interpretation dieser Neuordnung in einem zukünftigen Design. Breaching in Design weist daher ein gutes Passungsverhältnis zur theoretischen Fundierung der Forschungsunternehmung mittels Praxistheorie auf.

Um diesen Prinzipien zu entsprechen, diktiert GD keine konkrete methodische Ausgestaltung. Dennoch stellen die drei obigen Richtlinien enge Grenzen auf, innerhalb derer sich adäquate Werkzeuge bewegen müssen. Nachfolgend werden die für GD vorgeschlagenen Familien von Methoden skizziert.

Praxistheorie

Die Praxistheorie gehört zur Familie der sozialwissenschaftlichen Kulturtheorien. Die (Aus-) Bildung der Kulturtheorie ist unter anderem Bourdieu (Bourdieu 1972), Giddens (Giddens 1979), [Giddens 1984], Schatzki (Schatzki 2008) und dem späten Foucault (Foucault 1984a), [Foucault 1984b) zuzuschreiben. Sie entstand im 20. Jahrhundert als Gegenkonzept zu rationalistischen und norm-orientierten Ansätzen des homo oeconomicus und homo sociologicus und propagiert eine alternative Erklärung von Handlung und sozialer Ordnung. Von einem kulturtheoretischen Standpunkt aus

werden Handlungen und soziale Strukturen durch geteilte oder kollektive kognitive und symbolische Strukturen organisiert, durch die eine gemeinsame Bedeutungszuschreibung für die Welt entsteht. Damit widmet sich die Kulturtheorie dem durch individuell-rationalistische oder sozial-deterministische Theorien vernachlässigten Aspekt des Einflusses von implizitem Wissen zur Organisation sozialer Realität (Reckwitz 2002).

Reckwitz (Reckwitz 2002) grenzt, anhand der jeweiligen Idealtypen, Praxistheorie gegenüber den übrigen Kulturtheorien ab und arbeitet für die vielfältigen Ausformungen geteilte Leitlinien heraus.³ Praxistheorie vertritt innerhalb der kulturalistischen Tradition die Position, dass soziale Realität durch routinisierte körperliche und geistige Handlungen konstruiert, verfestigt und weiterentwickelt wird. Dazu wird unterschieden zwischen *Praxis*, als Gesamtkörper aller Handlungen eines Individuums in der Welt, und einer einzelnen *Praktik*. Eine Praktik beschreibt eine Verbindung von Wissen, Subjekten, Objekten und körperlichen oder geistigen Handlungen. Dabei betont Praxistheorie die intuitive Natur der alltäglichen Verhaltensweisen des Akteurs in seiner Umwelt. Gegenstände und ihre Nutzung und Personen, Emotionen, individuelles oder kollektives Wissen und praktisches Knowhow bieten dem Akteur routinisierte Handlungsmöglichkeiten. Es fehlt demnach weitgehend die Rationalität und Intentionalität eines homo oeconomicus sowie die Beeinflussung von Normen des homo sociologicus. Die Praktik des Kochens beispielsweise beinhaltet viele einzelne Aktionen, die eine Praktik konstituieren könnten: Das Einkaufen der Zutaten, das Schälen des Gemüses, die Benutzung des Herdes, der Umgang mit Gewürzen oder das Decken des Tisches. Diese Liste versteht sich selbstverständlich nicht als vollständig oder korrekt – im Gegenteil: Praktiken sind in ihrer Zusammensetzung meist individuell ausgeprägt und unterschiedlich stark strukturiert. Darüber hinaus weist die Auflistung noch nicht aus, *wie* die einzelnen Aktionen vollzogen werden. Dies hängt zu einem hohen Maße davon ab, wie sich der Mensch den Umgang mit den jeweiligen Gegenständen, Situationen oder Personen angeeignet hat. Durch die wiederholte Ausübung der routinisierten Aktionen verfestigt sich der Körper dieser einzelnen Handlungsfolgen, wodurch sich die Praktik reproduziert.

„A practice is thus a routinized way in which bodies are moved, objects are handled, subjects are treated, things are described and the world is understood“.(Reckwitz 2002)

Der Praxistheorie zufolge wird nun soziale Struktur generiert, indem die Akteure durch die Ausübung von Praktiken der umgebenden Welt stets aufs Neue Bedeutung zuweisen. Damit ist Struktur nicht mehr extern gegeben, sondern ist als

³ Für weitere Informationen zu der Verortung des Sozialen in den weiteren Mitgliedern der Kulturtheorie siehe Reckwitz 2002 für eine Übersicht.

Vollzugswirklichkeit von Praxis ebenso flexibel wandelbar, wie Praktiken selbst. Diese können sich durch eine Veränderung der sie definierenden Elemente umformen. GD macht sich diese Tatsache zu Nutze, indem es gezielt Praktiken in Krisensituationen bringt. In bestehende Praktiken wird durch die Ausbringung neuer Technologie interveniert, sodass eine Nutzung und Aneignung dieses Artefaktes neue Möglichkeiten zur Ausübung der bisherigen Praktik bestehen.

Grounded Theory

Von einem phänomenologischen Standpunkt ausgehend, spielt die Untersuchung von alltäglicher Praxis im Umgang mit Energiekonsum eine zentrale Rolle, um diesen Forschungsgegenstand einem Design-Entwicklungsprozess überhaupt adressierbar machen zu können. Jedoch kann Praxis nicht induktiv oder deduktiv hergeleitet werden. Dem Verständnis der Praxistheorie folgend, kann allgemeines Wissen über die in-situ-Interaktion des Anwenders mit Technologie nicht an bestehenden Konzepten gemessen werden, wenn man der Komplexität des Gegenstandes gerecht werden will. Stattdessen wird die Interaktion mit dem in Praxis gebrachten Prototyp abduktiv reflektiert. Ziel ist die Aufdeckung des Neuen und durch existente Theorien nicht Abdeckbaren, mittels der Beobachtung von „gegenwärtigen Zukünften“ (Hitzler und Pfadenhauer 2005). Um diesen speziellen Anforderungen gerecht zu werden, greift GD zur Rekonstruktion des Allgemeinen in den spezifischen Handlungen des Anwenders auf eine klassische Methode der Sozialwissenschaften zurück: Die Grounded Theory.

Die Grounded Theory wurde als Methodenset zur abduktiven Theoriegewinnung aus qualitativen Daten von Anselm Strauss (Strauss 1969), einem Schüler von Herbert Blumer, in den 1960er Jahren entwickelt. Anders als in der induktiven Forschung wird nicht versucht, Theorien und Konzepte über einen Untersuchungsgegenstand zu validieren, sondern eben solche Konzepte aus der ganzheitlichen Beobachtung sozialer Realität abzuleiten. Im Fokus steht damit das Besondere innerhalb des Normalen, im Gegensatz zu der üblichen Betrachtung des Allgemeinen und der Vernachlässigung spezieller Einzelfälle als Störfaktoren.

Die Grounded Theory schreibt keine konkreten Untersuchungsmethoden vor, sondern stellt eher eine Einstellung des Forschenden zu seinem Untersuchungsfeld dar. Es wird vorausgesetzt, keine allgemeinen Schlussfolgerungen über den Zustand des Feldes machen zu können. Daher wird versucht, durch die Beobachtung sozialer Phänomene Aufschluss über mögliche Verallgemeinerungen zu erlangen. Theoriebildung und Beobachtung laufen in diesem Forschungsprozess oft parallel ab, wodurch Annahmen flexibel angepasst und an der Praxis getestet werden können. Für den Kontext der Exploration von Energie-Praktiken in Privathaushalten bei einem praxeologischen Ansatz eignet sich die Grounded Theory daher sehr gut, um unvoreingenommen und offen die Praktiken und Aneignungsprozesse des Anwenders untersuchen zu können.

Action Research

Action Research (AR) basiert auf den Arbeiten von Kurt Lewin (Lewin 1946) im Bereich der Psychologie und stellt eine heterogene Familie⁴ von Ansätzen zur Software-Entwicklung dar, die auf der Verwendung des gemeinsamen Paradigmas, der Partizipation aller relevanter Akteure im Entwicklungs-Prozess, beruht. Damit ist AR in der Nähe von Participatory Design (Floyd et al. 1989) anzusiedeln. AR zielt ebenfalls darauf, realweltliche Probleme in ihrem realweltlichen Kontext zu betrachten, und durch die Einbeziehung der Anwender als lokale Experten in einem meist evolutionären Prozess eine möglichst optimale Lösung zu entwickeln. Durch die Partizipation wird ein gegenseitiger Lernprozess angestoßen, sodass Entwickler und Anwender *voneinander* profitieren. Zudem fördert die Aktivierung des Nutzers dessen Motivation, seine selbst entwickelte Lösung zu verbessern und letztlich auch einzusetzen.

Charakteristisch für Action Research als Teil des Grounded Design ist über diese Komponente hinaus noch eine wissenschaftlich-theoretische Dimension: Aus dem spezifischen Wissen, das im Prozess der Problemlösung zu Tage tritt, wird versucht, Theoriebildung zu betreiben. In dieser Hinsicht eignet sich diese Methode besonders, um das explorative Vorgehen mittels Grounded Theory zu unterstützen. Gilmore et al. (Gilmore et al. 1986) fassen diese Dualität treffend zusammen:

„Action research [...] aims to contribute both to the practical concerns of people in an immediate problematic situation and to further the goals of social science simultaneously. Thus, there is a dual commitment in action research to study a system and concurrently to collaborate with members of the system in changing it in what is together regarded as a desirable direction. Accomplishing this twin goal requires the active collaboration of researcher and client, and thus it stresses the importance of co-learning as a primary aspect of the research process.“

Während AR offen für unterschiedliche Prozessmodelle bleibt, ist CAR zyklisch angelegt. Einer dieser meist mehrfach durchlaufenen Zyklen umfasst fünf Ablaufschritte: Diagnose, Planung, Interventionsdurchführung, Evaluation und Reflektion (Davison et al. 2004). Innerhalb der SID wird es für die Qualität nachhaltiger Artefakte und, wegen des geringen Fundus an gesichertem Wissen über die Dimensionen dieser Qualitäten, als zentral angesehen, die Entwicklung bedarfsgerechter und praktikabler Technologie partizipativ voranzutreiben (u.a. [Goodman 2009]). Mittels Action Research können allgemein und auch speziell in der vorliegenden Forschungsagenda, neue Konzepte von nachhaltig genutzter und effektiver IuK-Technologie erforscht werden.

⁴ Für eine Übersicht über weitere Ansätze und deren Klassifikationen siehe u.a.: Baskerville & Wood-Harper, 1998; Avison et al., 1999; Baskerville, 1999

Aneignungsforschung

In GD stellt die Aneignungsforschung, die mit einer partizipativen Weiterentwicklung der Technologie gekoppelt ist, einen zentralen Aspekt für die Reflexion und Untersuchung sich wandelnder Praktiken dar. Um die Aneignungsprozesse in der sozialen Realität über einen längeren Zeitraum stabil beobachten zu können, werden oft Living Labs genutzt, die im Folgenden in ihrem Ansatz zur Erstellung nutzbarer und sozial akzeptierter Technologie erläutert werden.

Für Eriksson et al. (Eriksson et al.) ist ein Paradigmenwechsel in Forschung und Entwicklung Grund dafür, warum sich Living Labs zunehmender Beliebtheit erfreuen. Innovation definiert sich demnach nicht mehr ausschließlich als eine Frage technologischer Exzellenz, sondern besteht zunehmend in der Ausrichtung von Artefakten auf die tatsächlichen Bedürfnisse der Anwender in einer komplexen Lebenswelt. Anstelle des eindimensionalen Users, als Anwender von Technologie, soll der Mensch in seiner Gänze einbezogen werden. Mit seinen subjektiven Erfahrungen, Perspektiven und Wissensvorräten soll dieser Einfluss auf den Innovationsprozess nehmen können und der neuen Technologie dadurch zu verbesserter Nutzbarkeit und Akzeptanz verhelfen.

Innovative Technologie benötigt zudem die Berücksichtigung der vielfältigen Perspektiven der unterschiedlichen Akteure, die an einer Produktentwicklung beteiligt sind. So fordern Eriksson et al. die Beteiligung aller Interessengruppen der Wertschöpfungskette eines Innovationsprozesses. Dazu gehören beispielsweise Hardware-Anbieter, eventuelle Dienstleister, Anwender und Entwickler, die in einem offenen Kommunikations- und Kollaborationsprozess vereinigt werden sollen. In der Produktentwicklung etablierte, langwierige Try-and-Error-Methoden sollten zudem durch einen effizienteren, partizipativen und evolutionären Co-Design-Prozess ersetzt werden.

Diese Überlegungen werfen für die Gemeinde der Entwickler und Designer neue Anforderungen an die anzuwendende Methodologie auf. Ihre entwicklungstypischen Prozesse, wie Anforderungsanalyse, Entwicklung, Validierung und Optimierung, müssen in der komplexen sozialen Realität in einer offenen Kooperationsumgebung aller Stakeholder vollzogen werden.

Eine Antwort auf diese Anforderungen stellen Living Labs dar. Den Begriff prägte der zu dieser Zeit am Massachusetts Institute of Technology (MIT) tätige Professor William Mitchell (Eriksson et al.). Er bezeichnete sie als ein Instrument von Forschung und Entwicklung, um die Aneignung von und Interaktion mit neuen IT-Artefakten seitens der Anwender in einer lebensnahen Umgebung beobachten zu können (Ogonowski et al. 2011). Dies soll dazu beitragen, ein tieferes Verständnis für die Wahrnehmung, Aneignung und Akzeptanz neuer Technologien zu entwickeln. Dafür gibt es zwei

wesentliche Ansätze: Einerseits können Bedingungen in Laboren geschaffen werden, die realweltliche Nutzungskontexte simulieren sollen. Andererseits können in realen Haushalten infrastrukturelle Voraussetzungen geschaffen werden, um entwickelte Prototypen unkompliziert und schnell in realweltlichen Nutzungskontexten in Praxis bringen und testen zu können. Eine solche Infrastruktur bietet ein zuverlässiges Anwendungsfeld, das die dynamischen realweltlichen Kontexte über einen langfristigen Zeitraum stabil abbilden kann und stellt damit eine angemessene Umgebung zur Erforschung von Aneignungsprozessen dar.

Zusätzlich sehen Living Labs kommunikative und kollaborative Verknüpfungen aller Interessengruppen vor, um das Innovationspotential zu steigern. Entscheidungen und deren mögliche Konsequenzen können dadurch auf allen relevanten Stakeholder-Ebenen zugleich diskutiert werden. Mit ihrer flexiblen und dennoch gleichzeitig strukturierten Art erhalten sich Living Labs damit sowohl Kommunikations- als auch Innovationspotentiale (Eriksson et al.).

“Real-life Living Labs are superior to ‘closed Labs’ in virtually all aspects; Living Labs stimulate new ideas, provide richer contexts of concrete R&D challenges and it becomes natural to perform early and continuous validation [...]. Concepts are developed in full-day (user) contexts”. (www.corelabs.eu)

Die konkrete Ausgestaltung von Living Labs ist stark von der jeweiligen Forschungsagenda, in die sie eingebettet sind, abhängig. In Kapitel 3.2 wird beschrieben, wie bei der Implementierung der Methode für die Projekt-Anforderungen vorgegangen wurde.

Begründung zur Wahl der Mittel

Zur Untersuchung privater Energiepraktiken wurde die Perspektive des Grounded Designs gewählt, weil diese vielfältige Potentiale für die Entwicklung von Energiefeedback-Technologie bietet. Da sich Praktiken in einem sozio-technischen Kontext hochsituiert und damit stark kontextabhängig und individuell konstituieren, kann meiner Ansicht nach eine praxeologische Betrachtung des Umgangs mit Energie zusätzliche Effizienzpotentiale ausschöpfen. Für die Beobachtung von Praxis wird daher auf eine ethnomethodologische Erforschung des Untersuchungsgegenstandes zurückgegriffen, um möglichst umfassende Einblicke in die lebensweltlichen Handlungen im Umgang mit Energiekonsum zu erlangen. Da Praxis stets an ein handelndes Individuum und dessen Wissen, Handlungsmöglichkeiten, Werte und Einstellungen gekoppelt ist, nehme ich den Nutzer auch im Designprozess als lokalen Experten ernst. Um für einen angemessenen Einfluss der Teilnehmer auf die Gestaltung zu sorgen, wird ein partizipativer und evolutionärer Action Design-Ansatz eingesetzt. Da die zu leistende Entwicklungsarbeit sowie die anschließende Aneignungsforschung in einem stabilen Testbett einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen werden, wurde

zudem der Ansatz der Living Labs in dieser Arbeit genutzt. Durch die Exploration bestehender und möglicher zukünftiger Praktiken erhoffe ich mit, die Passgenauigkeit zukünftiger Technologien und damit ihre soziale Akzeptanz erhöhen zu können. Dadurch soll eine nachhaltige Nutzung von Energiefeedback-Technologie gefördert werden.

3.2 Methodik

Während im vorangegangenen Kapitel die theoretische Fundierung der Forschungsunternehmung beschrieben wurde, soll im Folgenden die Umsetzung der daraus erwachsenen Vorgaben beschrieben werden. Dazu soll in diesem Abschnitt zunächst ein grober Forschungsplan skizziert werden, um das Vorgehen im Forschungsprozess zu verdeutlichen. Anschließend werden die Voraussetzungen erläutert, die für eine Durchführung geschaffen werden mussten. Dies umfasst die Implementierung der Living Labs sowie die Eigenschaften der Testhaushalte und ihre Ausstattung mit einem gemeinsamen Basis-Satz an Technologie.

Forschungsplan

Vor Beginn der Unternehmung wurde ein grober Ablaufplan erstellt, der als flexible Leitlinie Orientierung und Motivation bieten sollte. Eingebettet in das Gesamtprojekt einer Design Case Study verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, prototypische Technologie aus einem empirisch entwickelten Vorverständnis evolutionär und partizipativ zu entwickeln. Sie schließt deshalb an die bereits abgeschlossene Vorstudie (Kapitel 2.6) an. Die notwendigen Schritte zur Erfüllung dieser Aufgabe sind:

1. *Konzeption eines Technologiesettings zur Realisation eines Energiemonitors*: Zu Beginn wird aus dem Vorverständnis sowie unter Berücksichtigung der technologischen Rahmenbedingungen des Anwendungsfeldes eine Infrastruktur konzeptioniert, die eine Messung des häuslichen Stromverbrauchs ermöglicht. Die Datensammlung soll für diesen Zweck flexibel für unterschiedliche spätere Visualisierungsoptionen bleiben und zugleich den Anforderungen, die aus der Vorstudie hervorgehen, gerecht werden.
2. *Implementierung von Living Labs*: Zugleich werden Testhaushalte in der Art akquiriert, dass angestrebt wird, heterogene Untersuchungsumgebungen herstellen zu können. Dies gilt sowohl für soziale, geographische und demographische Aspekte als auch für die Affinität der Menschen zu neuer Technologie. Die ersten beiden Abschnitte sind Voraussetzungen für die weitere Arbeit und können parallel erarbeitet werden.
3. *Evolutionär-partizipative Software-Entwicklung*: Dies ist das zentrale Anliegen dieses Forschungsabschnittes. Zur Untersuchung des Forschungsfeldes werden Leitfadeninterviews, Beobachtungen und Workshops durchgeführt, um die Praxis der Haushalte im Umgang mit den Energiemessgeräten, sowie Wünsche, Bedürfnisse und Kritik genau aufzunehmen. Ziel des Prozesses ist nicht die Perfektionierung des Artefaktes, sondern die Sicherstellung grundsätzlicher

technologischer Funktionalität und realweltlicher Nutzungsmöglichkeit. Eine besondere Gewichtung erfährt die Frage, inwiefern sich das Phänomen *Energiekonsum* analog zu den Erfahrungen der Vorstudie zeigt und wie sich die Anwender die Technologie zu Nutzen machen, um ihre Energiepraktiken anzuwenden.

Im Folgenden wird der geplante Ablauf dieser Entwicklungsphase erläutert:

- In der ersten Phase wird ein aus dem Vorverständnis entwickelter Prototyp zur Energievisualisierung bei den Testhaushalten installiert. Dieser wird, um eine schrittweise Aneignung verschiedener Unterstützungsleistungen untersuchen zu können, zunächst nur einen geringen Detailgrad, in Form von Informationen über den Gesamtverbrauch des Haushaltes anbieten. Bei diesem Präsenztermin sollen gleichzeitig allgemeine Fragen zum Haushalt und zum persönlichen Hintergrund der Teilnehmer geklärt werden. Gleichzeitig wird der Umgang der Nutzer mit den ersten Visualisierungsstrategien beobachtet und hinterfragt. Bei eventuellen grundlegenden Schwierigkeiten wird außerdem helfend eingegriffen.
- Nach einigen Wochen, in denen die Haushalte Erfahrungen mit den Möglichkeiten und Beschränkungen sammeln können, beginnt die zweite Phase empirischer Arbeit. An dieser Stelle wird ein erstes Zwischenfazit seitens der Anwender gezogen. In Präsenzterminen werden Ansätze für Verbesserungen in der Handhabung, im Leistungsumfang und der Adaption an die individuellen Bedürfnisse exploriert. Darauf aufbauend wird ein weiterer Prototyp entworfen. Darüber hinaus erhalten die Haushalte jetzt auch die Möglichkeit, den Verbrauch von Geräten ihrer Wahl messen und anzeigen zu lassen. Auch an dieser Stelle werden neue Impulse für die weitere Entwicklung des Artefaktes gesammelt.
- Eine abschließende Konfrontation der Haushalte mit den explorierten Praktiken und dem beobachteten Umgang mit dem Prototyp wird einen Ausblick auf weitere Verbesserungsmöglichkeiten und Ansätze für Folgeforschung bieten. In diesem Abschnitt wird die Erweiterung des Funktionsumfangs eingestellt, da die grundsätzliche technologische Funktionalität und praxeologische Anschlussfähigkeit sicher gestellt sein soll. Erkannte Probleme und Lösungsansätze werden reflektiert. Dies soll zukünftigen Forschungsprojekten Orientierungspunkte bereitstellen, um Hard- und Software im Bereich des Energiemanagements auf Basis empirischer Grundlagen an die Energiepraktiken des Menschen anpassen zu können.

Eine klare Abgrenzung zu der anschließenden Aneignungsforschung ist insofern nicht ohne weiteres möglich, da die Aneignung bereits bei der Ausbringung des ersten

Prototyps beginnt. Daher hängt der Übergang in diesen Abschnitt hauptsächlich von einem Wandel des Fokus seitens der Bemühungen des Forschenden ab. Während der gesamten Phase der Software-Entwicklung werden bereits empirische Daten erhoben, die in einer späteren Reflexionsphase der Aneignungsforschung dienlich sein werden.

Living Labs – die Testhaushalte

In dem Wissen, dass im Rahmen dieser Arbeit keine Repräsentativität erreicht werden kann, kam dem Auswahlprozess für die Teilnahme eine wichtige Rolle zu. Für das Forschungsvorhaben wurden Privathaushalte mit unterschiedlichen familiären und Wohnhintergründen gesucht. Um Testhaushalte zu gewinnen, wurden zu Beginn des Jahres innerhalb des bestehenden Forschungsprojektes *Social Media* an der Universität Siegen mündliche Propaganda betrieben, um potentielle Teilnehmer direkt anzusprechen. Der Vorteil in dieser Akquise lag dabei, dass bereits auf eine überlegt zusammengestellte Gruppe zurückgegriffen werden konnte. Zudem sind diese Haushalte in der Umgebung des Forschungsteam angesiedelt, so dass eine enge Betreuung ermöglicht wird. Dennoch wurde bei der Auswahl angestrebt, insgesamt heterogene Haushalte zu akquirieren. Das beinhaltete eine möglichst breite Abdeckung von Eigenschaften wie: Anzahl der Personen im Haushalt, Anzahl der Kinder im Haushalt, Größe der Wohnung und Teilnehmer aus Stadt, Peripherie und ländlicher Umgebung zu erreichen.

Die Rücklaufquote für die freiwillige und unentgeltliche Teilnahme war hoch. In den acht ausgewählten Haushalten wohnen insgesamt 18 Personen im Alter von fünf bis 67 Jahren, die meisten Teilnehmer sind zwischen 30 und 50 Jahren alt. Sie unterscheiden sich in ihren persönlichen Hintergründen und Berufsständen und liefern dadurch einen breit gefächerten Teilnehmerkreis. Drei der Haushalte sind in Städten angesiedelt, drei weitere in ländlicher Gegend und zwei in städtischer Peripherie. Fünf der teilnehmenden Haushalte besitzen Wohneigentum, die übrigen leben zur Miete. Die Größe der Haushalte reicht vom Single-Haushalt bis zu einer fünfköpfigen Familie, die Wohnsituation von Zwei-Zimmer-Wohnungen bis zum freistehenden Einfamilienhaus. Tabelle 1 liefert einen Überblick über die Haushalte.

Tabelle 1: Liste der Haushalte (MW = Mietwohnung, EFH = Einfamilienhaus, SM = Smart Meter, GM = Geräte-Messung)

Nr.	Wohnungs-Typ	m ²	Haushalts-Typ	Personen	Sensorik	Geräte-Ausstattung
H1	MW	69	Paar	P1, Freundin, 27, Referendarin P2, Freund, 26, Student	GM	Smartphone, PC
H2	MW	80	Paar	P3, Freundin, 28, Angestellte P4, Freund, 31, Doktorand	GM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV
H3	EFH	140	Ehepaar	P5, Frau, 37, P6, Mann, 39, IT-Techniker	SM,GM	Smartphone, PC, Media Center,

						Flatscreen TV
H4	EFH	120	Single	P7, Mann, 44, Bankangestellter	SM, GM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV
H5	EFH	145	Familie	P8, Mutter, 60, in Teilzeit arbeitend P9, Vater, 66, Rentner P10, Sohn, 28, selbstständig/Student	SM, GM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV
H6	EFH	140	Familie	P11, Mutter, 45, Hausfrau P12, Vater, 47, Angestellter P13, Tochter1, 10, Schülerin P14, Tochter2, 7, Schülerin P15, Tochter3, 5, Schülerin	SM, GM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV
H7	MW	55	Single	P16, Frau, 29, Doktorandin	SM, GM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV
H8	MW	63	Paar	P17, Freundin, 27, Angestellte P18, Freund, 28, Angestellter	SM	Smartphone, PC, Media Center, Flatscreen TV

Zum Auftakt wurden die Teilnehmer eingeladen, das Forschungsteam und das Anliegen, sowie auch einander kennen zu lernen. Nach einer persönlichen Vorstellung wurde ein informelles Gespräch etabliert, während dessen das Forschungsprojekt präsentiert und in einer Diskussion Raum für Fragen und weitere Informationsbedarfe gegeben wurde, um auch auf einer zwischenmenschlichen Ebene Kontakt zu den Personen zu erlangen. Dies sollte ein erster Schritt zu einer Kommunikationskultur sein, in der das Forschungsteam nicht als Fremdlinge und die Teilnehmer sich selbst nicht als Untersuchungsobjekte ansehen sollten, sondern sie das Bewusstsein entwickeln, dass ihre Handlungen, Ideen und Einflüsse für die Forschung von hoher Bedeutung sein würden. Zu beachten ist jedoch, dass es sich an dieser Stelle lediglich um operative Fragen zum Ablauf der Forschungsunternehmung handelte. Anschließend wurden die nächsten anliegenden Schritte besprochen. Dazu zählte auch die Beantragung der Verbauung von intelligenten Stromzählern durch das jeweilige Versorgungsunternehmen. Bei diesem, wie bei jedem organisatorischen Schritt, wurde Hilfestellung angeboten, soweit dies möglich oder gewünscht war. Dadurch wurde auch versucht, eine möglichst stetige und enge Kommunikation zwischen den Haushalten und dem Forschungsteam einzuführen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes Social Media waren die Haushalte bereits teilweise mit Android-Smartphones, einem LCD-Fernseher und einem Media-Center-Computer ausgerüstet. Dies bildete die technologische Infrastruktur, auf der die später zu entwickelnden Prototypen aufsetzen sollten. Noch nicht vorhandene Komponenten wurden aus Projektmitteln bereitgestellt. Darüber hinaus wurde die Verbauung von Smart Metering-Technologie beim jeweiligen Energieanbieter beantragt. Die Hardware für die Messung des Verbrauchs auf Geräte-Ebene benötigt keine fachmännische

Installation und wurde daher im Rahmen eines späteren Präsenztermins gemeinsam mit den Teilnehmern in ihrem Haushalt angebracht. Die nähere Beschreibung dieser Komponenten wird in Kapitel 4.2 vollzogen.

Weil ein Stromzähler im Besitz des Haus- oder Wohnungseigentümers ist und daher nicht auf Antrag des Mieters verbaut werden kann, konnten zwei zur Miete wohnende Haushalte lediglich mit der Technologie zur Messung des Energiekonsums auf Geräteebene ausgestattet werden. Einer der mietenden Haushalte konnte jedoch auch seinen Hausbesitzer dazu bringen, kostenlos einen modernen Zähler verbauen zu lassen.

4 Konzeption des Prototypen

Im vorangegangenen Kapitel habe ich dafür argumentiert, einen partizipativen und evolutionären Breaching-Ansatz der Softwareentwicklung zur Aufdeckung von Energiepraktiken in Privathaushalten zu wählen. Dieses Vorgehen begründet sich im Wesentlichen aus der Eigenschaft von Praxis, dem Bewusstsein des Anwenders verborgen zu sein. Damit verbunden ist die Notwendigkeit, die angeeigneten Mittel und Wege, die in Praktiken zur Erklärung des Energiekonsums zur Anwendung kommen, offen zu legen. Dazu soll in diesem Kapitel ein Prototyp entwickelt werden, der auf dem Verständnis einer Vorstudie von Schwartz und Stevens (2011) zur Exploration von Energie-Praktiken in Privathaushalten basiert. Diese Vorstudie bildet eine wesentliche Grundlage zum Ausgangsverständnis von Unterstützungsmöglichkeiten für Privathaushalte bei ihren Bemühungen, ihren Energiekonsum zu erkennen, zu klassifizieren und ihm dadurch Sinn zu verleihen. In diesem Abschnitt werden deshalb zunächst die in der Studie erkannten Phänomene der Praxis und anschließend die beobachteten, angebrachten Ethnomethoden zur Unterstützung der Sinnzuschreibungsprozesse erläutert.

Basierend auf den empirischen Untersuchungen wurden wesentliche Prinzipien für das häusliche Energiemanagement herausgestellt, die in einen Prototyp zu einfließen sollen, um den Anwendern Anschlussmöglichkeiten an ihre Praktiken zu bieten. Anschließend werden die Anforderungen des realen Anwendungsfeldes beschrieben, die für die Funktionalität einer IKT-Infrastruktur notwendig sind. Im anschließenden Kapitel wird dargestellt, auf welche Weise versucht wurde, diesen Anforderungen durch die Konzeption des Ausgangsprototyps gerecht zu werden und das gewählte Arrangement von Hard- und Software vorgestellt.

4.1 Technologische Anforderungen und Implikationen

Der Aufbau einer Infrastruktur zur angemessenen Unterstützung von Energiepraktiken unterliegt den speziellen Anforderungen seiner Umgebung – hier: Privathaushalten –, die in einer Art Pflichtenheft gesammelt werden sollen. Im vorigen Kapitel wurden die Erkenntnisse der Vorstudie aufgearbeitet, die dem Anwender in seinen Energiepraktiken unterstützen und einen zielgerichteten Forschungsprozess ermöglichen sollen. An dieser Stelle werden die technologischen Anforderungen an die Infrastruktur formuliert, um die grundsätzliche Funktionalität eines späteren Prototyps herzustellen. Diese ergeben sich aus der baulichen Umgebung, den technologischen Beschränkungen und der Forschungsethik des SID. Die zentralen Bedingungen, welche die Hard- und Software erfüllen müssen, um für die Exploration von Energiepraktiken nach den Erkenntnissen der Vorstudie geeignet zu sein, sind folgende. Die Infrastruktur soll

- möglichst minimal invasiv in die Lebenswelt der Teilnehmer eingefügt werden und nicht den normalen Alltag beeinflussen.
- in der Lage sein, den aktuellen Energieverbrauch in oder nahe an der Echtzeit abzubilden.
- in der Lage sein, Wirkleistungen zu auswählbaren Zeitpunkten in der Vergangenheit wiederzugeben.
- den Gesamtkonsum des Haushaltes messen können.
- die Datenerfassung der Verbräuche einzelner Geräte ermöglichen.
- in unklaren und potentiell stark unterschiedlichen Umgebungen anwendbar sein. Allein der Gegensatz von Eigentums- und Mietwohnung führt zu unterschiedlichen Bedingungen bezogen auf zu überwindende Entfernungen und baulich mögliche Maßnahmen
- Grundsätzlich portabel und flexibel anpass- und erweiterbar sein. In einem ersten Schritt soll den Haushalten das Feedback über den Media-Center PC auf dem Fernseher angezeigt werden. Darüber hinaus sind jedoch viele andere Endgeräte denkbar: So zum Beispiel ein klassischer Personal Computer, ein Laptop oder mobile Endgeräte wie Tablet oder Smartphone. Da alle Haushalte auch mit Android-Smartphones ausgestattet sind, muss die Software so gestaltet sein, dass sie für diese Endgeräte anpassbar oder erweiterbar ist. Weil der Prototyp in bestehende Praxis ausgebracht wird und an diese sukzessive angepasst werden soll, ist auch die Flexibilität der Infrastruktur eine wichtige Anforderung.
- im Sinne des SID und für eine höhere Akzeptanz seitens der Nutzer, möglichst wenig eigenen Energieverbrauch vorweisen.
- einen verantwortungsbewussten Umgang mit persönlichen Daten pflegen. Energieverbrauchsdaten sind sensible Daten, deren Übertragung und Speicherung hohen Anforderungen im Hinblick auf Datensicherheit und Transparenz der Nutzung und Weiterverarbeitung genügen müssen.

Die Aufgabe des anschließenden Abschnittes besteht darin, offen zu legen und zu argumentieren, wie den technologischen Anforderungen, sowie den Ansprüchen von Seiten der Ethnomethoden der Anwender entsprochen wurde und der Prototyp auf die in Praxis gemachten Erfahrungen hin angepasst wurde.

4.2 Technologische Infrastruktur

In diesem Abschnitt wird erläutert, wie die zuvor aufgestellten Anforderungen an einen Prototyp in die Konzeption eingeflossen sind. Dazu wird zunächst ein Überblick über das Arrangement der Hardware sowie das softwareseitige Zusammenspiel gegeben. Im Anschluss wird auf Organisation und Eigenschaften der einzelnen Komponenten und Kommunikationspfade eingegangen.

Überblick

Der Markt für Energiemessgeräte ist bereits gut entwickelt (BMU Schweiz 2009), so dass es eine große Breite an Lösungen zur Erfassung des privaten Energiekonsums gibt. Für die Untersuchungsziele kann daher auf das bestehende Hardware-Angebot zurückgegriffen werden. Sowohl die Wahl der Hardware, als auch dessen Anordnung in der Wohnumgebung der jeweiligen Haushalte zu einem Netzwerk werden in diesem Abschnitt erläutert. Nach einer einführenden Übersicht werden die einzelnen Komponenten und Kommunikationspfade (a-h) detailliert beschrieben.

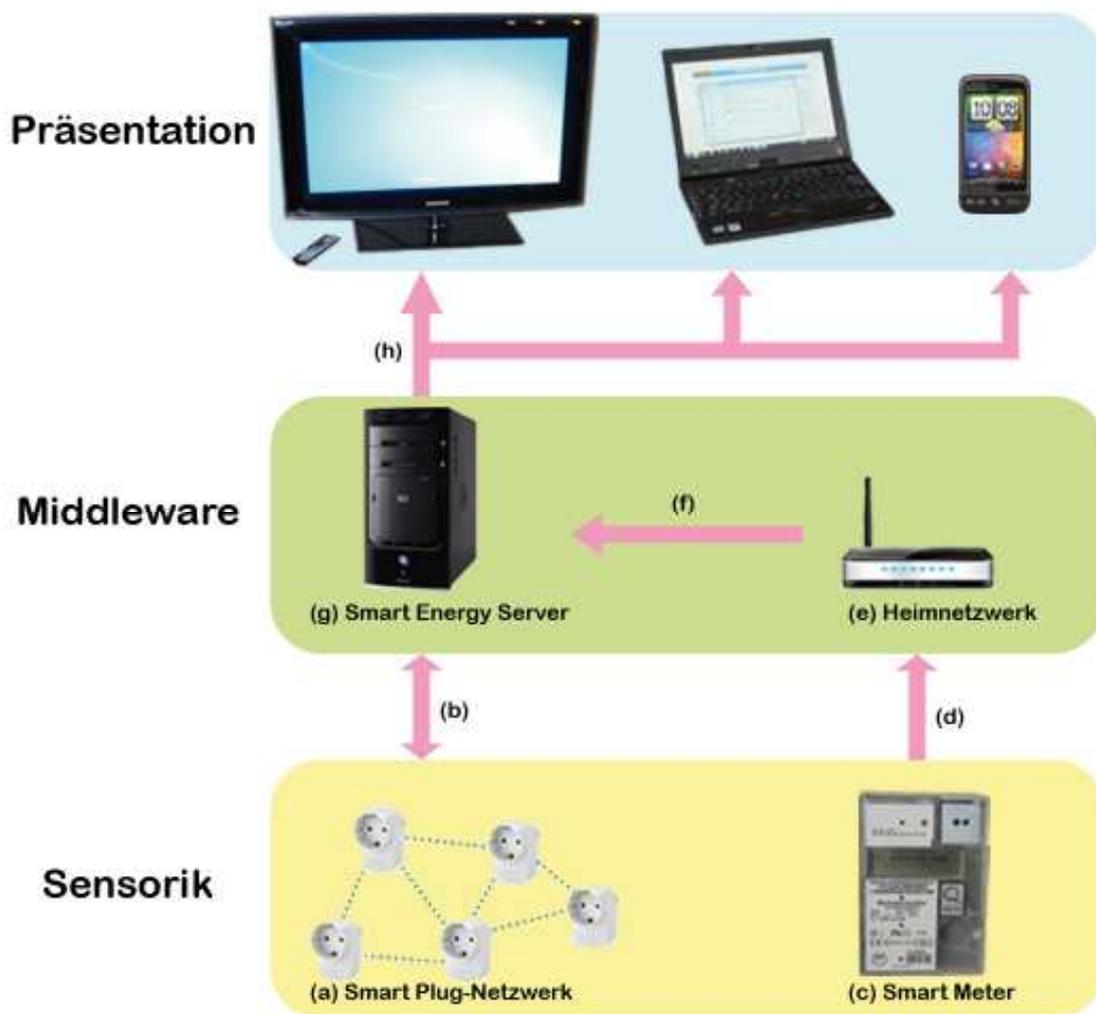


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der technologischen Infrastruktur

Die Hardware zur Messung des Energieverbrauchs ist in zwei Komponenten geteilt. Die Messung einzelner Geräte wird über ein ad-hoc Netzwerk von Steckmodulen (Smart Plugs) (a) gewährleistet, die ihre Informationen von einem Media Center PC in der Rolle eines Smart Energy Servers abgerufen werden können (g). Für die digitale Verarbeitung des Gesamtenergieverbrauchs eines Haushaltes wurde die Installation von intelligenten Stromzählern, sogenannten Smart Metern (c), beim jeweiligen Energieversorger beantragt und vollzogen. Die ausgegebenen Daten werden in das Heimnetzwerk (e)

eingespeist und dann an im Smart Energy Server (g) gespeichert. Dieser stellt Möglichkeiten der Visualisierung für unterschiedliche Endgeräte bereit (h).

Detailbeschreibung der Einzelkomponenten

Mit Bezug auf Abbildung 1 werden in diesem Abschnitt die Eigenschaften der eingesetzten und entwickelten Hard- und Software-Komponenten erklärt, um die aufgebaute technologische Infrastruktur und ihre Funktionsweise näher zu bringen.

(a) Smart Plug-Netzwerk: Die feingranulare Abbildung von Energiekonsum hat sich in der Vorstudie, und in der Literatur als eine wichtige Stütze für die Erklärungsbemühungen der Anwender erwiesen. Für die Aufnahme des Verbrauchs auf der Ebene einzelner Steckdosen werden Module genutzt, die dem jeweiligen Verbraucher vorgeschaltet werden (Abbildung 2). Sie sind in einem ad-hoc Netzwerk verbunden, indem die Kommunikation über das ZigBee-Protokoll erfolgt. Dieser Standard bietet drei Vorteile für eine Anwendung in privaten Haushalten. Einerseits verbraucht das Netzwerk sehr wenig Eigenstrom. Zweitens können die Steckplätze der Messgeräte nach einer ersten Setup-Phase des Netzwerkes, beliebig gewechselt werden, ohne dass eine erneute Konfiguration nötig wäre. Dies erlaubt eine hohe Flexibilität in der Überwachung verschiedener Verbraucher. Drittens arbeitet ZigBee als Mesh-Netzwerk, in dem jeder Knoten ein Sender und Empfänger zugleich ist (Abbildung 2). Durch diesen Aufbau werden höhere Reichweiten in häuslichen Umgebungen ermöglicht. Die Verbindung zum Computer wird durch einen in das Netzwerk eingebundenen USB-Stick hergestellt. Dieser Stick kommuniziert ausschließlich mit einem zentralen Steckmodul, das wiederum die Anfragen und Informationen an die übrigen Knoten des Netzwerkes weiterleitet bzw. von ihnen entgegen nimmt. Die Module können den aktuellen Energieverbrauch des angeschlossenen Gerätes in Echtzeit wiedergeben. Außerdem speichern sie im Stundentakt die historischen Verbrauchsdaten des Gerätes auf, die sie in ihrem lokalen Speicher über ein Jahr lang vorhalten können. Zudem können die Stecker die Stromzufuhr zu einem Gerät ein- und ausschalten. Für eine ausführliche Beschreibung der Datenübertragung zwischen Netzwerk und Computer siehe Punkt (b).

(b) Smart Plug-Service: Das Netzwerk der einzelnen Smart Plugs tauscht untereinander Daten über das ZigBee-Protokoll aus, wenn Anfragen von einer Steuerungssoftware geschickt werden. Der Kommunikationsfluss verläuft stets von der Software ausgehend an den USB-Stick, über das zentrale Kommunikationsmodul (KM) zu einem der übrigen Netzwerkmodule (NM) und zurück. Abgesehen von den Aufgaben zur Sammlung der Energieverbrauchsdaten befinden sich die Netzwerk-Knoten in einem stromsparenden Ruhemodus, wenn keine Anfragen gesendet werden. Die interne Logik

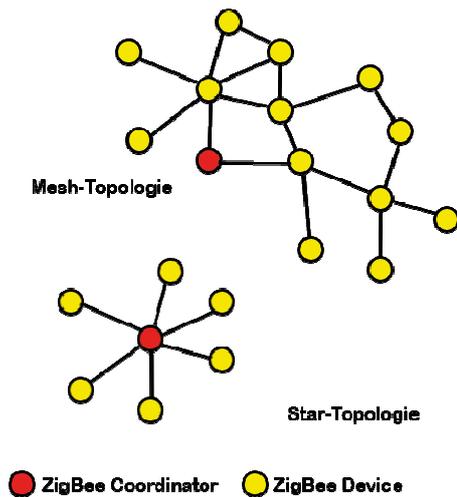


Abbildung 2: Schematische Netzwerk-Topologie im Vergleich (links) und ein Smart Plug im Haushalt (rechts)

des ZigBee-Netzwerkes konnte in der Entwicklungsarbeit in seinem Auslieferungszustand belassen werden. Stattdessen mussten einerseits die Steuerungsanweisungen für das Netzwerk geschrieben sowie dessen Antworten korrekt interpretiert und verarbeitet werden. Der USB-Stick besitzt einen integrierten FTDI-Chip, der über einen virtuellen COM-Port Daten sendet und empfängt. Diese serielle Schnittstelle kommuniziert mit Nachrichtenpaketen in Form von Byte-Code, die mit der Adresse eines Moduls, einem Befehls-Identifizierer und nachrichtenspezifischen Informationen versehen sind. Da diese Nachrichten mit Hilfe eines Serial Port Sniffers ausgelesen werden können, war ich in der Lage Aufbau und Bedeutung der Pakete zu rekonstruieren (siehe beispielhaft Anhang A:).⁵

Für die zu implementierende Steuerung der Smart Plugs stehen neun Befehle zur Verfügung, deren Nutzen und Aufbau kurz erläutert werden sollen.

- **Initialisierung des Netzwerkes:** Zur Aufnahme der Kommunikation muss der Stick zu Beginn einen Art Handshake mit dem Hauptknoten durchführen.
- **Echtzeit-Verbrauch:** Gibt die aktuell an einem Modul anliegende Wirkleistung in Form von Pulsen in einer Sekunde und Pulsen in den letzten acht Sekunden wieder, die jeweils in Watt umgerechnet werden können. Für eine genauere Berechnung können die Werte der Kalibrierung herangezogen werden.
- **Historischer Verbrauch:** Der Verbrauch an einem Modul in der Vergangenheit wird in Kilowattstunden gemessen. Über den Zeitraum einer Stunde wird die konsumierte Wirkleistung gemessen, anschließend gespeichert und einer Log-

⁵ Im Internet finden sich viele Bemühungen der OpenSource-Community, auf die in der Arbeit teilweise zurückgegriffen werden konnte. Besonders hervorzuheben sei an dieser Stelle <http://www.maartendamen.com/category/plugwise-unleashed/> (Zuletzt abgerufen: 12.02.2012)

Adresse zugewiesen, so dass sie in dem internen Speicher eindeutig adressiert werden kann. Ein Speichereintrag mit einer Log-Adresse umfasst vier Einträge von aufeinander folgenden Stunden. Jeder Eintrag speichert den Verbrauch in Kilowattstunden und das stundengenaue Datum des Konsums. Das Modul speichert außerdem einen Zeiger, der auf den neuesten schon abgerufenen Log-Eintrag zeigt, damit nicht bei jedem Abruf die gesamten Daten ausgelesen werden müssen.

- **Status:** Dieser Nachrichtentyp liefert Auskünfte über den aktuellen Zustand des jeweiligen Moduls. Dies beinhaltet die interne Uhr des Moduls in Jahr, Monat und aktueller Anzahl der Minuten, den An/Aus-Status, die Hardware-Version und die Firmware-Version. Darüber hinaus gibt die Status-Nachricht Auskunft darüber, an welcher Speicher-Adresse die neueste schon abgelesene Information über den historischen Konsum in Kilowattstunden vorliegt.
- **Kalibrierung:** Die Kalibrierung dient der korrekten Interpretation der Daten zum Echtzeit-Verbrauch. Sie liefert modulspezifische Informationen, die in die Berechnung der genauen Watt-Angaben zum Konsum eines Gerätes einfließen.
- **An:** Schaltet ein Modul an, so dass ein dahinter angebrachtes elektrisches Gerät Strom erhalten kann.
- **Aus:** Schaltet ein Modul aus, so dass ein dahinter angebrachtes elektrisches Gerät keinen Strom erhalten kann.
- **Zeitsetzung:** Setzt die interne Uhr für das Netzwerk der Knoten auf dem KM, der wiederum intern dafür sorgt, dass diese Uhrzeit von den NM übernommen wird. Diese Funktionalität ist wichtig für die Genauigkeit der übermittelten aktuellen und historischen Verbräuche.
- **Zeitanfrage:** Fragt die interne Uhr des KM ab, der die Uhrzeit für alle NM verwaltet, so dass auf Abweichungen von der tatsächlichen Uhrzeit überprüft werden kann.

Diese Befehle werden im Windows-Service entsprechend seriell arrangiert. Dadurch wird verhindert, dass sich Befehlsschlangen bilden und der Serial Port überlastet wird. Insgesamt stellen sich bei der Umsetzung der Befehle vier Hauptaufgaben, um die Übermittlung der Energieverbrauchsdaten zu implementieren.

(1) Die Echtzeit-Daten müssen in kurzen Intervallen bereitgestellt werden.

(2) Die historischen Verbräuche müssen möglichst zeitnah nach der Vollendung einer Stundenmessung dem System zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stehen.

(3) Die Geräte sollen an- und ausgeschaltet werden können, ohne die übrige Funktionalität zu beeinflussen.

(4) Es muss sichergestellt sein, dass die Zeit, die in den Modulen gespeichert ist, korrekt ist.

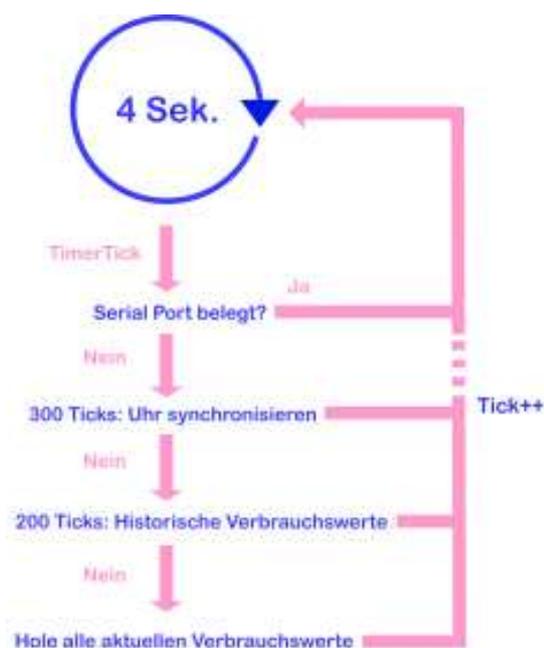


Abbildung 3: Ablauflogik des Zeitgebers für den Smart Plug-Service (b)

Aus diesen Gründen habe ich mich dafür entschieden, die Einholung der Live-Werte und der historischen Verbrauchsdaten

periodisch über einen Zeitgeber zu steuern. Dieser löst alle vier Sekunden ein Ereignis aus, in dem anhand von Zählern kontrolliert wird, welche Anfrage ausgelöst werden soll. Die Intervalle sind flexibel anpassbar, um in der individuellen Anwendungsumgebung je nach Leistungsfähigkeit des Netzwerkes eine höhere oder niedrigere Taktung ansetzen zu können. Live-Werte werden im Idealfall ungefähr alle vier Sekunden abgefragt und historische Wirkleistungs-Daten viermal in der Stunde abgeholt. Die Zeit auf den Modulen wird alle 20 Minuten neu synchronisiert (Abbildung 3). Wenn eine Steuerungsanforderung für das An- oder Ausschalten der Stromzufuhr eines Moduls gesendet wird, wartet diese, bis aktuell laufende Befehlsreihen abgeschlossen sind und führt danach aus. Notwendige Bedingung zur Steuerung und Aufzeichnung der Daten ist jedoch, dass der Smart Energy Server eingeschaltet ist, weil nur dann der Windows-Service aktiv ist.

(c) Smart Meter: Zur Messung des gesamten Energiekonsums des teilnehmenden Haushaltes sollen moderne sogenannte „intelligente Stromzähler“ verbaut werden. Ein Smart Meter ist ein Messgerät für den Stromverbrauch, der die aktuell anliegende Wirkarbeit und den Energieverbrauch anzeigt und ist eng an technologische Standards gebunden, die vom Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) in den Lastenheften "Elektronische Haushaltszähler" (eHZ, 3.HZ, EDL)⁶ festgelegt sind. Neben einer digitalen Anzeige verfügt ein solcher „intelligenter Zähler“ auch über eine optische Datenschnittstelle. Diese unidirektionale Infrarot-

⁶ <http://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/messwesen/seiten/zaehler.aspx> (Zuletzt abgerufen: 11.02.2012)

Kommunikationsschnittstelle dient neben der Prüfung des Zählers auch der permanenten Datenausgabe im Abstand von ca. zwei Sekunden. Dabei können Hersteller-Identifikation, Eigentumsnummer, Geräteeinzelidentifikation, Zählerstand, Statusinformation, Fabriknummer und aktuelle Wirkleistung anhand von OBIS-Kennzahlen identifiziert und ausgelesen werden. Als Protokoll kommt SML in der Variante „Push“ zum Einsatz, das heißt, dass die Nachrichten ohne Nachfrage stetig und periodisch ausgesendet und daher auch digital weiter verarbeitet werden können. Die optische Schnittstelle muss ausgelesen und das Signal an den verarbeitenden Computer weitergeleitet werden.

(d) Hardware zur Bereitstellung der Smart Meter-Daten im Netzwerk:

Abbildung 4 zeigt die Hardware-Verbindungen von der optischen Schnittstelle bis zur Einspeisung in den häuslichen Stromkreislauf mit Powerline Communication (PLC). Die optische Schnittstelle des Smart Meters kann mit einem Optokopf (1) ausgelesen werden. Dieser verarbeitet das Infrarot-Signal und sendet die Informationen an ein Ethernet-Gateway (2), um die Einspeisung in das lokale Netzwerk (3)

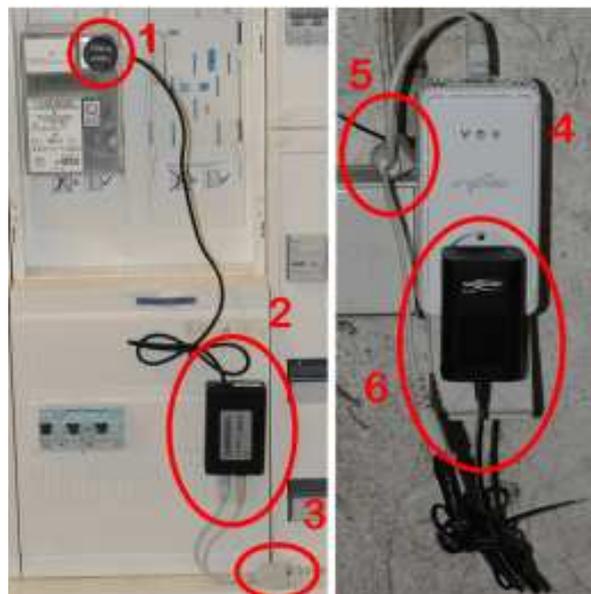


Abbildung 4: Optokopf, Ethernet-Gateway, DLAN-Gerät und Stromversorgung für das Gateway

zu ermöglichen. Da Stromzähler im Normalfall im Keller oder in anderen eher abgelegenen Räumen angebracht sind, muss darüber hinaus eine Datenverbindung zwischen dem Gateway und dem Netzwerk-Router geschaffen werden, weil die anfallenden Daten oft nicht mit Hilfe von Drahtlosnetzwerken an den Computer übermittelt werden können.

An dieser Stelle habe ich mich für eine Übertragung der Daten über den Stromkreislauf entschieden, damit keine weiteren Kabel verlegt werden müssen. Powerline Communication (PLC) bietet gute Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der Datenübertragung. Sie nutzt die Eigenschaft der Niederstromnetze, in drei Phasen zu arbeiten, und kommuniziert zwischen den Phasen im Hochfrequenzbereich. Die eingesetzten Geräte (4) erwarten einen RJ45-Netzwerk-Anschluss, dessen Signal sie je nach Richtung der Kommunikation modulieren, und über die Stromleitung schicken, oder demodulieren und ausgeben. Die Energiezufuhr erhält das Gateway per Power over Ethernet (PoE), indem auf das 8-adrige Ethernet-Kabel eine Stromzufuhr aufgeschaltet wird (5). Für das Gateway werden fünf Volt benötigt, die aus der Steckdose am PLC-Adapter (6) entnommen werden können. Dank des Ethernet-

Gateways kann das optische Signal als SML-Paket über den Router ins heimische Netzwerk eingespeist werden.

(e) Heimnetzwerk: Alle gängigen Router-Modelle, die im Zusammenhang mit einem privaten Telefon- und Internetanschluss benutzt werden, sind für die Anforderungen des Energiemonitors geeignet. Über die Router-Software kann der MAC-Adresse des Gateways eine statische IP zugewiesen werden, so dass die Informationen stets unter einer festen Adresse abrufbar sind und der Smart Meter-Service (f) eine Datenverarbeitung vornehmen kann.

(f) Smart Meter-Service: Der Dienst ist ein in C# implementierter Hintergrunddienst für Windows. Er greift die im Heimnetzwerk (e) bereitgestellten, über die Netzwerkverbindung (d) ankommenden Datenpakete ab. Dazu werden die statische IP des Gateways und die Spezifikationen des eHz Lastenheftes über das Datenprotokoll (Baud-Rate von 9600, Zeichen-Kodierung in Format 8-N-1) genutzt. Der Dienst implementiert einen Stream-Reader, der die definierte Adresse im Heimnetzwerk abhört. Liest der Dienst ankommende Daten, werden diese entsprechend der im eHz-Lastenheft definierten Object Identification System (OBIS)-Kennzahlen jeweils entweder der Hersteller-Identifikation, Eigentumsnummer, Geräteeinzelidentifikation, Zählerstand, Statusinformation, Fabriknummer oder der aktuellen Wirkleistung zugeschrieben. Die Byte-Informationen werden dekodiert und auf dem Smart Energy Server in einer Datenbank gespeichert (g).

(g) Smart Energy Server: Abbildung 5 zeigt ein Arrangement von Smart Energy Server (7), Smart Plug-Stick (8) und TV (9) in einem Living Lab. Der als Smart Energy Server fungierende Media-Center PC soll in der ersten Erprobungsphase ein stabiles Testbett liefern, so dass die Haushalte im Hinblick auf relevante Hardware- und Software-Aspekte gleich ausgestattet sind. Es werden selbst entwickelte Software-Module installiert, die sowohl die Verarbeitung ankommender Messdaten über das Netzwerk beziehungsweise den USB-Stick (8) erledigen, als auch bei Anfrage die entsprechende Datenbank auslesen und die Visualisierung am Endgerät leisten. Neben einer Darstellung auf dem Fernseher (9) ist die Erweiterbarkeit auf mobile Endgeräte wie Laptops, Smartphones und Tablets denkbar.



Abbildung 5: Smart Energy Server mit eingestecktem USB-Stick am TV angeschlossen

Die Schnittstellen der beiden Hardware-Komponenten (a) und (c) wurden zur Flexibilisierung der Daten-Verarbeitung neu programmiert und als Windows-Services (b) und (f) realisiert. Als Programmierschnittstelle zwischen dem Frontend (h) und der Datenhaltungsschicht auf dem Smart Energy Server habe ich mich für einen Webservice entschieden, der auf dem windowseigenen lokalen Webserver IIS läuft. Mit den eingegebenen Variablen wird eine SQL-Abfrage erstellt und die Datenbank kontaktiert. Die erhaltene Antwort wird in einen JavaScript Object Notation (JSON-String) überführt, der von der JAVA-Bibliothek im Frontend weiterverwendet werden kann. Da die Methoden des Webservices flexibel gehalten wurden und über eine Erläuterung verfügen, kann diese API unkompliziert für weitere Entwicklungen im Frontend-Bereich genutzt werden.

Für die Datenhaltung auf dem Smart Energy Server haben wurde eine relationale MySQL-Datenbank eingerichtet. Sie stellt gewissermaßen das Herzstück der Technologie dar, da ihr die Aufgabe zukommen wird, für die von den Haushalten genutzten Ethnomethoden möglichst flexible und weitreichende Anschlussmöglichkeiten zu modellieren. Die Datenbank nutzt elf Tabellen zur Aufnahme der Informationen (Abbildung 6). Das erweiterte Entity-Relationship-Diagramm (Anhang B:) zeigt die Beziehungen zwischen den Tabellen. Die Tabelle *electricity_rate* speichert allgemeine Informationen über den Stromvertrag des Haushaltes. Dazu gehören beispielsweise der Preis pro Kilowattstunde und der bezogene Energiemix. In *smart_meter_values* werden die Daten des intelligenten Stromzählers gespeichert. Dazu gehören aktueller Zählerstand und Verbrauch in Watt, sowie Kennzahlen wie Firmware und Identifikationsnummer.

Die übrigen neun Tabellen organisieren die Datensammlung für die Verbräuche auf Geräte-Ebene. Zunächst werden in der Tabelle *module* alle für die Identifikation notwendigen Informationen der jeweiligen Stecker gespeichert. Diese müssen ausgelesen werden, wann immer eine Anfrage an eine Komponente geschickt werden soll, und wenn eine ankommende Nachricht zugeordnet werden soll. Außerdem werden hier Firmware und Ein/Aus-Zustand des Steckers vorgehalten.

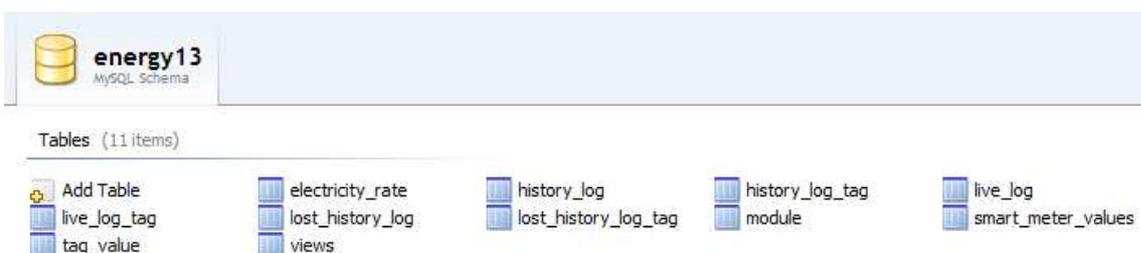


Abbildung 6: Auflistung der Tabellen in der Datenbank

Besondere Bedeutung erhält die Datenbank durch ihre Fähigkeit, eine semantische Bedeutungszuschreibung zu jedem einzelnen Stecker zu ermöglichen. Dazu dienen

primär die Tabellen *tag_value* und *views*. Während Letztere die Sichten der Haushalte auf ihren Konsum abbilden soll, stellt ein Eintrag in *tag_value* eine spezifische Ausprägung dieser Perspektive dar. Damit wird versucht, die Existenz von Ethnomethoden zur Sinnzuschreibung für Energiekonsum aufzugreifen und in einem Datenbankschema zu adressieren. Beispielsweise lautet eine Sicht ‚Geräte‘, während eine konkrete Entität dieser Kategorie der Tabelle *tag_value* ‚Toaster‘ heißen könnte. Auf diese Weise wird die Zuordnung des Energiekonsums zu jeweils erwünschten Merkmalen ermöglicht. Weitere *views* sind abhängig von den Wünschen der Haushalte, jedoch werden die Anforderungen aus Kapitel 4.1 ernst genommen, weshalb zunächst die folgenden Sichten implementiert wurden: Geräte, Aktivitäten, Räume und Personen. Diese Kategorien wurden im Verlauf der Forschung auf Basis gewonnener Eindrücke angepasst. Für den entwickelten Prototyp wurde eine Möglichkeit zur Modifikation darauf beschränkt, die Eintragung der Werte manuell über die direkte Manipulation der Datenbank abzuwickeln.

	id	module_id	view_id ▲	tag_value
▶	9	3	1	MultiMedia
	10	32	1	PC
	11	33	1	Schreibtischlampe
	12	34	1	Verena PC
	13	35	1	Telefonie
	14	36	1	Kuechengeraeete
	15	37	1	Kuehlschrank
	16	38	1	Wohnzimmergeraete
	17	32	2	Abends arbeiten
	18	33	2	Abends arbeiten
	19	3	2	Abends Film schauen
	20	32	2	Abends Film schauen
	22	35	2	Abends Film schauen
	1	3	4	Wohnzimmer
	2	32	4	Wohnzimmer
	3	33	4	Wohnzimmer
	4	34	4	Schlafzimmer
	5	35	4	Wohnzimmer
	6	36	4	Kueche
	7	37	4	Kueche
	8	38	4	Wohnzimmer

	id	view_name	tag_is_unique
▶	1	appliance	1
	2	activity	0
	3	person	0
	4	room	1

Abbildung 7: Beispielhaft gefüllte Tabellen *tag_value* (li.) und *views* (re.)

Die auf diese Weise gespeicherten Bedeutungszuschreibungen werden jeweils mit den Verbrauchsdaten abgespeichert. Für die Speicherung der Werte des aktuellen Konsums dienen *live_log_value* und *live_log_tag_value*, während *history_log_value* und *history_log_tag_value*, stündlich die Verbräuche in Kilowattstunden aufzeichnen. Schließlich wurden *lost_history_log* und *lost_history_log_tag* dazu verwandt, Daten von

Steckern zu speichern, für die auf Anfrage an den USB-Stick keine Antwort zurückgekommen ist. So können die in den Steckern gespeicherten Verbrauchsdaten zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen werden.

(h) Visualisierung für Endgeräte: Die Benutzeroberfläche besteht aus einer lokalen Webseite, die über den in Windows integrierten Internet Information Services (IIS) abgerufen und auch im Netzwerk verfügbar gemacht werden kann. Sie basiert auf HTML und mehreren freien JAVASCRIPT (JS) -Bibliotheken⁷. Bei Aufruf der Seiten werden entsprechende Methoden des Webservices auf (g) kontaktiert und die JSON-Antworten innerhalb der JS-Verarbeitungslogik für eine grafische Darstellung aufbereitet.

Neben dem Abrufen von Informationen über den aktuellen und vergangenen Verbrauch werden allgemeine Informationen über den Stromvertrag, der aktuelle Stromzählerstand und eine Oberfläche zum Ein- und Ausschalten aller Geräte-Stecker gegeben. Dank der Sammlung der historischen Verbrauchsdaten ist auch eine Navigation zu jedem beliebigen Zeitpunkt seit Installation der Geräte-Messung möglich. Im folgenden Kapitel wird näher auf die Interaktions-Konzepte sowie die Struktur der Webseite eingegangen.

4.3 Interaktions-Konzept

Das HEMS richtet sich in seinem Anliegen, individuell anpassbare Informationen über eigenen Energiekonsum bereitzustellen, an alle Nutzer von energierelevanten Diensten. In diesem Sinne ist es notwendig, auch technisch wenig versierte Gruppen, wie zum Beispiel ältere Menschen, als Anwender zu berücksichtigen. Dies birgt Implikationen für ein entsprechendes Interaktionskonzept des Systems. Um möglichst geringes anwendungsspezifisches Wissen zu erfordern, wurde daher angestrebt, die Anwender auf bekannter Software mit Hilfe etablierter Steuerungsmechanismen agieren zu lassen. Zusätzlich wurde eine minimalistische Benutzeroberfläche gewählt, um auch Anfänger nicht von einem überladenen Interface abzuschrecken.

Das Interaktionskonzept der Webseite orientiert sich daher stark an klassischen Webseiten mit geringer Hierarchie. Sämtliche Einstellungen können per einfachem Mausklick vorgenommen werden. Wahlweise sind auch Tastatureingaben möglich. Auf der visuellen Ebene wurde eine Einteilung in drei Bereiche vorgenommen, so dass eine klare Abgrenzung von statischen und interaktiven Inhalten sowie eine einfache Orientierung möglich sind: Navigation, Optionsmenü und Inhalt (Abbildung 8). Die obige, horizontale Navigationsleiste dient dem Anwender zum Aufrufen der unterschiedlichen Feedback-Angebote im Inhaltsbereich. Der untere Webseitenteil ist

⁷ Die Bibliotheken sind: In einem ersten Prototyp wurde Highcharts in Version 2.x genutzt. In einer Reaktion auf Usability-Probleme einiger Haushalte wurde auf Highstock 1.0.2 gewechselt. Näheres dazu in Kapitel 5. Sie können unter <http://www.highcharts.com/> (zuletzt abgerufen: 28.01.2012) kostenfrei bezogen werden.

vertikal unterteilt in einen kleinen Bereich auf der rechten Seite, in dem inhaltspezifische Einstellungen vorgenommen werden können und einen großen Teil, auf dem der Inhalt selbst dargestellt wird.

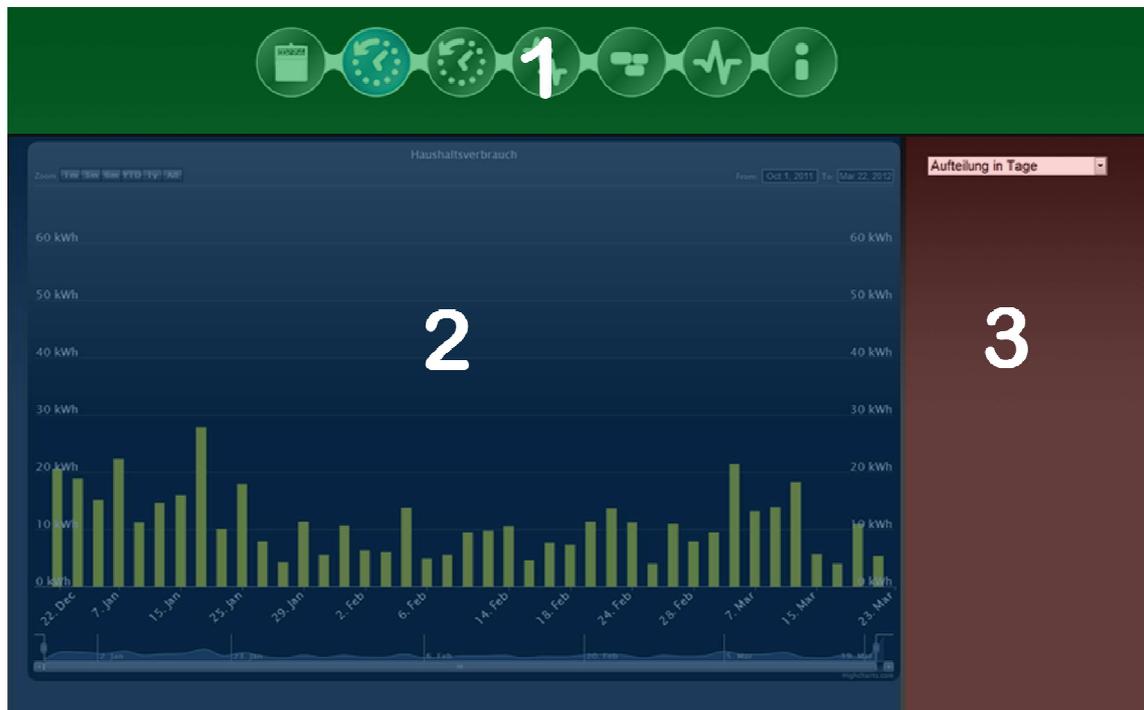


Abbildung 8: Aufteilung der lokalen Webseite in die Bereiche Navigation, Optionsmenü und Inhalt

Die Interaktion mit dem Energiemonitor findet auf drei Ebenen statt. Auf einer globalen Ebene werden nach einem Klick auf einen der Buttons der Navigation, verschiedene Inhalte in den beiden unteren Fenstern geladen. Je nach Seitenauswahl wird im Inhaltsbereich ein standardmäßig vorformatierter Graph angezeigt. Gegebenenfalls wird zusätzlich auch ein Optionsmenü angezeigt, um weiteren Einfluss auf die Darstellung ausüben zu können. In diesem Bereich ist es möglich, Einstellungen vorzunehmen, um den Inhalt (2) weiter zu beeinflussen und weiter an die persönlichen Informationsbedürfnisse anzupassen. Im Inhaltsfenster werden die Informationen entsprechend der Vorauswahl in den beiden Navigationsfenstern angepasst. In diesem dritten Bereich können nun Detail-Einstellungen vorgenommen werden, die die Lesbarkeit der Graphen beeinflussen. So kann die Ansicht beispielsweise auf frei wählbare zeitliche Abschnitte des Graphen reduziert werden, oder zur Fokussierung auf bestimmte Aspekte Teile der Visualisierung ausgeblendet werden.

5 Adressierung der Praxis durch den Energiemonitor

In den beiden vorangegangenen Kapiteln wurde beschrieben, wie versucht wurde, dem Phänomen der Energiepraktiken mit einem Gestaltungsauftrag für Technologie gerecht zu werden. Dazu habe ich mich zunächst für einen methodologischen Überbau des Grounded Design entschieden, um eine partizipative und evolutionäre Entwicklungsarbeit an den im Verborgenen wirkenden Praktiken mittels Breachings durch Technologie zu ermöglichen. Anschließend wurde die Vorstudie von Stevens und Schwartz herangezogen, um die bereits gewonnenen Eindrücke über bestehende Praxis im Bereich des privaten Energiemanagements darzulegen. Aus diesem Verständnis wurde der erste Prototyp konzipiert, der in zwei Phasen in die Haushalte ausgebracht wurde.

In diesem Kapitel werden die Erfahrungen beschrieben, die bei der Beobachtung der Anwender in ihrer Interaktion mit der neuen Technologie gemacht wurden. Ziel ist es, das Zusammenspiel von Praxis und Technologie zu dokumentieren und damit die Entwicklung des Verständnisses von der Anwendungsdomäne seitens der Forscher zu schildern. Dazu soll dargestellt werden, inwiefern die Teilnehmer die Angebote annehmen und die in der Vorstudie erkannten Phänomene zur Erklärung von Energiekonsum anwenden, oder neue Methoden und Hilfsmittel in Stellung bringen. Zu diesem Zweck wird anhand ausgewählter Interviewstellen die Wirksamkeit der verschiedenen Datenrepräsentationen diskutiert und die jeweiligen Aussagen auf die abstrakten Leitlinien und Ethnomethoden zur Erklärung des privaten Energiekonsums zurückgespiegelt. Da diese Kategorien im Sinne einer praxeologischen Betrachtung dem kritischen Bewusstsein des Anwenders weitgehend entzogen sind, müssen sie in, oder nahe an, der praktischen Anwendung beobachtet werden. Im Folgenden sollen deshalb zwei Fragen beantwortet werden:

- (1) Welche Hilfsmittel der Visualisierung wurden von den Haushalten herangezogen, um ihre individuellen Ethnomethoden anzuwenden?
- (2) Welche abstrakten Vorstellungen von Energiekonsum werden durch diese Visualisierung bedient?

Dazu soll an ausgewählten Interviewstellen exemplarisch dargelegt werden, wie Einblick in den Gestaltungsraum erlangt wurde. Zudem wird erläutert, wie ich das bereitgestellte Feedback-Tool durch die im Prozess gewonnenen Erfahrungen verändert und angepasst wurde.

Zunächst werden die ersten Eindrücke des Auftaktinterviews geschildert, das eine Orientierung im Forschungsfeld ermöglichte und die Befunde aus Literatur und Vorstudie weiter explorieren sollte. Anschließend werden die Reaktionen auf einzelne Datenrepräsentationen erläutert und beschrieben, welche Unterstützungsleistung die

Haushalte aus den einzelnen Visualisierungen herausziehen konnten und wozu sie diese einsetzen.

5.1 Auftaktinterview: Bestärkung des Problembefundes

Zu Beginn der forscherschen Unternehmung war unklar, wie die aus der Vorstudie hervorgehenden Versuche, Energiekonsum zu erklären, durch IKT adressiert werden könnten. Zunächst sollte deshalb Kenntnis darüber erlangt werden, wie die Haushalte generell mit einer ihnen unbekanntem Technologie zur Erklärung ihres Energieverbrauches interagieren, wie sie angenommen wird und welche Wünsche und Ideen sie damit verknüpfen. Es wurden sondierende Gespräche geführt, um einen kommunikativen Zugang zu den Teilnehmern zu bekommen und ihre Vorstellungen von Energiekonsum zu explorieren. Das Auftaktinterview erlaubte es, einen ersten Eindruck im Hinblick auf den Umgang der Haushalte mit Energieverbrauch in der Praxis zu gewinnen. In diesen Gesprächen wurden die individuellen Vorprägungen und Einstellungen zum Thema Energie ausgelotet. Es sollte damit erste Vorstellungen entwickelt werden, inwiefern Energiekonsum im Alltag der Haushalte ein Thema ist und welches Wissen sie über Energie und ihren eigenen Verbrauch besitzen. Hier wurde deutlich, dass Defizite in der Fähigkeit der Haushalte, ihrem Energiekonsum Bedeutung zuzuweisen, bestehen. Wie bei Jonas (39, verheiratet, IT-Techniker) war Wissen über Energie allgemein nur sehr eingeschränkt vorhanden. Oft konnten darüber hinaus zudem keine behelfsmäßigen Assoziationen zu Strom hergestellt werden.

Interviewer: *„Was ist denn elektrischer Strom für dich?“*

Jonas: *„Was ist das für mich? Das ist ein Wunder!“[...] „Umwandlung von Wärme in Energie oder? Mir fällt jetzt gerade die Formel nicht ein. In Elektrotechnik war ich auch nicht gut. Keine Ahnung. Ich weiß nicht, wie ich das erklären soll. Ich hab ja so nichts technisch damit zu tun...“*

Keiner der Haushalte sagte von sich aus, ein klares Verständnis von Strom zu haben. Einige verbanden mit Strom physikalische Mess-Einheiten wie Volt, Ampere und Ohm, meist ohne genauer benennen zu können, wofür diese stehen. Konkrete Wünsche und Ideen, wie eine IKT-Infrastruktur Anschlussmöglichkeiten für eigene Erklärungsversuche leisten könnte, konnten meist aufgrund mangelnder Erfahrung im Umgang mit Energie und der zu hohen Abstraktionsleistung nicht vorgebracht werden, auch wenn individuelle Vorstellungen von Energiekonsum Ziele zur Reduktion deutlich wurden, wie bei Karola:

Karola: „Das Problem ist: Man weiß nie so richtig was die Geräte verbrauchen, wenn sie zum Beispiel im Standby sind. Wenn sie einfach nur dastehen, ist einem so gar nicht bewusst, was zum Beispiel so ein Wake-up-light, das ich ja nur morgens brauche, noch verbraucht. [...] Wenn man das wüsste und es wäre einem bewusster, dann kann man mit Sicherheit auch handeln. Aber solange man nicht die Möglichkeit hat, das zu sehen, dann ist es schwierig, zu handeln.“

Interviewer: „Was würdest du dir da dann wünschen, oder vorstellen?“

Karola: „Ich finde es einfach persönlich interessant, zu sehen, was einzelne Geräte [...] für einen Stromverbrauch haben. Zum Beispiel [...] der Kühlschrank, der ist relativ alt. Ich hab den gebraucht für wenig Geld gekauft und ich glaube, der verbraucht relativ viel. Wenn ich jetzt nämlich auf den neuen Stromzähler schaue, der jetzt seit vier Wochen eingebaut ist, zeigt der einen relativ hohen Stromverbrauch. Wenn ich das vergleiche mit den anderen Haushalten, dann fragt man sich: Welche Geräte sind das? Und wahrscheinlich sind es die Geräte, die die ganze Zeit am Netz sind.“

Die Teilnehmer waren sehr interessiert an Lösungen, ihren Konsum zu reduzieren und hatten teilweise konkrete Ziele und ein Erkenntnisinteresse bezüglich des Konsums bestimmter Geräte oder Tätigkeiten. Wie die Interviewsequenz außerdem exemplarisch zeigt, versprechen sich die Teilnehmer von einem HEMS außerdem eine erhöhte Awareness und Kontrolle über ihren Energiekonsum. Karola äußert zudem zum ersten Mal die Idee, eine Unterscheidung zwischen *background services*, die „die ganze Zeit am Netz sind“ und *embodied services* auch in einer Visualisierung zu ermöglichen. Insgesamt verfügten die Teilnehmer jedoch nur über vage Vorstellungen von einer möglichen Unterstützungsleistung, die außerdem zumeist vom gemeinsamen Auftakt-Event her geprägt war. An dieser Stelle zeigte sich die Verborgenheit der Ethnomethoden vor dem Bewusstsein des Anwenders selbst. Es erschien daher vielversprechend, die Teilnehmer mit einem Prototypen in konkrete Anwendungssituationen zu bringen, um einen Gewöhnungs- und Lernprozess anzustoßen.

Bestehende Bemühungen, Energie zu sparen, wie sie einige Haushalte eingesetzt haben, waren zwar häufig anzutreffen, die Teilnehmer bewerteten diese jedoch weitgehend kritisch, da sie den gewünschten Effekt nur selten oder unzureichend zeigten. Eine kennzeichnende Szene spielte sich im Auftaktinterview mit dem Ehepaar Morell ab. Albert (67, Rentner) hat bereits für sich eine umfassende Messung der Verbräuche – auch einzelner Geräte - vorgenommen:

Interviewer: „Ihr hattet ja schon mal selber gemessen hier teilweise? Was habt ihr denn da für Konsequenzen daraus gezogen? [...]“

Albert: „Gerade oben in dem Bereich, wie ich schon sagte, dass ich da den Fernseher nicht mehr auf Standby laufen [...] lasse, sondern dass ich dann wirklich auch ausschalte. Dafür habe ich also die Fernbedienung dann da wo ich das dann komplett ausschalte [...] Auch beim Fernseher, da habe ich also den Recorder ganz rausgezogen, den DVD-Spieler ganz rausgezogen, und nur auf Bedarf tu ich die überhaupt mit Strom versorgen. Also auch überhaupt kein Standby mehr, ne?“ [...]

Sophie: „Ja und ich hab wie gesagt gemerkt, ich zieh also auch den Stecker beim Wasserkocher zum Beispiel [...] Das haben wir dann auch dadurch mal gemerkt. Ja aber sonst...Sonst haben wir eigentlich nix verändert.“ [lacht]

Albert: „Ja, gut, schon bewusster auch hier im Flur des Licht abends ausgelassen. Sonst haben wir nämlich hier im Flur das Licht komplett angelassen abends und wir waren oben, der Tom noch gar nicht da, ja warum sollen wir da das Licht anlassen?“

Nachdem Albert seine Aufzeichnungen über den Energieverbrauch gezeigt und erläutert hat, wurde noch einmal nach dem Ziel seiner Untersuchungen gefragt. Dabei wird die Hilflosigkeit im Umgang mit Energieverbrauchsdaten offensichtlich.

Interviewer: „Was war für euch jetzt da am interessantesten zu sehen? Also, wenn ihr euch da selber so reingekniet haben?[...]“

Albert: „Ja gut, ich wollte ja jetzt mal sehen: Wie sind die Verbräuche[...], wie zum Beispiel beim PC, der immer ständig an ist. Und eben was das unterm Strich dann auch kosten wird. Aber [...] es hat sich eigentlich grundsätzlich - und das ist das, was mich jetzt doch so ein bisschen enttäuscht hat- nichts geändert in unserem Verbrauch.“

Sophie: „In unserem Verhalten!“

Albert: „...und in unserem Verhalten auch nicht. Ich sag ja, wir hatten immer so um 5300, 5500 Kilowattstunden verbraucht. Also...“

Sophie: „Irgendwas machen wir falsch.“

Die Familie Morell hat bereits im Vorfeld der Studie eine eigene Untersuchung des Energieverbrauchs einzelner Geräte vorgenommen. Dazu hat Albert eine ausführliche, handschriftliche Aufzeichnung von Verbräuchen verschiedener Geräte geführt. Trotz dieses Wissens um die Verbräuche, bemerken sie resignierend, dass sie diese nicht als Hilfe für mögliche Verhaltensänderungen wahrgenommen haben, die kaum über die Eliminierung von Standby-Konsum hinausgeht. Obwohl sie ausdrücklich darauf eingehen, bewusster mit ihrem Energiekonsum umzugehen, haben ihre Maßnahmen keinen wesentlichen Einfluss auf ihre Stromrechnung gezeigt. Sie sind jedoch nach wie vor davon überzeugt, Potentiale für Energiesparmaßnahmen finden zu können. Diese Aussagen unterstützen die Ausgangsthese und legen den Schluss nahe, dass Feedback für den Rezipienten weitere Hilfsmaßnahmen bereithalten muss, um im Alltag einen energierelevanten Effekt zu erzielen.

Neben der Bestärkung des Befundes, dass Haushalte ein Informationsdefizit haben, wenn sie versuchen, sich ihren Energieverbrauch zu erklären, fanden sich auch viele der in der Vorstudie beschriebenen Phänomene und Ethnomethoden wieder. Dadurch sah ich mich in der Absicht bestärkt, die bereits explorierten Beschreibungs- und Erklärungsversuche von Energie weiter zu untersuchen und empirisch anzureichern. Im Folgenden werden exemplarische Interviewstellen dargelegt, die die Kategorisierungen der Vorstudie (Kapitel 4.1) aufgreifen:

Gerechtfertigter Konsum versus Verschwendung: Die Kategorisierung von Verbrauch in gerechtfertigten Konsum beziehungsweise Verschwendung von Energie beruht auf den verschiedenen, subjektiven Methoden einer Rechtfertigung. Diese wurden in der Vorstudie in zwei Idealtypen und einem Mischtypus vorgefunden, von denen zwei mehrfach beobachtet werden konnten.

Eine Methode, zwischen Verschwendung und nützlichem Konsum zu unterscheiden, fokussiert die Effizienz eines Dienstes oder Gerätes, die Energie verbrauchen gegenüber möglichen Alternativen. Als Hans über die Beheizung seines Haushaltes spricht, stellt dieser seine praktizierten Heizvarianten vor:

Hans: „Ich habe einen Holzofen hier, um Energie zu sparen - einfach bloß Heizenergie zu sparen - und bekomme das Holz kostenlos. Ich muss es halt verarbeiten, sprich schneiden oder sägen. Und da ist es natürlich dann interessant, zu wissen: [...] wie viel spare ich, wenn ich das Holz verarbeite, als wenn ich jetzt heizen würde über Gas? Und da macht es natürlich Sinn, zu wissen: Wo stehe ich günstiger: In der Verarbeitung vom Holz, oder stelle ich mich günstiger, wenn ich dann die ganze Zeit über mit Gas heizen würde.“

Hans möchte wissen, auf welche Weise er sein Haus kostengünstiger beheizen kann. Diese Abwägung spiegelt sich häufig analog in Abwägungen über die Anschaffung neuer, effektiverer Geräte wider. An dieser Stelle muss Hans noch nicht einmal eine korrekte Amortisationsrechnung der Investition vornehmen, sondern könnte die Kosten der Verbräuche der Gasheizung gegenüber der Säge vergleichen und entsprechend seine günstigere Alternative wählen. Das zentrale Element ist an dieser Stelle nicht der Zweck, der bei beiden Alternativen gleich ist. Stattdessen steht die effiziente Nutzung von Ressourcen im Vordergrund, für die Bereitstellung von WärmeKomfort der als notwendig erachtet wird.

Der zweite Idealtypus beruht auf der Frage, ob dem Konsum ein Nutzen zugeschrieben wird – unabhängig von der Effizienz oder ökologischen Wertvorstellungen. In den Interviews äußerte sich kein Teilnehmer dahingehend, dass Energiekonsum für ihn durch den reinen, vorhandenen Nutzen, unabhängig von Effizienzüberlegungen gerechtfertigt sei. Dies ist möglicherweise der Tatsache geschuldet, dass sich alle Teilnehmer auf ein Projekt beworben haben, von dem sie sich Energieeinsparungen

versprechen konnten. Daher könnten die subjektiven Werteinstellungen derart ausgeprägt sein, dass eine rein utilitaristische Sicht von Energiekonsum nicht vorkam. Anders herum ist jedoch durchaus zu beobachten, dass Konsum, so gering er auch sein mag, als verschwenderisch wahrgenommen wird.

Der Mischtypus konstituiert sich aus einer Abwägung von Effizienz und Nutzen. Ein gutes Beispiel für die mögliche Komplexität der Einschätzung, ob ein Gerät genutzt werden soll oder nicht, konnte in den Gesprächen mit Karl (43, Bankangestellter, alleinstehender Hausbesitzer) erfahren werden:

Interviewer: *„Fällt dir eine Situation ein, in der du gedacht hast ‚Hier hab ich jetzt Energie verschwendet‘?“*

Karl: *„Das denke ich manchmal, wenn ich den Trockner anwerfe. Das ist auch ein altes Teil, der wird auch ziemlich viel Strom verbrauchen. Aber wenn es dann mal schnell gehen muss – normal stelle ich die Kleidung oben zum Trocknen hin –, dann werfe ich das Teil halt eben an. Gerade im Winter, wenn du dann draußen guckst, dann siehst du diese Dampfwolke. Da siehst du direkt, dass da Geld rausgeblasen wird, weil effizient sind die ja auch nicht. Und dann ist das wirklich vielleicht Verschwendung, wenn dann der Luxus eine Rolle spielt.“*

Karl wägt hier zwei Argumente gegeneinander ab: Einerseits trocknet seine Wäsche auch in einem beheizten Raum. Den Trockner setzt er ungern ein, weil er gegenüber neueren Geräten und vor allem seiner Alternative, der Luft-Trocknung, ineffizient ist. Andererseits sieht er im Trockner einen Nutzen: Die Zeiteinsparung. Sein Urteil, ob die Energie für einen Trocknereinsatz Verschwendung oder sinnvoller Konsum ist, hängt daher von beiden Variablen ab: Sowohl vom Nutzen als auch von der Effizienz.

„Background Services“ und „Embodied Services“: Diese zweite Kategorisierung des Phänomens Energieverbrauch wurde ebenfalls bereits in den Auftaktgesprächen vorgefunden. So wurde Hans zunächst allgemein nach den am häufigsten genutzten Geräten und den größten Verbrauchern gefragt. Dieser hat jedoch bereits konkrete Vorstellungen einer Kategorisierung seiner elektrischen Geräte:

Hans: *„Ich würde das lieber so teilen, indem ich sage: Das ist Medienstrom. Was also Vergnügungsstrom wäre, und das andere, das ist [...]Arbeitsstrom, wo ich zum Beispiel den Kühlschrank [hinzurechnen würde]. Den lässt man schnell mal außer Acht, weil der Kühlschrank läuft das ganze Jahr.[...] und laut der Bedienungsanleitung verbraucht der soundso viel Kilowatt im Jahr und dann lass ich das eigentlich im Grundsatz aus.“ [...]*

Interviewer: *„Wie würdest du dir das vorstellen, mit Medien- und Arbeitsstrom? Vergnügungsstrom und Arbeitsstrom?“*

Hans: „Also Verbräuche, die ich zum Beispiel in meiner Freizeit habe, wie zum Beispiel Medienstrom: sprich der PC läuft, wenn ich nicht gerade am arbeiten bin, zum Vergnügen, dann läuft ja der Fernseher, und bei dem Fernseher ist ja im Grundsatz auch der PC angeschlossen, der Media Center, und meine Frau geht zum Beispiel auch ins Internet. Jetzt sind ja im Grundsatz gleichzeitig drei Arbeitsplätze belegt [...], wo ich dann gerade wirklich nur Medien betreibe und eventuell unten die Waschmaschine. Das ist dann der Arbeitsstrom wiederum, wo ich dann einfach sage: Okay, den brauch ich auch irgendwo [...] so teil ich das einfach ein: Ich muss waschen, muss aber nicht unbedingt fernsehen.“

Über die Einteilung in *Medienstrom* und *Arbeitsstrom* stellt Hans Kategorien auf, in die er jeden im Haushalt anfallenden Energiekonsum einordnen kann. Auf subjektiver Ebene vollzieht Hans eine Unterscheidung zwischen notwendiger Nutzung von elektrischen Geräten, wie zum Beispiel zur Aufrechterhaltung des Haushaltes, zum Lebensstandard und zur Erledigung der Arbeit, sowie dem Energieverbrauch zur Gestaltung der Freizeit. Die Komplexität dieser Differenzierung wird deutlich, als Hans die Nutzung des PC als Medienstrom einengt: [...] *der PC läuft, wenn ich nicht gerade am arbeiten bin, zum Vergnügen*[...]. Die Grenze zwischen der Nutzung eines Gerätes zum Vergnügen oder zur Arbeit verläuft in vielen Fällen fließend, subjektiv und ist von vielen Faktoren abhängig.

Neben den individuellen Umschreibungskategorien des Phänomens „Energieverbrauch“, stellen Stevens und Schwartz einige Ethnomethoden fest, mit deren Hilfe die Kategorien adressiert werden. Auch diese fanden sich in den Auftaktgesprächen wieder und sollen hier exemplarisch aufgezeigt werden.

Das universale Referenzsystem Geld: Auch in den Interviews war Geld zumeist die erste Bezugsgröße für die Teilnehmer. Hans (45, Angestellter, Hausbesitzer) ist Vater einer fünfköpfigen Familie. Er beschreibt im Auftaktinterview seine Vorstellung von Strom:

Interviewer: „Was ist denn für dich Strom?“

Hans: „Strom ist für mich, was ich verbrauche. Wenn ich Kaffee trinken will, weiß ich, dass ich so viel Cent ausgeben muss. Strom ist in meinen Augen auch nicht messbar. Das ist das Problem, was ich damit habe. Ich kann meinen Kindern zum Beispiel auch gar nicht genau erklären: ‚Pass auf, du verbrauchst jetzt Strom‘. Da sagen die: ‚Wieso? Ich höre doch nur Musik, ich verbrauche keinen Strom.‘ Das sind Sachen, die man sehr, sehr schwer erklären kann. Denn das Medium Strom ist ein Kapitel für sich. Wie beim Auto! Wann du einen Liter Benzin verbraucht hast, sieht man erst, wenn man tanken muss. Das sieht man erst beim Geld. So ist es auch beim Strom: Erst am Jahresende.“

Der erste Gedanke, den Hans mit Strom, selbst ohne den Hinweis auf Stromkonsum, assoziiert, ist das Referenzsystem Geld. Er versucht gar nicht, sich Strom mit

physikalischen Messgrößen zu nähern, sondern zieht ein in weiten Teilen der Alltagswelt wirksames und gültiges Referenzsystem heran. Damit versucht er, eine Quantifizierung der verbrauchten Energie zu vollziehen, sieht aber gleichzeitig ein, dass er sich und anderen damit den Verbrauch nicht ausreichend sinnvoll erläutern kann. Zusätzlich zu dieser Referenz sagt Hans, dass ihm die zeitliche Entkopplung des Verbrauchs und der Anzeige des Verbrauchs bei weitem zu hoch ausfällt. Dies ist eine Kritik, der häufig begegnet wurde.

Vergleich verschiedener Geräte: Auch der Wunsch nach einer Vergleichbarkeit verschiedener Geräte und Geräte-Generationen fand sich wieder. Jonas beschreibt seine Ideen, wie seine bisherige, monatliche und undifferenzierte Papierrechnung verbessert werden könnte und was er sich von einem Energie Monitor System erhofft.

Interviewer: *„Und wenn wir nochmal auf deine Rechnung gucken. Was würdest du dir vorstellen, was dir weiterhelfen würde? Du hast ja dann den gesamten Energieverbrauch deines Hauses...“*

Jonas: *„Ja gut...Dass ich schon dann so differenzieren kann, welches Gerät jetzt genau wie viel im Monat davon verbraucht hat, von dem gesamten Stromverbrauch. Sodass ich sage: Vielleicht sollten wir den Kühlschrank mal austauschen. [...] Klar ist das ganz interessant, wenn man gesagt kriegt: ‚Sie wissen schon, dass Ihr Gerät total veraltet ist und Sie ein Gerät erwerben können, dass nur ein Drittel des Stromes verbraucht.‘“*

Wie andere Teilnehmer auch, zielt Jonas darauf ab, eine genauere Aufschlüsselung seines Konsums in Hinblick auf einzelne Geräte zu erhalten. Damit möchte er in diesem Fall ineffiziente Geräte identifizieren, die abseits seines aktiven Wirkungskreises permanent laufen und diese gegebenenfalls gegen effizientere austauschen.

Rückführung auf Routinen: Neben der Identifizierung von Hintergrunddiensten, die einen hohen Stromverbrauch aufweisen, zeigten die Teilnehmer auch ein großes Interesse an den Verbrauchsintensitäten ihrer Tätigkeiten und Routinen.

Interviewer: *„[Eine Rechnung] Einmal im Jahr ist dir zu wenig und dann steht da auch nur die Gesamtsumme. Wenn du dir jetzt was aussuchen könntest, wie es einfach besser laufen könnte. Was...“*

Hans: *„Besser laufen würde es für mich zum Beispiel monatlich. Weil man bestimmte Termine hat, wenn man zum Beispiel Wäsche wäscht. Ein Jahr ist unübersichtlich. In einem Monat weiß ich, ob ich da bestimmte Maschinen eingesetzt habe, ob ich irgendwelchen Mehraufwand an Strom hatte. Ich weiß, ob ich im Garten einen Swimmingpool aufgestellt habe und dann einen Mehrverbrauch habe. Aber wenn ich dann am Jahresende gucke, weiß ich ja nicht mehr: Wie oft habe ich denn dieses Jahr das Auto gewaschen? Monatlich, auch wöchentlich wäre es auch gut zu wissen. [...]“*

Interviewer: *„Aber je kleiner die Zeiteinheit, desto interessanter wäre es dann auch für dich? Zum Beispiel stundenweise...?“*

Hans: „Ja Stunden wäre sehr interessant, weil man weiß, welche Geräte man zur Zeit betreibt und kann dann auch direkt abrufen, kann sich selber Gedanken machen: Aha, das verbraucht den Strom und das verbraucht den Strom. Dann kann man sagen: ‚Okay! Wenn du jetzt Fernsehen gucken willst, dann hast du soundso viel an Strom verbraucht. Musst du das jetzt sehen, oder kannst du rausgehen zum Spielen?‘“

Im Gegensatz zu bisherigen Feedbackmöglichkeiten, wie der regelmäßigen Papierrechnung, sehen sie in der interaktiven Feedback-Bereitstellung durch den HEMS eine potentielle Bereicherung für ihre Energiepraktiken. Sie sehen sich dadurch in die Lage versetzt, zu beliebigen Zeitpunkten auf Basis konkreter Daten ihre Handlungen zu reflektieren. Durch die zeitliche Nähe des Feedbacks zum Verbrauch der Energie, sehen sie sich in ihren Versuchen unterstützt, ihren Konsum zu bewerten.

Rückführung auf Ursachen von Stromverbrauch: Die Morells haben nach ihren eigenen Messungen und Versuchen, ihren Energiekonsum zu reduzieren, zwar keineswegs resigniert, wirken aber relativ ratlos und sind gespannt auf die Unterstützung durch den Energiemonitor. Sie vermuten, dass speziell ihr erwachsener Sohn einen relativ hohen Anteil am Energieverbrauch hat.

Albert: „Wenn der [Tom] kommt, macht er [in seinem Zimmer] als erstes immer den Fernseher an, dann das Licht an, dann den Laptop an und dann setzt er sich auf die Toilette. [lacht] Und dann hat er da sein Handy in der Hand. Wobei er das alles gar nicht braucht, aber hat er schon mal alles angeschaltet. Er muss eben alles ziemlich kompensieren, in der wenigen Zeit, in der er mal hier ist. [...]“

Interviewer: „Was für Hilfen [für Feedback eures Energieverbrauches] würdet ihr euch dann wünschen?“

Albert: „Dass man die einzelnen Geräte überwacht und einem bewusst wird: Das sind die Stromfresser. Das heißt: [Zu sehen] die sind soundso viele Stunden an und verbrauchen auch soundso viel, so dass man sagt: ‚Müssen die jetzt wirklich solange und so oft an sein?‘ Dass man da eben bewusster drangeht. Also ich glaube, unser Sohn Tom, der braucht schon sehr viel Strom, was eben nicht nötig ist.“

Sophie: „Der muss ja eben drei Geräte auf einmal an haben.“

Albert: „Wo er eben letztlich nicht drüber nachdenkt. [...] Tom ist da phlegmatischer. Der geht da nicht so bewusst dran. Er lässt viele Verbraucher an, die gar nicht an sein müssen. Den müssen wir da noch mehr sensibilisieren.“

Tom ist selbstständig und bewohnt in seinem Elternhaus zwei eigene Zimmer, die seine Eltern nicht nutzen. Das Ehepaar vermutet, dass ihr Sohn durch die parallele Nutzung mehrerer Geräte einen hohen Stromverbrauch hat und dieser sich den verursachten Kosten nicht bewusst ist. Sie möchten herausfinden, wie hoch der Anteil von Tom am Gesamtkonsum ist, weil sie vermuten, dass sein mangelndes Bewusstsein für einen nennenswerten Verbrauch von Energie verantwortlich ist. Aufgrund der separaten

Nutzung verschiedener Räume bietet sich für die Morells eine solche Unterscheidung an, die auch in der Vorstudie vorgefunden wurde. Die Geräte in seinen Zimmern scheint Tom mehr oder weniger exklusiv zu nutzen, so dass eine Verbrauchsmessung eine gute Hilfe für die Morells sein könnte.

Durch die Auftaktgespräche bestätigten die Vermutungen, die sich aus der Literatur-Recherche und der Vorstudie ableiteten: Die Teilnehmer hatten zwar einerseits hohes Interesse daran, sich ihren Energieverbrauch zu erklären, verfügten auf der anderen Seite jedoch nur über sehr beschränktes konkretes Wissen über Energie und Energiekonsum, den sie zur Anwendung bringen konnten, so dass ihre Bemühungen nicht ihr volles Potential entfalten können. Auch viele der explorierten Praktiken zur Erklärung von Energiekonsum zeigten sich erneut.

Der veranschaulichende Charakter des anschließend in die Praxis ausgebrachten Prototyps stellte mit der Aufbereitung aktueller Verbrauchsdaten des gesamten Haushaltes einen offenen Denkanstoß für die Haushalte dar. Das gemeinsame Gespräch über die Visualisierung sollte die Haushalte dahingehend stimulieren, ihre Methoden zur Erklärung von Energieverbrauch in Praxis anzubringen und im Dialog am praktischen Anwendungsfall zu artikulieren. Für die Forscher entstand dadurch die Möglichkeit, Reaktionen auf die Informationen und deren Darstellung sowie Bezugnahmen auf bestehende Ethnomethoden zur Erklärung des vorhandenen Energiekonsums zu beobachten. Die Erkenntnisse dieser Gespräche und die daraus gezogenen Konsequenzen für weitere Designentscheidungen sollen im Folgenden anhand der einzelnen Visualisierungs-Strategien dargestellt werden.

5.2 Aktueller Energieverbrauch des Haushaltes

Weil die Haushalte in der Aneignung der neuen Technologie nicht überfordert werden sollten, wurde anschließend an die Auftaktinterviews ein rudimentärer Prototyp in Form einer Visualisierung des aktuellen Energiekonsums des Haushaltes eingeführt und thematisiert. Die Installation dieses ersten Prototyps machte den Teilnehmern die grundsätzliche Funktionalität eines Energiemonitors erfahrbar. Sie umfasste den Aufbau der Infrastruktur zur Übertragung der Informationen des Smart Meters an den Computer, die Einrichtung der Software-Voraussetzungen und die Bereitstellung der Visualisierung der anfallenden Daten. In dieser Phase beschränkte sich das Feedback auf den undifferenzierten, kumulierten heimischen Energiekonsum durch die Verarbeitung der Informationen des Smart Meters. Angeboten wurde die Ansicht des aktuellen Gesamtverbrauchs in Watt (Abbildung 9). Zusätzlich wurden die Rahmendaten des jeweiligen Vertrages mit dem Energieversorger in eine statische Informationsseite aufgenommen. Diese sollte eine Bewusstseinsunterstützung für den Energiemix, damit verbundene Emissionen, Preise pro Kilowattstunde und den veranschlagten Verbrauch auf Basis des Vorjahres bieten.

Die zeitliche Entkopplung von Konsum und der Bereitstellung der Verbrauchsdaten macht es für viele Haushalte zu einer unmöglichen Aufgabe, den Energieverbrauch zu erklären. Abrechnungen am Ende eines Kalenderjahres bieten keinerlei Informationen über Ursachen für die anfallenden Verbräuche und Kosten. Dabei geschieht Energiekonsum immer für jemanden oder etwas. Die Vorstudie weist darauf hin, dass Konsum in den Energiepraktiken der Teilnehmer häufig an Geräte oder menschliche Handlungen gebunden ist und darüber sinnvoll eingeordnet wird. Um die Bindung zwischen Ursache und Wirkung und damit die Zuschreibungsmöglichkeiten der Teilnehmer zu unterstützen, habe ich mich dazu entschlossen, einen Überblick über den gesamten, aktuell anliegenden Stromverbrauch im Haushalt anzubieten. Dieser soll den Haushalten dabei helfen, ein Gefühl für ihr Verbrauchsniveau zu entwickeln, um dadurch „unnormalen“ Verbrauch identifizieren zu können.



Abbildung 9: Gespräch des Ehepaars Morell über die Visualisierung des momentanen Energiekonsums des Haushaltes.

Die Visualisierung des aktuellen Energieverbrauchs des Haushaltes wurde insgesamt positiv aufgenommen. In dem Koordinatensystem, das auf der x-Achse den Zeitpunkt der Messung und auf der y-Achse die Höhe des Verbrauchs in Watt angab, fanden sich die Anwender leicht zurecht. Die automatisch aktualisierte und in Takten von drei bis vier Sekunden fortgeschriebene Kurve vermittelte den Eindruck einer fließenden Beobachtung des Verbrauchs und war ein erfolgreicher Stimulus. Vielfach konnte beobachtet werden, dass die Teilnehmer ohne weitere Aufforderung versuchten, den Konsum für sich selbst erklärbar zu machen. Dazu gingen sie im Gespräch mit dem

Interviewer die einzelnen Geräte durch, die aktuell angeschlossen waren und schrieben ihnen Verbräuche zu.

Schnell stießen die Teilnehmer jedoch an die Grenzen ihres gesicherten Wissens und wurden ungenau, begannen zu raten oder konnten sich die Höhe des Verbrauchs gar nicht erklären. Beispielsweise wurden Geräte wie Kühlschränke, Gefriertruhen, sowie der eingeschaltete Media Center PC und TV genannt und derart mit geschätzten Verbrauchswerten ausgestattet, dass ein beträchtlicher Teil des Konsums nicht erklärt werden konnte. Andererseits kam es auch vor, dass laufende Geräte bei dem Vorgang offensichtlich vergessen wurden. Beispielsweise wurde bei Hans, um ihm die Funktionalität des Live-Bildschirms zu demonstrieren, der Fernseher aus- und wieder angeschaltet. Der Unterschied in der vom Graphen gezeichneten Kurve, betrug ca. 100 Watt.

Interviewer: *„Wenn du jetzt einfach so guckst: Du hast immer, kontinuierlich, Geräte mitlaufen die in Summe 500 Watt verbrauchen.“[...]*

Hans: *„Jedes Gerät verbraucht ca. 100 Watt, was jetzt an ist. Das ist der [Media Center] PC 100 Watt, der Fernseher 100 Watt, der [private] PC 100 Watt, Monitor...Ja gut, vielleicht etwas weniger und der Laptop den meine Frau gerade betreibt.“*

Interviewer: *„Stimmt. Kühlschrank hast du noch, Tiefkühltruhe hast du noch...“*

Hans: *„Ja gut, das sind jetzt dann ...was weiß ich... Ich rechne da einfach mal so 20 Watt hier, 10 Watt da, die dann die Werte auf die 500 bringen.“*

Hans ist sich zunächst sicher, die zu diesem Zeitpunkt anfallenden 500 Watt erklären zu können und beginnt mit der Aufzählung der Geräte, die er als Medienstrom klassifizieren würde. Diesen schreibt er gleiche Anteile am Gesamtverbrauch zu. Die möglicherweise zusätzlich laufenden Geräte, die zur Aufrechterhaltung seiner Lebenswelt notwendig sind, wie Heizungspumpe, Tiefkühlgerät, Kühlschrank und Telefonanlage, die er zuvor als Arbeitsstrom charakterisiert hat, sind ihm in seinen Erklärungen nicht gegenwärtig. Sie scheinen ihm außerdem, auf den Hinweis hin, von geringem Interesse und Ausmaß zu sein. Gewissheit über diese Einschätzung hat er jedoch nicht und im weiteren Gespräch äußert er sich interessiert daran, seine Vorstellungen zu überprüfen:

Hans: „Okay, zur Zeit haben wir jetzt einen Stromverbrauch und das ist im Grundsatz unser Lebenslevel. Ich sag ganz einfach mal die Zahl 500. Die 500, die verbrauchen wir übern ganzen Tag. Jetzt wär natürlich abends zu wissen, jetzt sind sie alle im Bett, jetzt spionier ich grad mal [...] Und da bin ich jetzt auch schon ganz heiß drauf. Jetzt habe ich im Grundsatz ja bloß einen Gesamtstromverbrauch. Dann hab ich Einzelgeräte, die ich dann nur testen kann, wenn ich einfach mal ein Gerät ausschalte und dann die Differenz sehe. Im Grundsatz auch schon hilfreich, aber wie gesagt: Dann wäre es dann natürlich interessant, zu wissen, zum Beispiel was der Kühlschrank und so weiter [genau verbrauchen]. Das sind ja Geräte, die auch nachts durchlaufen und dann ist es natürlich interessant, zu wissen, wie sind die Verbräuche da im Gegensatz zum Verbrauch am Tag.“

Für Hans ist der nächtliche Verbrauch ein guter Indikator für den Unterschied zwischen Arbeits- und Medienstrom, wenn die Familie keine energierelevanten Dienste in Anspruch nimmt. Er unterscheidet zwischen Diensten, die im Haushalt aktiv konsumiert werden und daher nur tagsüber anfallen, und Verbräuchen, die gantztägig unabhängig von den Aktivitäten der Familie anfallen. Hans greift damit die Differenzierung zwischen *embodied services* und *background services* auf, die aus der Vorstudie bekannt ist. Die vorliegende Visualisierung aktiviert zwar seine Erklärungsversuche und schafft eine Awareness für die Quantität des Gesamtkonsums. Das Feedback hilft ihm in seiner Undifferenziertheit an dieser Stelle jedoch noch nicht entscheidend weiter, um Angaben über Verbräuche von *embodied services* und *background services* machen zu können. Dafür scheint Hans eine Aufschlüsselung auf Geräte-Ebene hilfreich. Dadurch könnte er seine subjektiven Einteilungen und Aggregationen in Medien- und Arbeitsstrom vornehmen, die auch durch eine Visualisierung adressiert werden könnte.

An dieser Stelle klingt zudem ein Interesse daran an, eine zeitversetzte Rückschau der Verbrauchsdaten zu erhalten, um bestimmte Zeiträume der Vergangenheit adressieren zu können (Siehe Kapitel 5.4). Darüber hinaus zeigt sich, dass Hans die Zuschreibung von Energieverbrauch zu Geräten ohne Hilfestellungen schwer fällt. Sein Urteil fällt er auf Basis von Vermutungen. Außerdem gelingt es ihm nicht, fundierte Aussagen über die Verbrauchsintensität der Geräte zu treffen. Stattdessen schätzt er sie alle gleichhoch im Verbrauch ein und lässt einige Geräte, die nicht in seinem direkten Fokus stehen, gänzlich außer Acht. Eine Aufschlüsselung der Verbräuche nach einzelnen Geräten kann auch an dieser Stelle zu einem verbesserten Verständnis seines Verbrauchs beitragen. Dadurch könnten Praktiken zur Einstufung des Konsums unterstützt werden, weil sie eine Abschätzung der Geräte-Effizienz und Abwägungen zwischen Verbrauch und Nutzen auf eine fundierte Datenbasis stellen. Diesen Aspekt unterstützt auch das Gespräch mit Jonas, als er dazu angeregt wird, über die aktuell anliegenden Verbräuche in seinem Haushalt nachzudenken:

Jonas: „[...]Der Kühlschrank ist auch nur ab und an mal [an]...Also ich meine wenn wir jetzt so runter gehen, hier ist nichts an, da verbrauchen wir irgendwie 78 Watt oder so. Obwohl! Wovon denn eigentlich, was läuft denn dann hier? Standby-Geräte vielleicht oder...“

Jonas ist in der IT-Branche tätig, technisch versiert und nimmt die Reduktion seines Energieverbrauchs hobbymäßig wahr. So hat er unter anderem bereits vor dem Projekt Funksteckdosen zur Reduzierung von Standby-Verbrauch installiert. Mit ca. 80 Watt Stromverbrauch als Grundlaststrom weist der Haushalt unter den Teilnehmern den bei weitem niedrigsten Konsum dieser Art auf. Jonas ist sich bewusst, dass er im Vergleich zu befreundeten Haushalten einen niedrigen Verbrauch hat und ist einerseits stolz auf seine Erfolge, aber andererseits unzufrieden mit dem noch immer anfallenden Stromverbrauch, weil er sich den restlichen „Standby“-Konsum nicht erklären kann. Die Existenz einer Grundlast und ihr Unterschied zu einem Konsum, der durch Handlungen im Haushalt verursacht wird, ist auch Jonas bewusst. Er hat jedoch große Schwierigkeiten, den Verbrauch der *background services* an Geräte zuzuordnen. Auch hier zeigt sich die Notwendigkeit einer Überwachung auf Geräte-Ebene, um unklaren oder falschen Vorstellungen von Energieverbrauch zu entgehen und Frustration in eventuell fehlgehenden Energiesparbemühungen zu verhindern. Auffällig ist die hohe Spannweite der Höhe der *background services*, die vorgefunden und sehr unterschiedlich bewertet wurden. Im Vergleich zu der relativ niedrigen Grundlast von Jonas, mit der dieser unzufrieden ist, erkennt Albert bei sich beispielsweise durch die Visualisierung einen „Ruhestrom“ von ungefähr 600 Watt, die er für sich selbst rechtfertigt, ohne sie hinlänglich erklären zu können:

Albert: „Wir haben also so einen Ruhestrom bei 600 bis 700 Watt, wenn jetzt alles aus ist.“ [...]

Interviewer: „Habt ihr darüber auch mal gesprochen, was sich dahinter verbirgt?“

Albert: „Ja, das sind eigentlich die ganz normalen Dinge, die immer eingesteckt sind.“ [...]

Interviewer: „Wenn wir jetzt an den Grundstrom von 600 bis 700 Watt denken: Ist das okay für dich, ist das im grünen Bereich, oder wie ist deine Meinung dazu?“

Albert: „Das ist eigentlich schon ein bisschen hoch. Aber das sind zum Beispiel die ganzen Standby-Geräte. Unser Timo hat das Laptopladegerät immer in der Steckdose.[...] Oben die ganze Videogeschichte schalte ich ja auch nie ab, weil dann [...] muss der Receiver sich erst immer neu aufsetzen. Das ist natürlich lästig. Aber der läuft im Energiesparmodus, da verbraucht der 0,2 Watt oder so. Das ist ja geringfügig bei 600 [...] Aber es läuft ja immer irgendwas. Hier oben ein Kühlschrank, unten ein Kühlschrank und die Kühltruhe... Deswegen denk ich mal, diese 600 Watt Grundabnahme, die sind im Grunde irgendwo normal.“

Wie Jonas, erkennt auch Albert eine Grundlast, zu der er einerseits Standby-Geräte zurechnet und andererseits Geräte, die den ganzen Tag an sein müssen, wie Kühl- und Tiefkühlschrank. Die Akzeptanz der Quantität dieses Energiekonsums ist jedoch stark unterschiedlich ausgeprägt. Während Jonas seine 78 Watt kritisch betrachtet, erachtet Hans das ca. 8-fache dieser Verbrauchsmenge in seinem ähnlich großen Haushalt als durchaus gerechtfertigt. Er ist durch die Visualisierung noch nicht in der Lage, seine verbrauchenden Geräte zu identifizieren, sondern spricht nur schlaglichtartig einige Geräte an, die er jedoch überwiegend selbst nicht als große Verbraucher einstuft. Es bleiben letztlich nur zwei Kühlschränke und ein Tiefkühlgerät übrig, über die er die Grundabnahme rechtfertigt.

Die Live-Darstellung rief ohne weitere Einflussnahme bereits Bemühungen hervor, den aktuellen Energiekonsum zu erklären. Oft beruhte das Vorgehen auf einer Aufschlüsselung des Verbrauchs in Kategorien des *background services* und *embodied services*, indem einzelnen Geräten Anteile am Gesamtkonsum zugewiesen wurden. Dabei zeigten sich jedoch starke Defizite sowohl in der Vollständigkeit der Auflistung, als auch in den Schätzungen der einzelnen Anteile. Eine Überwachung des Konsums auf Geräte-Ebene kann hier wichtige Zusatzinformationen bieten. Den Haushalten fiel es hingegen einfacher, Verbräuche, die auf ihre aktiven Handlungen zurückzuführen waren, zu identifizieren. So zeigten sich bereits konkrete Strategien, diese Verbraucher zu identifizieren, wie sich im Gespräch mit Albert erkennen lässt:

Interviewer: „Vom Bauchgefühl her: Habt ihr es [den Energiemonitor] denn generell genutzt?“

Albert: [...] „also wenn ich den TV an hatte, habe ich auch so zwischendurch mal geguckt und hab dann mit meiner Frau geguckt, wenn wir zum Beispiel die Kaffeemaschine an hatten. Wie die Kurve dann angeht, oder wenn sie unten die Waschmaschine an hatte, wie das dann auch arbeitet. Das haben wir schon verfolgt, klar. [...] Am Abend habe ich da mit meiner Frau drüber gesprochen und geschaut, was wir so alles sehen können. [...] Und da war haben wir gerade Kaffee gemacht [...] und da konnte man das richtig gut sehen. Diese 12 oder 1300 Watt, die da auf einmal zu Buche stehen. Genauso auch, als die Waschmaschine lief. [...] Und wenn man das Licht einschaltet, konnte man auch sehen. Dann geht es auch schon wieder 50-60 Watt hoch.“

Interviewer: „Das heißt, ihr habt also wirklich drüber gesprochen und versucht...“

Albert: „Ja, um uns das eben auch bewusst zu machen, dass es auch darauf ankommt, was man eben macht, wie und wann.“

Interviewer: „Und wie habt ihr das dann gemacht?“

Albert: „Ja, wenn alles soweit aus war, haben wir eben bestimmte Verbraucher angeschaltet. Wie jetzt die Kaffeemaschine, die Waschmaschine...Licht. Was jetzt da im Einzelnen noch nebenher an war, das haben wir jetzt im Detail jetzt so nicht verfolgt. Da erhoffe ich mir ja einiges von den [Smart Plugs].“

Das Ehepaar hat demnach gemeinsam versucht, den Verbrauch einzelner Komponenten zu ermitteln. Dazu stellen sie in der Beobachtung des Energiemonitors einen Wert fest, den sie als Referenzgröße nutzen. Daraufhin schalten sie das zu messende Gerät ein und ermitteln die Differenz des nun angezeigten Konsums zu dem ursprünglichen Ausgangswert. Für die Morells stehen in ihrer Beobachtung des Konsums besonders die Tätigkeiten im Fokus, die gerade ausgeübt werden und Verursacher von Verbrauch sind. Sie möchten durch einen Energiemonitor ihr Bewusstsein über die Energieintensität dieser Aktivitäten verbessern und dadurch stärker darauf achten, Energie zu sparen. Das Interesse an Energiekonsum von Aktivitäten in der Lebenswelt, sowohl in der Gegenwart als auch in der Retrospektive, klingt bereits in der Vorstudie an und wird an dieser Stelle noch einmal bestätigt.



Abbildung 10: Videoaufnahme. Albert kontrolliert den Einfluss der Halogenstrahler auf den Energieverbrauch mit Hilfe der Visualisierung des Energiemonitors.

Im Gegensatz dazu verschließt sich für Albert der Zugang zu seiner Grundlast bisher noch weitgehend. Zwar erwähnt er an anderer Stelle einzelne Geräte, die nach seinem Verständnis für diesen Konsum verantwortlich sein sollen. Ein kritisches Bewusstsein dafür, kann diese Visualisierung bei Morells jedoch nicht weiter fördern. Wie aus der abschließenden Passage deutlich wird, scheint Albert die vorhandene, undifferenzierte Darstellung des Gesamtkonsums für dieses Vorhaben nicht geeignet zu sein. Für eine Herabsenkung der Grundlast stellt er sich die Aufschlüsselung auf Geräte-Ebene

vielversprechend vor. Dies ist in ähnlichem Ausmaß auch bei den anderen Haushalten festzustellen.

Das mit dieser Visualisierung bereitgestellte, unmittelbare Feedback über den Gesamtverbrauch des Haushaltes zum gegebenen Zeitpunkt hatte in einigen Fällen bereits Auswirkungen auf die Handlungen einiger Haushalte. Bei einem Besuch bei Albert ist dieser bei der Betrachtung des Energiemonitors mit seinem Verbrauch unzufrieden und bemerkt, dass im Raum, in dem das Interview stattfindet, das Licht brennt (Abbildung 10).

Albert: „Ja, da ist die Kurve jetzt ja schon da.“

Interviewer: „Und ist das [der angezeigte Verbrauch] jetzt so normal?“

Albert: „Ja gut, jetzt sind natürlich Verbraucher schon an. Da machen wir mal gerade hier [das Licht] aus und dann sehen wir sicher auch schon die Reaktion.“

[Macht Licht aus. Die Verbrauchsanzeige des Energiemonitors senkt sich um 100 Watt.]

Albert: „Ja also so bei 600 Watt, das ist okay. Also das wundert mich jetzt schon. Das kann doch jetzt nicht alleine die Lampe gewesen sein?“

Interviewer: „Ein bisschen über 100 Watt hat die dann verbraucht.“

Albert: „Ja, wir sehen das ja jetzt...“

[Macht Licht wieder an. Kurve steigt wieder an.]

Albert: „Wirklich und wahrhaftig.“

Interviewer: „Vier Halogenstrahler, jeweils ungefähr 25 Watt.“

Albert: „Ja, also das ist schon enorm. Also aus!“

[Macht Licht wieder aus. Kurve senkt sich wieder.]

In dieser Situation sitzen die Gesprächspartner mit Albert zusammen vor dem Smart Energy Server und starten den Energiemonitor. Die aktuelle Wirkarbeit wird ausgelesen und die Visualisierung zeigt sie mit etwas über 700 Watt an. Albert bemerkt, zunächst, dass sein als „normal“ eingestuft Konsum überschritten wird. Das kurz zuvor eingeschaltete Licht brennt im Raum und der Teilnehmer kontrolliert wiederholt, inwiefern sich die Halogenstrahler auf den Gesamtkonsum auswirken (Abbildung 10). Ein ähnliches Vorgehen konnte in mehreren Haushalten und bei verschiedenen Verbrauchsursachen festgestellt werden. Die Teilnehmer erkennen in diesem Fall in ihrer direkten Umgebung vorliegende Verbräuche und erhalten durch das Feedback einen Anlass, diese kritisch zu hinterfragen. Albert wägt ab, ob das bezogene Licht ihm 100 Watt wert ist. Er äußert sich verwundert über die Höhe des Verbrauchs und entscheidet dann, dass dieser Konsum ihm für den bereitgestellten Nutzen zu viel ist. Das Feedback zieht dadurch bereits realweltliche Konsequenzen für die Handlungen der Rezipienten nach sich. Diese subjektive Überlegung zwischen Konsum und Verschwendung findet sich entsprechend in der Vorstudie. Es fiel jedoch auf, dass sich die Anregungen zum Überdenken von Energiekonsum auf die Geräte und Dienste

beschränkt war, die sich in der aktuellen Umgebung befanden, die aktiv durch das Wirken in der Welt beeinflusst wurden. Zu vermuten ist, dass für Geräte in anderen Räumen des Haushaltes und die, *background services* allgemein, eine zu geringe Awareness vorhanden war, als dass die Teilnehmer diese identifizieren konnten. Auch hier erscheint die Messung der Verbräuche auf Geräte-Ebene vielversprechend, weil sie eine erweiterte Bedeutungszuschreibung zu einzelnen Verbrauchsursachen ermöglicht.

Insgesamt erscheint die Darstellung der aktuellen Wirkarbeit des Haushalts als ein gutes Mittel, um eine Aktivierung des Anwenders zu erreichen und ihm einen offenen Denkanstoß zu geben, sich mit seinem Energiekonsum näher zu beschäftigen. Durch die Visualisierung wird das Wissen über sowohl die Existenz als auch die Quantifizierung einer Grundlast gefördert. Die Ausbildung einer solchen Expertise führt zu einer verbesserten Urteilsbildung über gerechtfertigte Verbräuche und Verschwendung. Der Anwender wird dazu befähigt, seine aktuelle Aktivitäten in seiner Lebenswelt kritisch zu bewerten, indem er eine konkrete Vorstellung einer für seinen Haushalt „normalen“ Grundlast besitzt und daher darüber hinaus gehenden Verbrauch seinen „*embodied services*“ zuschreiben kann. Durch die zeitliche Nähe des Feedbacks kann der Anwender außerdem direkt erfahren, welchen Einfluss eine aktuelle Handlung auf seinen Konsum hat, so dass die Entkopplung von Verbrauch und Rückmeldung weitgehend aufgehoben werden kann.

Auf der anderen Seite ist festzustellen, dass die grundsätzliche Einschätzung einer „normalen“ Grundlast stark unterschiedlich ausfiel. Während ein Haushalt 78 Watt als zu viel erachtete, gewöhnte sich ein anderer Haushalt an 600 Watt und hielt diese für gerechtfertigt. Der geringe Detailgrad reicht für eine weitreichende Aktivierung nicht aus, weil diese „*background services*“ nicht durch die Visualisierung aufgeschlüsselt werden können und der Anwender daher nicht befähigt wird, sich diese näher zu erklären und sie für sich als sinnvoll oder verschwenderisch zu bewerten. Es konnte beobachtet werden, dass einige Haushalte das Niveau ihrer Grundlast anhand der Informationen nur wenig kritisch hinterfragten. Sie konnten zwar einschätzen, wo ihr normales Verbrauchslevel lag, sahen sich aber nur bedingt in die Lage versetzt, etwas an diesem Konsum zu verändern. Als eine Schwachstelle dieser Visualisierung kann daher festgehalten werden, dass sie nur in beschränktem Umfang Handlungsmöglichkeiten für den Anwender bietet. Für eine Weiterentwicklung wurde daher die Echtzeit-Überwachung auf Geräte-Ebene als wichtiges Hilfsmittel angesehen. Darüber hinaus konnten im Hinblick auf Usability in der Beobachtung der Praxis wichtige Hinweise erhalten werden: Hinweise und Schaltflächen waren für die Anwender häufig zu klein, so dass sie mit der Steuerung über die Funktastatur nicht erreicht werden konnten.⁸

⁸ Dies wurde berücksichtigt und im Verlauf korrigiert.

5.3 Aktueller Verbrauch einzelner Geräte

Um den Haushalten genauere Hinweise zu den Verbräuchen einzelner Geräte präsentieren zu können, wurden die Teilnehmer mit Smart Plugs ausgestattet, die in einem gemeinsamen Workshop vor Ort in ihrem Haushalt angebracht wurden. Dazu wählten sie in einem Rundgang nach Belieben Geräte aus, deren Verbrauch sie interessierte und platzierten die Smart Plugs zwischen Steckdose und dem entsprechenden Stecker (Abbildung 11). Die angeschlossenen Geräte wurden protokolliert, um sie anschließend bei der Installation des Smart-Plug Services in das System eintragen zu können.



Abbildung 11: Gemeinsame Platzierung der Smart Plugs im Haushalt. Die angeschlossenen Geräte wurden protokolliert und anschließend in das System übertragen.

Die Visualisierung der einzelnen Verbräuche wurde kombiniert mit der Darstellung des haushaltlichen Gesamtkonsums, sodass die Gewichtung erleichtert und Verhältnismäßigkeiten besser abgebildet werden sollten (Abbildung 12). Damit sollte den Haushalten eine Unterstützung für ihre Abwägungen nach Kosten und Nutzen angeboten werden, die ihnen genaueren Aufschluss über das Ausmaß des Verbrauchs in der Nutzung einzelner Geräte gibt. Der Vergleich zu dem Gesamtverbrauch des Haushaltes stellt dabei einen helfenden Bezug zu einem Referenzwert dar, um die Gewichtung des aktuellen Verbrauchs zu ermöglichen. Wie schon bei dem in 5.2 beschriebenen Bildschirm, wird ein Graph gezeichnet, dessen x-Achse die Zeit und dessen y-Achse die anliegenden Watt anzeigt. Der Graph bezieht die jeweils neuesten Daten sowohl der Gerätemessung als auch des Smart Meters und schreibt diese in

verschiedenfarbigen Linien automatisch fort. Die zeitlichen Abstände einzelner Messpunkte variieren dabei je nach Leistungsfähigkeit des ZigBee-Netzwerkes der Smart Plugs zwischen ca. acht und 20 Sekunden. Eine Legende rechts des Achsenkreuzes ordnet die einzelnen Farben zu den Verbrauchern zu. Für eine verbesserte Übersichtlichkeit lassen sich an dieser Stelle auch einzelne Linien aus- und wieder einblenden. Der Graph skaliert bei diesem Vorgang gegebenenfalls automatisch neu. Beispielsweise können kleine Verbrauchswerte dadurch besser beobachtet werden, wenn große Werte ausgeblendet werden und deshalb kleiner skaliert wird.



Abbildung 12: Live-Ansicht der Verbräuche auf Geräte-Ebene ohne Smart Meter Vergleichsgröße

Zusätzlich zu der Kombination der beiden Informationsquellen Smart Meter und Smart Plugs, habe ich mich dazu entschieden, die Daten in gemeinsamen Clustern anzuzeigen, denen eine übereinstimmende Zeit zugeordnet wird. Diese Exaktheit ist wegen der seriellen Auslesung der Smart Plugs und der davon unabhängigen Datensammlung über den Smart Meter nicht zwangsläufig gegeben. Dennoch wurde diese Ungenauigkeit im Sekundenbereich in Kauf genommen, um eine einheitliche und übersichtliche Darstellung aller gemessenen Verbräuche zu einem Zeitpunkt anbieten zu können. Auch dadurch sollte der Zusammenhang zwischen Gesamtwirkarbeit und den jeweiligen Komponenten besser abgebildet werden.

In der ersten Phase der Ausbringung des Prototyps in Praxis wurde deutlich, dass detailreichere Informationen über die Verursacher der Verbräuche und deren genaue Quantität eine wichtige Hilfe darstellen würden, um die Erklärungsversuche der Teilnehmer konsequenter zu unterstützen, weil diese bisher auf Schätzungen und Vermutungen fußten, anstatt auf real gemessenen Daten zu basieren. Im Anschluss an die Installation der Hard- und Software im Haushalt, wurden die Teilnehmer bei ihrem Umgang mit der Visualisierung der einzelnen Geräte-Verbräuche beobachtet.

Während eines Telefongesprächs mit Hans (Vater des erwachsenen Sohns Tom), bei dem die Software über das Internet via Remotecontrol überprüft und geupdated wurde, beobachtete dieser die Visualisierung:

Albert: „Ist das jetzt der Verbrauch des Fernsehers bei Tom im Zimmer?“

Interviewer: „Ja.“

Albert: „11 Watt?“

Interviewer: „10,6 – ja.[...]“

[Die Kurve des Smart Plugs mit der Beschreibung „Tom TV“ sinkt auf 0 Watt. Der Interviewer sieht dies durch seine Remote-Software]

Interviewer: „Hast du jetzt was gemacht?“

Albert: „Ja, ich habe das Ding mal ganz ausgemacht. Der [Tom] ist doch gar nicht hier!“

Schmitt sitzt in dem Zimmer mit dem Smart Energy Server und beobachtet die Visualisierung, während per Fernwartung daran gearbeitet wurde. Er sieht den Verbrauch des Knotens „Tom TV“ und bemerkt damit einen Energieverbrauch, der nicht durch seine aktive Handlung entstanden ist, sondern fernab seiner Aktivitäten in einem anderen Raum als Standby-Konsum vonstattengeht. Der Energiemonitor stellt mit dieser Visualisierung für Schmitt eine Awareness für verborgenen Energiekonsum her, die ihn mit allen Mitteln ausstattet, diesen Verbrauch zu lokalisieren, ihn in seiner Höhe zu bewerten und gegebenenfalls auch Veränderungen durchzuführen. In diesem Fall beruht seine Kosten-Nutzen-Abwägung auf der Abwesenheit seines Sohnes, dessen Fernseher noch im Standby-Betrieb läuft, den Schmitt als nicht gerechtfertigt einstuft.

Dieser Teil der Visualisierung zeichnet sich vor allem durch eine bessere Aktivierung und Befähigung des Nutzers aus. Er fördert konkret das Wissen um Verbrauchswerte, die in Relation zum Gesamtverbrauch gesetzt werden. Dabei wird die Verbrauchsquelle identifiziert und der Anwender in die Lage versetzt, auch und vor allem den Einfluss laufender „background services“ mit seinen subjektiven Kosten-Nutzen-Vorstellungen abzugleichen.

5.4 Rückschau und Prognose des Gesamtverbrauchs

Die Teilnehmer bemängelten häufig, dass die Rückmeldung über ihren Energieverbrauch zeitlich zu stark von seiner Verursachung entkoppelt ist. So beispielsweise auch im Auftaktgespräch mit Hans:

Interviewer: „Was ist denn für dich Strom?“

Hans: „Strom ist für mich, was ich verbrauche. Wenn ich Kaffee trinken will, weiß ich, dass ich so viel Cent ausgeben muss. Strom ist in meinen Augen auch nicht messbar. Das ist das Problem, was ich damit habe. Ich kann meinen Kindern zum Beispiel auch gar nicht genau erklären: ‚Pass auf, du verbrauchst jetzt Strom‘. Da sagen die: ‚Wieso? Ich höre doch nur Musik, ich verbrauche keinen Strom.‘ Das sind Sachen, die man sehr, sehr schwer erklären kann. Denn das Medium Strom ist ein Kapitel für sich. Wie beim Auto! Wann du einen Liter Benzin verbraucht hast, sieht man erst, wenn man tanken muss. Das sieht man erst beim Geld. So ist es auch beim Strom: Erst am Jahresende.“

Hans hat Probleme, sich und anderen Strom zu erklären. Als eine Ursache dafür sieht er den im Verborgenen ablaufenden Verbrauch von Strom. Konkret moniert er, dass die Intervalle, in denen Rechnungen von den Energieversorgern eintreffen, zu hoch sind. Eine Rückmeldung über den Verbrauch erhält er erst am Jahresende in Form einer Abrechnung, so dass er nicht rekonstruieren kann, zu welchen Zeitpunkten in seinem Haushalt ein hoher oder niedriger Verbrauch vorlag.



Abbildung 13: Einstiegsseite des HEMS. Komparatives Feedback zum aktuellen Zählerstand und einer an die Haushaltsgröße angepassten Vergleichsgröße

Generell fiel es den Haushalten häufig schwer, eine Relation zu ihrem Energiekonsum aufzubauen. Daher sollte mit diesem Teil des Energiemonitors eine kontinuierliche Awareness für den eigenen Energieverbrauch im Verlauf des Messzeitraumes geschaffen und mit einem als typisch für die jeweilige Haushaltsgröße angesehenem Vergleichswert eine komparative Größe zur Orientierung bereitgestellt werden. Diese Seite stellt auch die Einstiegsseite zum Energiemonitor dar, weil sie unmittelbar einen Überblick über die Verbrauchssituation gibt. (Abbildung 13).

Auf ihr wird zum einen der aktuelle Zählerstand in Kilowattstunden angezeigt. Darüber hinaus zeigt ein Graph den Verlauf des aktuellen Zählerstandes seit Messbeginn. Auf Basis der letzten Rechnung wird zusätzlich in dem Graphen ein antizipierter Zählerstand seit Messbeginn bis zum Ende des laufenden Kalenderjahres berechnet. Diese Linie unterstellt eine lineare Entwicklung des Verbrauchs und berechnet die Zählerstände in Wochenabständen. Damit sollte den Haushalten ein schneller Überblick über die Entwicklung ihres Konsums im Vergleich zu einem Referenzwert der Vergangenheit gegeben werden, der vielen Teilnehmern zur Einschätzung ihres Verbrauchs vollkommen fehlte. Auch die zeitnahe Rückmeldung über den Konsum und seine Entwicklung über Tage, Wochen und Monate ist ein Angebot, das eine Papierrechnung bisher nicht anbietet und für die Durchführung von Energiepraktiken Mehrwerte bieten kann. Im Gespräch mit Karl wird der Umgang mit diesem Bildschirm deutlich:

Interviewer: „[...] Du bist ja schon schön brav noch da drunter geblieben. Da haste einmal ein bisschen gekratzt.“ [zeigt auf die Annäherung des antizipierten und realen Verbrauchsgraphen.]

Karl: „Ja, das war Mitte Oktober. Das ist der...“ [Wir zoomen in die Grafik und schauen gemeinsam bei genauerer Skalierung nach dem Tag des Verbrauchs]

Karl: „Der Dreizehnte ... Da ist dann interessant: Was war am Dreizehnten?“

Interviewer: „Die Woche vom 6. bis zum 13. ist eher energieintensiv gewesen. Dafür die Woche davor eher nicht.“

Karl: „Klick mal noch ein bisschen nach links... Da...Was haben wir da für ein Datum? Da ist der 9. Oktober. Da geht die Kurve hoch. Da tippe ich darauf, dass ich den Apfelsaft gemacht habe.“[...]

Karl: „...dann hab ich es [die Visualisierung] mir schon angeguckt.“

Interviewer: „Und was hast du damit dann angefangen?“

Karl: „ [...] Du hast dann schon überlegt: Was hast du denn gemacht, dass da so Spitzen drin waren? – Vier Stunden Rasen gemäht. Also so etwas kann man da schon rausziehen. Und gerade jetzt bei der Aufzeichnung [einzelner Geräte] noch viel mehr. [...] Und ich bin natürlich entsetzt, dass ich durch das Einkochen des Apfelsafts zu meinem antizipierten Verbrauch [aufgeschlossen habe]. [lacht] Jetzt hast du erst die ganze Arbeit: Vom Pflücken und vom Verarbeiten und bringst die Zeit auf... Und wenn du stattdessen in den Laden gehst, kaufst du dir einfach einen Liter Apfelsaft für 99 Cent.“

Karl erläutert an dieser Stelle, inwiefern ihm die angebotene Visualisierung geholfen hat, sich seinen Energiekonsum zu erklären. Er hat beim Anblick der tatsächlichen Entwicklung seines Verbrauchs im Vergleich zu dem antizipierten, linear berechneten Konsum mehrfach Lastspitzen ausgemacht. Diese Spitzen veranlassen ihn dazu, über den Auslöser dieses zusätzlichen Konsums nachzudenken. Dabei denkt Karl

ausdrücklich an eigene Aktivitäten, die er dafür verantwortlich macht und an die er sich versucht zu erinnern („Was hast du denn gemacht [...]?“). Während er das Rasenmähen nicht weiter kommentiert – möglicherweise, weil er es für sich als gerechtfertigt und notwendig erachtet -, denkt er jedoch verstärkt über seine Herstellung von Apfelsaft nach. Die macht er dafür verantwortlich, dass seine Verbrauchskurve, die zuvor unter dem antizipierten Wert lag, so angestiegen ist, dass beide Linien auf nahezu gleichem Niveau liegen. Auf Basis dieser Daten wägt Karl neu ab, ob die Mühen und durch das Selbst-Mosten verursachten Kosten gerechtfertigt sind, oder ob er damit aufhören und Apfelsaft in Zukunft kaufen sollte.

Das Beispiel zeigt, wie der Anwender durch die rückwirkende Betrachtung und die Bereitstellung einer Vergleichsmöglichkeit zu einer „normalen“ Entwicklung des Stromverbrauchs in die Lage versetzt wird, neu über seinen Konsum zu urteilen. Die Visualisierung bietet ihm durch die Referenzwerte des Vorjahres eine nützliche Orientierung, die durchweg positiv aufgenommen wurde. Sie bietet dem Anwender Anlass, seinen Energieverbrauch zu hinterfragen und in ein Verhältnis zu früheren Verbrauchsstatistiken zu setzen. Außerdem ist zu erkennen, dass ein Werkzeug, dessen sich der Anwender bedient, um den Konsum für sich mit Bedeutung zu füllen, die Rekapitulation von Tätigkeiten in dem fraglichen Zeitraum ist. Diese Bedeutungszuweisung muss jedoch der Anwender vollführen, das heißt: Er muss sich erinnern, was er zu dem Zeitpunkt getan hat, zu dem er sich seinen Konsum erklären möchte. Bei Karl konnte außerdem beobachtet werden, dass dies bei einem Rückblick über einige Wochen problematisch wird, weil der Kontext nicht mehr ohne weiteres rekonstruiert werden kann. Eine stärkere Unterstützung für die Bereitstellung von Kontext für zurückliegenden Energieverbrauch wäre an dieser Stelle vielversprechend. Dieser Ansatz wurde versucht mit einem weiteren Bildschirm zu adressieren, der in Kapitel 5.6 beschrieben wird.

Die zweite Anzeige zur Rückschau auf den gesamten Energieverbrauch im Haushalt unterstützt die Auswahl von frei zu wählenden Zeitpunkten und -räumen von Interesse und zeigt die angefallenen Verbräuche in Kilowattstunden. Diese Visualisierung dient dazu, Verbräuche auch anhand von Tages- oder Wochenrhythmen analysieren zu können, da viele Tätigkeiten möglicherweise nicht täglich durchgeführt werden, oder die Möglichkeit zu einer Beobachtung der aktuellen Werte in der gegebenen Situation nicht besteht, oder akzeptabel ist. Eine Aufzeichnung der Werte ermöglicht dem Anwender, zu einem für ihn angenehmen Zeitpunkt eine Rückblende durchzuführen und erlaubt ihm, seine Verbräuche stundengenau nachzuvollziehen.

Der früheste Zeitpunkt für eine solche Rückschau auf den historischen Verbrauch des Haushaltes ist der Moment der Inbetriebnahme der Datenübertragung vom Smart Meter. Deshalb konnte der Nutzen dieser Option erst nach einigen Wochen der praktischen Anwendung durch die Haushalte untersucht werden. Dabei stellte sich

heraus, dass die Datenübertragung vom Smart Meter einen großen Nachteil hatte, der dem Gedanken einer Infrastruktur zur Unterstützung von Energiepraktiken und damit zur Hebung von Einsparpotentialen zuwider läuft. Die historischen Verbrauchsdaten eines Abschnittes von t_0 bis t_1 konnten lediglich aus den Differenzen der absoluten Zählerstände von t_1 und t_0 berechnet werden, weil die Daten keine weitergehenden Informationen lieferten. Für den Fall, dass der Smart Energy Server im fraglichen Zeitraum t_0 bis t_1 ausgeschaltet blieb, waren dafür keine Informationen vorhanden. Die zu dieser Zeit angefallenen Verbräuche wurden dem nächsten Abschnitt angerechnet, zu dem der Smart Energy Server wieder Daten empfangen konnte. Dadurch verzerrten sich die Verbrauchsdaten und verursachten Verwirrung und Unverständnis, so entschieden wurde, diese Datenpräsentation aufgrund mangelnder technologischer Eignung der



Abbildung 14: Verzerrung der Verbrauchsinformationen. Zwischen dem ersten und fünften März war der Smart Energy Server nicht eingeschaltet, was zu falschen Verbrauchszuschreibungen zum fünften März führt

Schnittstelle in zukünftigen Versionen nur noch in höheren Granularitäten wie Wochen oder Monaten einzubeziehen. Gerade in einem ohnehin abstrakten Anwendungsfeld spielt die Zuverlässigkeit und Exaktheit eine zentrale Rolle, um das Verständnis des Anwenders zu fördern und anzureichern. Da die Smart Plugs eine lokale Zwischenspeicherung der historischen Verbrauchsdaten ermöglichten, wurde als Konsequenz aus den Erfahrungen um die Relevanz technologischer Verlässlichkeit und Genauigkeit ein zusätzlicher Mechanismus implementiert, der sicherstellen sollte, dass die ID eventuell verloren gegangener Pakete der Smart Plugs ebenfalls in die Datenbank geschrieben wird und die Daten zu einem späteren Zeitpunkt erneut abgefragt werden können.

Ein weiteres Phänomen, das bei der Benutzung des HEMS zur Rückschau auf vergangene Zeiträume zu beobachten war, betrifft Probleme bei der Auswahl eines Datumszeitraumes. Die angedachte Lösung erforderte eine spezifische Abfolge der Wahl des Datums und der Uhrzeit, was durch die Nutzer nicht erkannt wurde. Außerdem konnte nicht nachvollzogen werden, dass derselbe Kalender zunächst für das Anfangsdatum und im Anschluss auch für das Enddatum genutzt werden musste. Für die Darstellung auf einem großen Fernseh-Bildschirm und die eher ungenaue Ansteuerung mit einer Remote-Tastatur eignete sich die Variante einer Datumsauswahl nur eingeschränkt. Ziel der Verbesserungsmaßnahme war es daher, mit weniger Klicks und einer geringeren Anzahl statischer Auswahlfelder eine umfangreiche und komfortable Benutzbarkeit zu erreichen. Als attraktive Alternative wurden Schnellschaltflächen für vordefinierte Zeiträume, wie Tage, Wochen oder Monate in Erwägung gezogen. Diese sollten über große Schaltflächen bewegt und verändert werden können, um eine komfortable Steuerung auch aus einiger Entfernung zu ermöglichen. Aus diesen Gründen wurde der Mechanismus überarbeitet und auf einer neuen JAVA-Bibliothek eingesetzt: die Highstock-Gallery⁹. Diese bietet dem Entwickler dieselbe API, wie die zuvor genutzte Highcharts-Gallery, implementiert aber einige zusätzliche, optionale Hilfsmittel. So bietet sie eine integrierte zeitliche Navigation und ist auch für die Verarbeitung größerer Datenmengen optimiert, wie sie im Verlauf des Projektes zu erwarten war.

5.5 Rückschau auf Geräte-Verbrauch

Analog zu dem Ziel, rückwirkend den gesamten Haushaltverbrauch analysieren zu können, wurde eine historische Betrachtung des Energiekonsums einzelner Geräte ermöglicht. Das sollte den Teilnehmern dabei helfen, die Anteile der einzelnen Geräte am Gesamtkonsum zu relativieren und ihnen ein besseres Gefühl für die Energieintensität von energierelevanten Tätigkeiten über einen längeren Zeitraum geben. Außerdem sollte die Möglichkeit gegeben werden, Energiekonsum auf einer feingranularen Ebene in die Volkseinheit Geld umzurechnen, um diesen den Hilfsmitteln wie Kosten-Nutzen Abwägungen oder Effizienz-Überlegungen zugänglich zu machen.

Weil die Visualisierung des historischen Verbrauchs des gesamten Haushalts (Kapitel 5.4) prinzipiell gut angenommen wurde, wurde der Stil beibehalten und lediglich, wie für die ganze Visualisierung, das Bedienkonzept auf die Highcharts-Gallery umgestellt.

Jonas: „Was kann ich denn da jetzt machen? Ich könnte mir jetzt [...] anzeigen lassen, welches Gerät wie viel verbraucht?“

Interviewer: „Ja genau. [...]“

⁹ <http://www.highcharts.com/products/highstock>. Zuletzt abgerufen: 28.02.2012

Jonas: „Das ist ja schon mal viel wert, wenn man das einfach so grafisch aufbereitet sehen kann. Der monatliche Verbrauch, der tägliche vielleicht sogar. Wenn ich mir das anschauen kann [...] von mir aus in einer täglichen, wöchentlichen oder monatlichen oder Jahresübersicht, wie viel welches Gerät verbraucht hat, das find ich schon ganz gut.“

Durch die Aufschlüsselung der Verbräuche einzelner Geräte sollte eine Möglichkeit geboten werden, deren Anteil am Gesamtkonsum des Haushaltes zu bewerten. Außerdem konnte nun Relationen einzelner Verbraucher untereinander hergestellt werden, weil die Daten auch einen Langzeitvergleich zulassen und damit eine Hochrechnung beispielsweise auf Monats- oder Jahresverbräuche erleichtern. Basierend auf diesen Informationen zeigte sich, wie Teilnehmer auch weiter reichende Kategorisierungen erfanden, indem sie beispielsweise zur Aktivität „Büroarbeit“ nicht nur den Computer, sondern auch die Schreibtischlampe und den Drucker hinzuaddierten. In der Berücksichtigung solcher sinnvollen Gruppenbildungen könnte ein weiterer Entwicklungsschritt für das HEMS liegen, weil dadurch individuelle Sinnzuschreibung unterstützt wird, und die kognitive Belastung in der Aufarbeitung der Daten für den Anwender reduziert wird.

5.6 Bedeutungsunterstützung in der Tag-Cloud

Mit der Einbindung einer Tag-Cloud wurde versucht, die in der Vorstudie gemachten Erfahrungen stärker zu adressieren, um Hinweise auf spezifischere Unterstützungsmöglichkeiten von individueller Sinnzuschreibung zu erlangen. Als ein Breaching-Artefakt dafür wurde eine Tag Cloud implementiert, die Kategorisierungen, die in der Datenbank vorgehalten werden, hierarchisch widerspiegeln kann.

Diese Anreicherung der Daten mit Informationen erlaubt es dem Anwender, Aggregationen seines Stromverbrauches nach eigenen Vorstellungen vorzunehmen. Beispielsweise wurden dabei auf einer ersten Ebene Räume dargestellt, während nach einem Klick auf einen Tag, die in dem Raum befindlichen Geräte in ihrem Verbrauch relational angezeigt wurden. Auch mit einer Unterscheidung nach *activity based Services* und *background services* wurde dies umgesetzt (Abbildung 15). An dieser Stelle zeigte sich, dass eine flexible Auswahlmöglichkeit von Tags und eine Eingabe neuer Tags nach Bedarf wichtige Optionen sind, um das volle Potential solcher Visualisierungen auszuschöpfen.

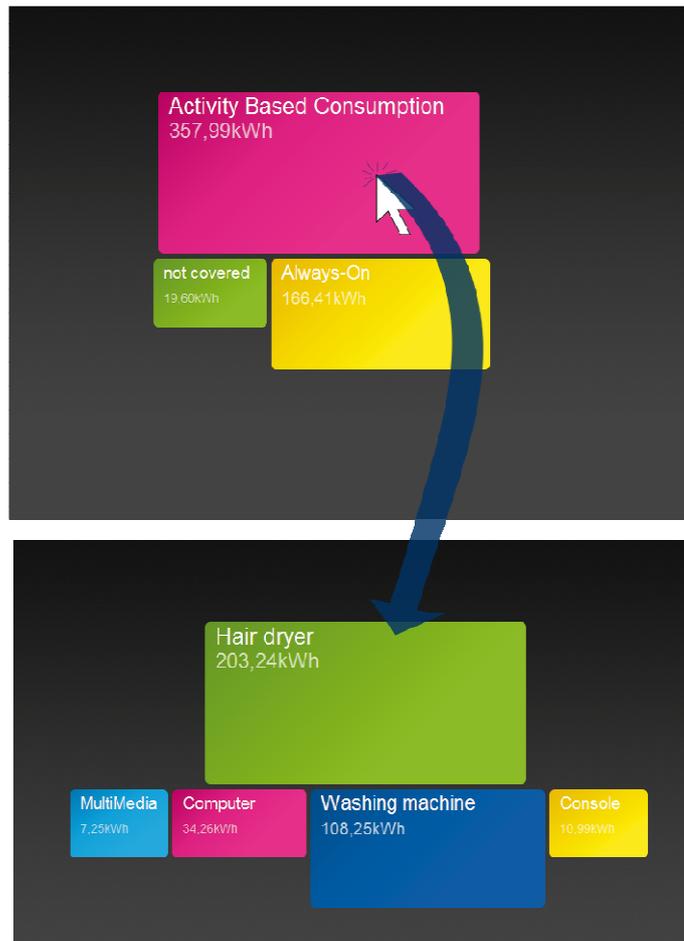


Abbildung 15: Interaktionsbeispiel für die Tag Cloud. Bei Klick auf eine übergeordnete Cloud, werden Sub-Clouds gezeigt

5.7 Erfahrungen in der Gestaltung von Aneignungsunterstützung mit dem Energiemonitor

Im Verlauf des Kapitels wurde zunächst gezeigt, wie die Auftaktinterviews die aus der Vorstudie hervorgegangenen Phänomene der Praxis in hohem Maß bestätigten. Im Anschluss wurden die diesbezüglichen Erfahrungen in der Beobachtung der Technologieaneignung beschrieben und erläutert, inwiefern die in Praxis gebrachten Visualisierungen Energiepraktiken unterstützten, welche Sinnzuschreibungsprozesse sie stimulierten und diese offen legten. In diesem Abschnitt werden die aus den Gesprächen und Beobachtungen gewonnenen Eindrücke im Hinblick auf existente Praktiken zur Erklärung von Energiekonsum verdichtet und vorgestellt. Damit sollen Entwicklern Leitlinien bereitgestellt werden, mit denen sie in zukünftigen Technologien für Energie-Feedback Aspekte der Praxis des Anwenders adressieren können, um Akzeptanz, Effektivität und Nachhaltigkeit ihrer Lösung zu fördern.

Zu Beginn des Research-through-Design-Ansatzes wurde auf Basis der Studie von Stevens und Schwartz ein Prototyp entworfen, um in bestehende Praxis einzudringen und Sinnzuschreibungsprozesse aufzudecken. Ziel war es, die vorangegangene

Untersuchung von Energiepraktiken empirisch anzureichern und gegebenenfalls zu sättigen. In der parallel ablaufenden Weiterentwicklung des Prototyps trugen die, aus der Kooperation mit den Living Labs gezogenen, Erfahrungen dazu bei, das Verständnis vom Gestaltungsraum zu präzisieren und ermöglichten es, die vorgefundenen Praktiken in der Entwicklungsarbeit zu adressieren. Die erlangten Eindrücke dieser Design Fallstudie sollen weiter dazu beitragen, Feedback für den Anwender individuell und bedeutungsvoll gestalten zu können. Auf diese Weise sollen Anschlussmöglichkeiten an bestehende Praxis angeboten und dadurch die Akzeptanz der Technologie gefördert werden, um weitere Energiesparpotentiale zu heben und für einen nachhaltigen Erfolg der Unterstützungsleistung zu sorgen.

In der Forschungsunternehmung hat sich gezeigt, dass das Ziel der Bedeutungszuweisungen für den Anwender eine Interpretation seines Energiekonsums anhand einer Abwägung von Konsum und Nutzen darstellt. In seinen Versuchen, sich eine derartige Gewichtung zu ermöglichen, zieht der Anwender in Praxis bestimmte Werkzeuge und Hilfsmittel heran. Sowohl die Abwägungsprozesse, als auch die dazu angebrachten Werkzeuge konnte man im Feld vielfach hervortreten sehen, als die Anwender versuchten, sich Energiekonsum mittels des Energiemonitors erklärbar zu machen. An dieser Stelle sollen diese noch einmal zusammengefasst und in ihrer spezifischen Unterstützungsleistung aufgeführt werden:

Die **Abwägung von Konsum und Nutzen** ist allen Erklärungsversuchen ein zugrunde liegendes, gemeinsames Muster. Diese rational motivierte Praktik bietet zwar eine Kategorisierung in verschwendete oder gerechtfertigt genutzte Energie, jedoch ist der Anwender nicht in der Lage, energierelevante Dienste zu erkennen und ihre Intensität einzuschätzen. Ohne die Ermöglichung einer Differenzierung des Konsums, durch Sinnzuschreibung im Sinne einer Ursachenforschung, kann eine Abwägung von Kosten und Nutzen nicht durchgeführt werden. Die Praktik konnte grundsätzlich in zwei Ausprägungen beobachtet werden: Entweder wird die Energieeffizienz des in Anspruch genommenen Dienstes, oder die Legitimation des Dienstes an sich beurteilt. Daraufhin entscheiden die Anwender über zu ergreifende Maßnahmen. Zur Effizienzsteigerung können andere Geräte genutzt oder gekauft werden. Die grundsätzliche Inanspruchnahme eines Dienstes kann im Hinblick auf Möglichkeiten des Verzichtes oder vorhandener Alternativen in Frage gestellt werden. Diese Auswahlprozesse kann der Anwender jedoch erst vollziehen, wenn die Nutzungssituation erfolgreich rekonstruiert werden konnte.

Grundsätzlich scheint daher die **Anreicherung des Kontextes**, innerhalb dessen energie-relevante Dienste in Anspruch genommen werden, von zentraler Bedeutung für die Ermöglichung dieser Beurteilung zu sein. Wenn auch Kontext aus konstruktivistischer Sicht nicht vollständig erfasst werden kann, so kann eine vom Nutzer angelegte Dokumentation der Verbrauchssituation eine Rekonstruktion unterstützen. Dadurch

erhalten Reflexionsprozesse eine bedeutungsvolle Basis und erlauben eine bessere Beurteilung. Die Relevanz von Kontext schlug sich im Forschungsverlauf auf zwei Ebenen nieder: Erstens war zu beobachten, wie Teilnehmer Interesse daran zeigten, den momentanen Energieverbrauch ihres aktiven Wirkungsraumes der direkten Umgebung einschätzen zu können. Dies konnte meist auf den aktuellen Aufenthaltsraum eingegrenzt werden. Zweitens zeigte sich, dass Anwender des HEMS häufig Interesse für Daten in der Vergangenheit zeigten. Zur Einordnung von Verbrauchswerten zu konkreten Situationen ihres Lebens fehlten ihnen jedoch entsprechende Kontextinformationen zu den Daten. Dadurch konnten die vorliegenden Verbräuche teilweise nicht mehr mit möglichen Ursachen verknüpft werden, um über potentiell energie-intensive Praktiken zu reflektieren.

Die Teilnehmer bewerteten ihren Energiekonsum anhand verschiedener Referenzsysteme, um sie sinnvoll einordnen zu können. Zwar wurde die Referenzgröße Geld herangezogen, es konnte jedoch festgestellt werden, dass auch andere Kategorien und Merkmale eine wichtige Hilfestellung bieten. Die am häufigsten auftretende Sinnzuschreibung von Energiekonsum fand über eine Unterscheidung des Anwenders zwischen „**Background Services**“ und „**embodied services**“ statt. Ersteres bezeichnet den Verbrauch der den Anwender umgebenden Welt, während Letzteres den Verbrauch durch dessen Wirken in der Welt bezeichnet. Diese Differenzierung geht darauf zurück, dass die Teilnehmer bestimmte Dienste in ihrer häuslichen Umgebung als unverzichtbar und in ihrem Umfang nicht reduzierbar bewerteten. Dazu zählt zum Beispiel der Betrieb von Telefonanlagen, Kühl- und Tiefkühlgeräten oder Grundwasser- und (in begrenztem Maße) Wärmepumpen. Die Inanspruchnahme von Diensten wie Kommunikationsmöglichkeiten, Kühlung von Speisen, Erwärmung der Wohnräume und Halten eines Grundwasserspiegels werden als notwendiger Bestandteil der Lebenswelt wahrgenommen und können in ihrer Nutzung lediglich optimiert, jedoch nicht auf sie verzichtet werden. Dem gegenüber stehen Verbräuche, die durch das aktive Wirken des Anwenders in der Welt verursacht werden. Dazu zählen zum Beispiel Tätigkeiten wie Kaffee kochen, fernsehen oder Haare trocknen. Eine Einordnung des Verbrauchs in diese Kategorien konnte in Kooperation mit den Haushalten häufig beobachtet werden, wenn versucht wurde, Teile der häuslichen Welt und Umwelt im Hinblick auf den Stromverbrauch zu evaluieren ging.

Als weitere, vielversprechende Kategorie für die Unterstützung von Sinnzuschreibungsprozessen zeigte sich die Einordnung von Geräten zu **Aktivitäten und Routinen**. Die Anwender bezogen sich häufig auf bestimmte Zeitpunkte in der Vergangenheit, zu denen sie bestimmte Tätigkeiten ausgeübt haben, um dadurch den Energieverbrauch der Tätigkeit insgesamt, oder einzelner daran beteiligter Faktoren eingehender untersuchen zu können. Schwierig gestaltete sich jedoch die dynamische Zuschreibung von Tags zu den über den Tag anfallenden Tätigkeiten. Deswegen ist eine

weitere Erfahrung, die aus der Zusammenarbeit mit den Living Labs entspringt, die Notwendigkeit einer **Flexibilisierung der Informationsanreicherung** der Messdaten. Auf der einen Seite verfügen die Haushalte über wenig explizites Wissen über ihre Energiepraktiken. Aus diesem Grund sollten abstrakte Kategorien, wie die der *embodied* und *background services* in eine Lösung zum Energiefeedback unter praxeologischen Gesichtspunkten bereitgestellt werden. Auf der anderen Seite erscheint es zusätzlich sinnvoll, auch je nach Bedarf während des Betriebs weitere Tags und Kategorien der Sinnzuschreibung zuzulassen.

Außerdem zeigte sich, dass die Variabilität des Feedbacks ebenso wichtig ist. Einige Haushalte verschafften sich ihre Zugänge hauptsächlich über das komparative Feedback des Eingangsbildschirms (Kapitel 5.4), andere zogen die Geräte-Aufschlüsselung vor (Kapitel 5.3 und 5.5) oder wollten anhand der Tag-Cloud und ihrer inhärenten hierarchischen Abbildung (Kapitel 5.6) nähere Untersuchungen anstellen.

Insgesamt stellte der Zugriff auf das HEMS über **mobile Endgeräte** einen nicht zu unterschätzenden Einflussfaktor dar. Eine Optimierung für diese Geräte ist aufgrund der gewählten Implementierung mittels einer lokalen Webseite mit verhältnismäßig geringem Aufwand verbunden, während sich neue Einsatzgebiete durch eine solche Unterstützung auf täten.

Schließlich trat die Frage der Nachhaltigkeit des HEMS selbst auf. Die Haushalte hatten sich bereit erklärt, an einem Forschungsunternehmen teilzuhaben, von dem sie sich versprochen, Energie einzusparen. Auf der anderen Seite erforderte jedoch die Bereitstellung des Feedbacks zum Energiekonsum einen relativ hohen Energieverbrauch. Da es sich bei dem HEMS um einen Prototypen handelte, war diese Problematik noch nicht so stark ausgeprägt. Für ein mögliches Produkt konnte jedoch bereits erkannt werden, dass die Toleranz für energieintensives Monitoring sehr gering sein würde.

6 Living Labs als Methode, Ausblick und Zusammenfassung

Dieses Kapitel beinhaltet einen Rückblick auf die Forschungsarbeit und befasst sich dazu mit drei Aspekten. Zunächst soll über die Eignung von Living Labs für den nutzerzentrierten Research-through-Design-Ansatz resümiert werden. Damit soll ein Eindruck vermittelt werden, inwiefern diese, im Hinblick auf die Einrichtung und Betreuung, relativ aufwendige Methode Vorteile in der partizipativen Entwicklung von Technologie und der Aneignungsforschung einbrachte. Danach werden aus den gemachten Erfahrungen hervorgehende Ideen für denkbare Erweiterungen des Prototyps, als Anstoß für weitere Entwicklungs- und Forschungstätigkeit skizziert. Um einen Gesamtüberblick über die Forschungsunternehmung zu erlangen, wird die Arbeit abschließend zusammengefasst.

6.1 Evaluation von Living Labs als Methode

In diesem Kapitel soll über die Eignung des gewählten Ansatzes des Grounded Designs und der damit einhergehenden Einrichtung und Betreuung von Living Labs resümiert werden. Dazu wird kurz beleuchtet, welche Vor- und Nachteile sich aus diesem Forschungsansatz für das Vorgehen ergeben haben und wie sich die praktische Arbeit mit Living Labs ausgestaltet hat.

Mit der Wahl von Living Labs für einen Research-through-Design-Prozess gehen einige Anforderungen an die Betreuung der Testhaushalte einher. So ist es für die Beobachtung von Praxis notwendig, in die tatsächliche Alltagsumgebung der Anwender zu gelangen. Dafür zentral ist die Entwicklung einer partnerschaftlichen Kommunikationskultur, die von gegenseitiger Akzeptanz und Gleichberechtigung geprägt ist. Diesen sozialen Komponenten zum Aufbau einer Vertrauensbeziehung in Living Lab-Szenarien kommt eine hohe Bedeutung zu. Sie wirken sich auf vielen verschiedenen Ebenen der Forschungsunternehmung aus, erfordern zugleich jedoch einen hohen Begleitaufwand in Form von Organisation und Kommunikation.

Im Gegenzug können Living Labs eine über einen längeren Zeitraum stabile Testumgebung liefern, über die ein tatsächlicher Zugang zum Anwendungsfeld erreicht werden kann. Wichtig dafür war es zunächst, einen ungezwungenen und freundschaftlichen Umgang mit den Teilnehmern zu pflegen. Damit konnte dazu beigetragen werden, den natürlichen Kontext durch die Anwesenheit der Forscher nicht zu beeinflussen, um die Teilnehmer bei der realitätsnahen Anwendung der Energiepraktiken beobachten zu können. Auch Interviewsituationen konnten dadurch zu einem partnerschaftlichen Gespräch aufgelockert werden, so dass tiefe Einblicke in Praxis erlangt werden konnten.

Durch die enge Betreuung der Teilnehmer und die ausdrücklich kooperative Ausrichtung des Forschungsansatzes gelang es, die Teilnehmer zu aktivieren und im

Prozess als Co-Gestalter zu erreichen. Im Verlauf der Interviews und der Gespräche über den Energiemonitor äußerten die Haushalte ihre Ideen und Wünsche frei, konstruktiv und kreativ. Wichtig dafür war es, den Haushalten das Gefühl zu vermitteln, als Experten gebraucht und für den Gestaltungsprozess ernst genommen zu werden. Durch die großen Teilhabe-Möglichkeiten konnte auch das Engagement der Teilnehmer über einen langen Zeitraum dauerhaft hoch gehalten werden. Bei der Anbringung der Smart Plugs baute ein Teilnehmer beispielsweise sogar die Spülmaschine aus seiner Einbauküche aus, um an die entsprechende Steckdose zu gelangen.

Nach anfänglich eher formalem Austausch über E-Mail, entwickelten sich individuell bevorzugte Kommunikationskanäle (Mail, Telefon, Mobiltelefon, Instant Messenger), und Termine konnten immer kurzfristiger ausgemacht werden. Im Zuge dessen erhöhte sich beispielsweise die Akzeptanz von Remote-Zugriffen auf den Energiemonitor, unter anderem um Wartungsarbeiten durchzuführen. Mit zunehmender Projektlaufzeit boten die Teilnehmer diese Eingriffe auch in ihrer Abwesenheit an. Dies erlaubte es, auch kleine Erneuerungen schnell an die Haushalte zurückzuspielen und steigerte die Effizienz der Arbeit insgesamt.

Nachteilig auf den Forschungsprozess wirkte sich aus Sicht der Forscher der Einfluss „weicher“ Faktoren aus. Das Gefühl der Sympathie und der persönlichen Verantwortung gegenüber den Haushalten verursachte beispielsweise Hemmungen, für die Haushalte nachteilige Entscheidungen zu treffen, oder ein schlechtes Gewissen, wenn Termin-Absprachen nicht eingehalten werden konnten. Das Ausmaß und der Umfang eines freundschaftlichen Umgangs mit den Teilnehmern als Enabler für die Co-Gestaltung ist daher stets gegenüber der aus dieser freundschaftlichen Stellung erwachsenden Verantwortung abzuwägen.

Außerdem stellte die Abhängigkeit von Dritten im Entwicklungsprozess, wie Zulieferern oder Software-Entwicklern, streckenweise ein Hindernis dar. Dies betrifft sowohl das Verlassen auf Bereitstellungstermine, als auch zugesagte Herstellerangaben im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit von Hardware. Es sollte daher stets kritisch zwischen Möglichkeiten der Selbsterstellung oder Drittbezug (Make-or-buy) abgewägt werden.

6.2 Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeit

In der vollzogenen Feldforschung zeigten die Anwender reges Interesse an möglichen Ausbaustufen des Energiemonitors. Dabei fielen zwei Aspekte auf, die im Rahmen dieser Arbeit nicht vertieft werden konnten, aber vielversprechende Mehrwerte für zukünftige Entwicklungs- und Forschungsarbeit bieten:

1. Erweiterte Einbettung in die Lebenswelt.

Im Rahmen des Projektes wurde für alle Haushalte Computer bereitgestellt, die über Windows 7 als Betriebssystem verfügten. Da der Energiemonitor bisher nur auf diesen Systemen zum Einsatz kam, ist er bisher ausschließlich für diese Umgebung getestet und optimiert. In zukünftigen Weiterentwicklungen sollten alternative Betriebssysteme berücksichtigt werden, um dem Anwender in der Nutzung des Energiemonitors seine bestehende Arbeitsumgebung bereitzustellen und Anknüpfungspunkte an gewohnte Routinen zu bieten. Dadurch kann die Hürde zur Nutzung der Software verringert und gleichzeitig die Akzeptanz erhöht werden. Außerdem zeigte sich im Feld ein hohes Interesse an einer mobilen Nutzung des Energiemonitors. Dabei handelte es sich bei den Endgeräten der Haushalte um Tablet-Computer und Mobiltelefone, sowohl mit iOS- als auch mit Android-Betriebssystem. Da der Energiemonitor mit Webtechnologien wie HTML und JAVA implementiert ist, kann die Software nach einer Netzwerkfreigabe auf diesen Systemen ebenfalls uneingeschränkt genutzt werden. Dadurch bietet das System gute Möglichkeiten zur Einbettung in die bestehende Lebenswelt des Anwenders, da die Hürde zur Nutzung des Energiemonitors stark verringert wird.

Aus der Untersuchung des Umgangs der Anwender mit dem Energie-Feedback wurde darüber hinaus deutlich, dass eine Flexibilisierung des Systems in zwei Dimensionen die Einbettung in die individuelle Lebenswelt fördern und Feedback-Potentiale erhöhen könnte.

Zum Einen könnte eine Flexibilisierung der Mess-Infrastruktur stärker unterstützt werden. Nachdem die Teilnehmer sich mit dem System vertraut gemacht hatten, kam es vor, dass sie beispielweise andere Geräte messen wollten, als zum Zeitpunkt der Installation. Mit der bestehenden Tag-Konfiguration hätte dies jedoch die Datenbank mit falschen Informationen versorgt und korrumpiert. Der Nutzer sollte daher sowohl zum Zeitpunkt der Installation, als auch zu jedem späteren Zeitpunkt in der Lage sein, selbstständig mit geringem Aufwand die Datenbank entsprechend anzupassen, d.h. Tags (Geräte, Aktivitäten, Personen, o.ä.) zu Smart Plugs zu setzen. Das würde es erlauben, die örtliche Flexibilität der Smart Plugs zu erhöhen.

Zweitens zeigte sich im Umgang der Teilnehmer mit dem HEMS, dass häufig versucht wurde, die Energiefeedback-Informationen zu den entsprechenden Nutzungssituationen in der Vergangenheit zu verknüpfen. Dies geschah einerseits, indem die Anwender konkrete Szenarien im Kopf hatten und den zugehörigen Energiekonsum in Erfahrung bringen wollten. Umgekehrt kam es ebenso vor, dass das Feedback des HEMS das Interesse am Verbrauchskontext weckte. Jeweils konnten Ereignisse der Vergangenheit, und damit die zum Zeitpunkt existenten Kontextinformationen, nicht mehr mit den entsprechenden Energiedaten verknüpft werden. Mit Hilfe einer erweiterten Einbettung in die bestehende Lebenswelt des Anwenders könnten beispielsweise individuelle Kontextinformationen während des Konsums von Energie aufgezeichnet werden, um die zum Zeitpunkt der Nutzung existente Sinnzuschreibung für zeitversetzte

Reflexionsprozesse zur Verfügung zu stellen. Für eine in-situ Reflexion könnte beispielsweise über mobile Geräte einzelne Smart Plugs angesprochen werden, um dadurch ihren Verbrauch abzufragen. Wenn bei zeitversetzten Reflexionsbemühungen der in der Nutzungssituation vorliegende Kontext rekonstruiert werden muss, könnte eine in-situ Dokumentation über mobile Endgeräte hilfreich sein. Denkbar wäre eine Funktionalität, die es dem Anwender zum Beispiel erlaubt, eine Erinnerungsmarke zu generieren, die außer der aktuellen Konfiguration der Smart Plugs und der Verbrauchswerte zusätzliche nutzerdefinierte Eingabeinformationen speichert. Auf diese Weise könnten vergangene Kontextinformationen auch für zeitlich versetzte Reflexionsbemühungen erhalten bleiben oder leichter wieder nachvollzogen werden.

In den Haushalten fanden sich außerdem teilweise bereits bestehende Lösungen zur Steuerung von Steckdosen, um Geräte auch aus der Ferne ein- und ausschalten zu können. Da die Smart Plugs diese Befehle ebenfalls unterstützen und dadurch die Anwender in die Lage versetzt werden, komfortable Kontrolle über ihren Energiekonsum zu erhalten, erscheint eine dahingehende Erweiterung des Funktionsumfangs - vor allem für mobile Geräte - sinnvoll.

2. Eine gesteigerte Nachhaltigkeit der Backend-Lösung

Die Nachhaltigkeit des Energiemonitors selbst wurde in den Forschungsbemühungen zunächst vernachlässigt. So ist es beispielsweise zurzeit noch notwendig, dass zur Nutzung des Energiemonitors auf mobilen Endgeräten der Smart Energy Server mitläuft, weil dieser die Anwendung beherbergt. Außerdem wurde der Smart Energy Server an einen großen LCD Fernseher angeschlossen, so dass dieser bei der Nutzung des Energiemonitors meist zusätzlichen Energieverbrauch verursachte.

Eine Möglichkeit, dieser Herausforderung zu begegnen, ist die Migration der Datenhaltung und Software auf den heimischen Router, oder energieeffiziente NAS-Systeme oder Heimserver. Jedem Endgerät kann auf diese Weise die Visualisierung durch das Heimnetzwerk zugänglich gemacht werden, wobei nur wenig oder gar kein zusätzlicher Verbrauch durch die Nutzung des Smart Energy Servers verursacht wird. Diese Lösung erlaubt darüber hinaus einen geschützten Zugriff auf den Energiemonitor von außerhalb des lokalen Netzwerkes und dadurch beispielweise eine Steuerung der Smart Plugs über das Internet.

Mit den beiden vorgestellten Erweiterungsmöglichkeiten wird einerseits auf eine verbesserte Akzeptanz und Effizienz des Energiemonitors abgezielt und andererseits durch eine Anpassung des Funktionsumfangs der Raum für mobile Endgeräte und für die Erforschung möglicher weiterer Unterstützungsleistungen für Energiepraktiken geöffnet.

6.3 Zusammenfassung

Diese Arbeit dokumentiert einen beispielhaften Prozess nutzerzentrierter Softwareentwicklung im komplexen Feld der Energie-Feedback-Forschung, bei dem der Anwender und seine lebensweltlichen Praktiken als Richtlinien fungieren, um nutzbare, effektive und nachhaltige Technologie zu gestalten. Im Rahmen dieser Masterarbeit sollten die in einer Vorstudie von Stevens und Schwartz vorgefundenen Energiepraktiken empirisch angereichert und Potentiale ihrer Unterstützung durch IKT ausgelotet werden. Parallel wurde ein Research-through-Design-Prozess angestoßen, indem eine technologische Infrastruktur entwickelt worden ist, die in der Lage ist, Energieverbrauch in Privathaushalten mit einem hohen Detailgrad zu visualisieren und Relationen zum Gesamtverbrauch des Haushaltes herzustellen. Darüber hinaus werden sowohl aktuelle Verbrauchsinformationen in Watt, als auch Nutzungsstatistiken in Kilowattstunden angeboten. Dieser Prototyp diente dazu, die in Living Labs organisierten Anwender dabei zu beobachten, wie sie in der Interaktion mit der neuen Technologie in ihrem natürlichen Kontext, Erklärungen von Energiekonsum und dazu genutzte Werkzeuge und Hilfsmittel anbringen. In diesen Beobachtungen und im Gespräch mit den Anwendern über ihren Energiekonsum und die verschiedenen Visualisierungsoptionen konnten die in der Vorstudie erwähnten Praktiken in der Aneignung der neuen Technologie wiedererkannt werden.

Eine besondere Herausforderung stellte es daraufhin dar, eine Unterstützungsleistung anzubieten, die gezielt die Methoden des Erklärbarmachens adressiert und Energiedaten mit Sinn anreichert. Die konkrete Adressierung der individuellen Sinnzuschreibungsmethoden wurde in Kapitel 5.6 angestoßen, indem eine Tag-Cloud über zwei Ebenen mit unterschiedlichen Gruppierungen von Geräten implementiert wurde. Auf der ersten Ebene wurden die Messdaten auf Basis von Räumen oder ihrer Zugehörigkeit zu *embodied services* bzw. *background services* eingeordnet. Nach einem Klick auf eine der Clouds konnten die in die jeweiligen Kategorien eingeordneten Geräte betrachtet werden. Der Anwender konnte dadurch verschiedene bedeutungsvolle Kategorisierungen seines Energiekonsums und dahinterliegende Anteile der einzelnen Geräte einsehen. Diese Implementierung steht beispielhaft für eine fortzuführende und auszubauende Entwicklung phänomenologisch bedeutsamer Visualisierungen zur Unterstützung von Energiepraktiken.

In dieser Arbeit konnten darüber hinaus Phänomene der Praxis, die Stevens und Schwartz in ihrer Untersuchung vorfanden, empirisch angereichert und teilweise gesättigt werden. Mit diesen Erfahrungen wird in zukünftiger Zusammenarbeit mit den Living Labs versucht werden, im Feld des interaktiven Energie-Feedbacks weitere Potentiale eines HEMS zu explorieren. Im Themenfeld der HCI bietet sich dabei als ein mögliches Forschungsfeld der Ausbau einer Einbettung des Systems in die Lebenswelt des Anwenders an. Gerade aus einer praxeologischen Sichtweise verspricht dieser

Aspekt, der die zeitunabhängige Bereitstellung von Kontextinformationen zur Rekonstruktion von angebrachten Referenzsystemen einer Nutzungssituation zu fördern versucht, weitere Potentiale zur Erklärung häuslichen Energiekonsums freizusetzen.

Der partizipative Gestaltungsprozess, der mit der Einrichtung von Living Labs angestoßen wurde, erlaubte gute Einblicke in lebensnahe Anwendung von Energiepraktiken im Zusammenhang mit dem Energiemonitor. Die Haushalte öffneten sich zunehmend und erkannten ihre gleichberechtigte Stellung im Forschungsprozess, so dass sie eine aktive und kreative Rolle einnahmen. Nachteilig wirkte sich auf den Forschungsprozess die Abhängigkeit von Angaben und Verhalten Dritter, wie Hardware-Herstellern und kooperierenden Designern aus. An dieser Stelle sollte stets abgewogen werden, wie gut externen Partnern vertraut werden kann, und ob das Auslagern von Leistungen gegebenenfalls vermieden werden könnte oder sollte.

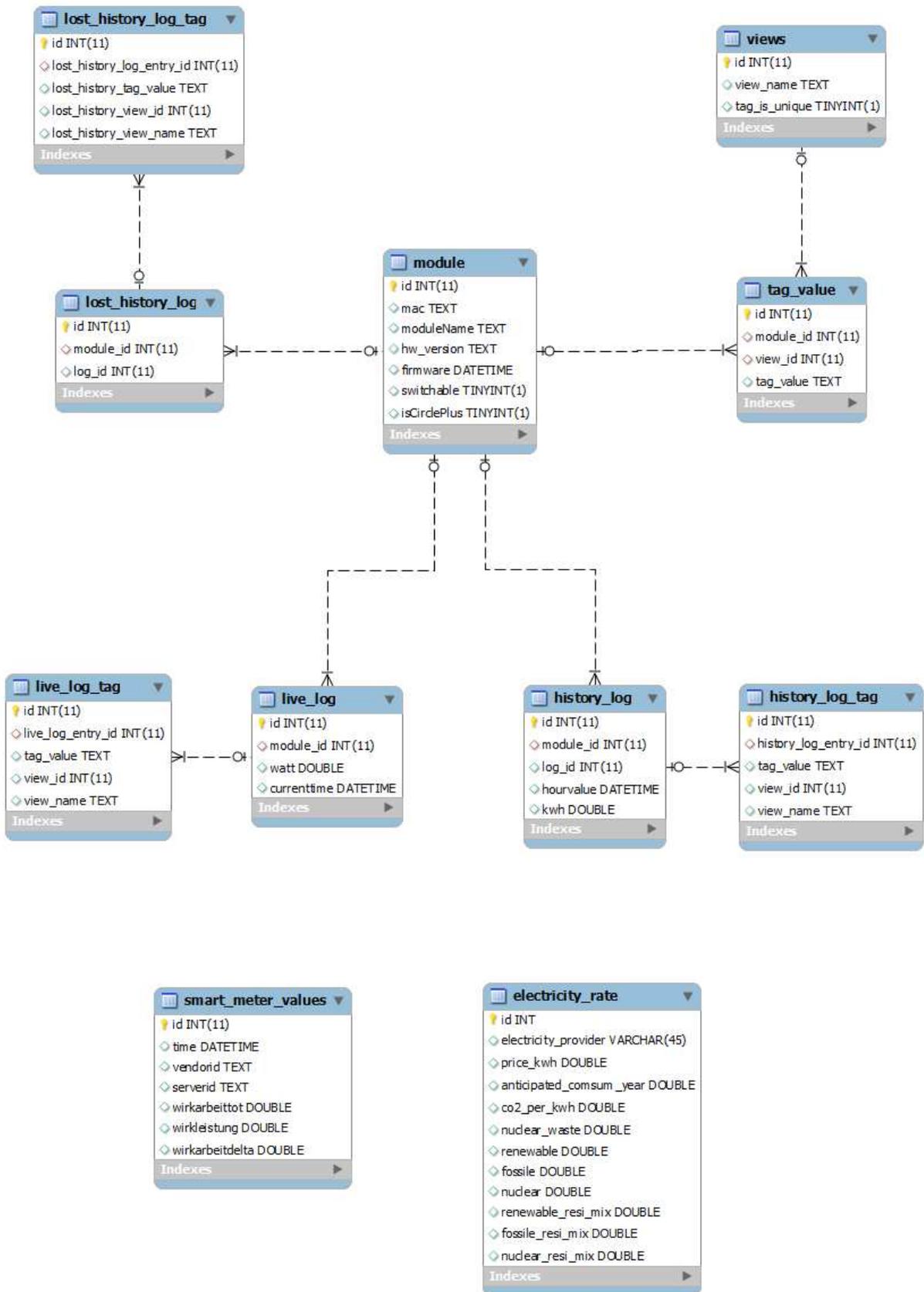
Der Prototyp, wie er zum Abschluss der vorliegenden Arbeit vorliegt, ist nicht als finales Produkt anzusehen. Vielmehr soll er auch in Zukunft dazu dienen, Energiepraktiken in der Anwendung flexibel aufzudecken und zu untersuchen, sowie Unterstützungsmöglichkeiten, wie speziell in Kapitel 5.6 geschehen, zu erproben. Für zukünftige Erweiterungen kann eine stärkere Akzentuierung der Gestaltung für mobile Endgeräte und eine Verbesserung der Energieintensität des Energiemonitors angestrebt werden. Mit diesen Maßnahmen und den aus der Praxis motivierten Gestaltungshinweisen kann nach den gemachten Erfahrungen weiter dazu beigetragen werden, die Akzeptanz, Nutzbarkeit und Effektivität von Energie-Feedback-Technologie im Alltag zu stärken und dadurch Energieeinsparpotentiale im privaten Haushalt zu heben.

7 Anhang

Anhang A: Beispielhafte Aufschlüsselung einer ZigBee-Nachricht

Daten	Datentyp	Bedeutung
0024	Integer	Identifizier des Nachrichtentyps
0F5F	Integer	Fortlaufende Identifikationsnummer der jeweiligen Anfrage
000D6F0000883A854	Unsigned 64 Bit Integer	MAC-Adresse des Moduls
0B	Byte	Jahr der internen Uhr des Moduls in Hexadezimal, von 2000 an.
02	Byte	Monat der internen Uhr des Moduls in Hexadezimal.
1AAB	Unsigned 16bit Integer	Anzahl der Minuten der internen Uhr des NM in Hexadezimal.
C5234	32Bit Integer	Gegenwärtige Log-Adresse des NM. Zeigt die Speicheradresse im Modul, der ältesten, nicht abgerufenen Information über Energieverbrauch in der Vergangenheit.
01	Boolean	Zeigt an, ob der Knoten gerade Stromzufuhr zulässt oder nicht (an/aus)
85	Byte	Zeigt die Frequenz, mit der das Modul arbeitet
000004730007	String	String gibt die Hardware-Version des Moduls an.
4AA66380	32Bit Integer	Kodiert die Firmware-Version des Moduls.
01	Byte	Unbekannt

Anhang B: Erweitertes Entity-Relationship-Model (ERM) der Datenbank



8 Literaturverzeichnis

- ABRAHAMSE, W., STEG, L., VLEK, C., UND ROTHENGATTER, T. 2005. A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology* 25, 3, 273–291.
- AJZEN, I., UND FISHBEIN, M. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- BLEVIS, E. 2007. Sustainable interaction design: invention & disposal, renewal & reuse. In *CHI 2007. Reach beyond : conference proceedings : Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California, USA, April 28-May 3, 2007*, J. BEGOLE, Ed. ACM, New York, NY, USA, 503–512.
- BMU SCHWEIZ. 2009. *Comparison of energy efficiency solutions for households applying electrical energy measurement of individual consumers. Vergleich verschiedener Effizienzlösungen mit Einzelverbraucherermessung für Haushalte*.
- BOURDIEU, P. 1972. *Esquisse d'une théorie de la pratique, précédé de trois études d'ethnologie kabyle* 6. Droz, Genf.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE. 2006. *Potenziale der Informations- und Kommunikations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy)*, Bad Honnef.
- CHETTY, M., TRAN, D., UND GRINTER, R.E. 2008. Getting to green: understanding resource consumption in the home. In *UbiComp 2008. Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Computing : September 21-24, 2008, Seoul, Korea*, H. Y. YOUN UND W.-D. CHO, Eds. ACM, New York, NY, USA, 242–251.
- CRABTREE, A. 2004. Design in the absence of practice. In *Designing interactive systems, DIS 2004. Cambridge, Massachusetts, 1-4 August 2004 : across the spectrum : publication based on the Designing Interactive Systems Conference*, D. BENYON UND P. MOODY, Eds. ACM, New York, NY, USA, 59–68.
- DARBY, S. 2001. Making it obvious: designing feedback into energy consumption. In *Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting*, P. BERTOLDI, A. RICCI UND A. DE ALMEIDA, Eds. Berlin, Springer-Verlag, 685–696.
- DARBY, S. 2006. The effectiveness of Feedback on energy Consumption. *A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and direct Displays, April*. citeulike-article-id:2162878.
- DAVISON, R., MARTINSONS, M.G., UND KOCK, N. 2004. Principles of canonical action research. *Information Systems Journal* 14, 14 // 1, 65–86.
- DISALVO, C., UND SENEGERS, P. 2010. Mapping the landscape of sustainable HCI. In *CHI 2010 : we are HCI. Conference proceedings, Atlanta, Ga, USA, April 10-15, 2010*, E. D. MYNATT, S. E. HUDSON UND G. FITZPATRICK, Eds. ACM, New York, NY, USA, 1975–1984.
- ELLIS, P., UND GASKELL, G. 1978. *A review of social research on the individual energy consumer*. Unpublished manuscript. Department of Social Psychology, London School of Economics.
- ELSTER, J. 1986. *Rational choice*. New York University Press, Washington Square, N.Y.
- ENGELHARD, K., Ed. 1998. *Umwelt und nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Lokalen Agenda 21*. Waxmann, Münster.
- ERIKSSON, M., NIITAMO, V.-P., UND KULKKI, S. *State-of-the-art in utilizing Living Labs approach to user-centric ICT innovation - a European approach*, Lulea University of Technology Sweden.

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2008. *Energy and environment report 2008*. European Environment Agency; Office for Official Publications of the European Communities, Copenhagen, Luxembourg.
- FAWCETT, T. 2000. Lower carbon futures for European households. *Appliance Efficiency*, 6-10.
- FITZPATRICK, G., UND SMITH, G. 2009. Technology-Enabled Feedback on Domestic Energy Consumption: Articulating a Set of Design Concerns. *IEEE Pervasive Comput* 8, 1, 37-44.
- FLOYD, C., MEHL, W.-M., RESIN, F.-M., SCHMIDT, G., UND WOLF, G. 1989. Out of Scandinavia: Alternative Approaches to Software Design and System Development. In *International journal of human-computer interaction*, INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. UND HUMAN INTERFACE SOCIETY., Eds. Ablex Pub. Corp, Norwood, N.J, 253-350.
- FORSA. 2010. *Erfolgsfaktoren von Smart Metering aus Verbrauchersicht*, Berlin.
- FOUCAULT, M. 1984a. *Histoire de la sexualité*. Le souci de soi 3. Gallimard, Paris.
- FOUCAULT, M. 1984b. *Histoire de la sexualité*. L'usage du plaisir 3. Gallimard, Paris.
- FROEHLICH, J. 2009. Promoting Energy Efficient Behaviors in the Home through Feedback: The Role of Human-Computer Interaction. *HCIC 2009 Winter Workshop*.
- FROEHLICH, J., FINDLATER, L., UND LANDAY, J. 2010. The design of eco-feedback technology. In *CHI 2010 : we are HCI. Conference proceedings, Atlanta, Ga, USA, April 10-15, 2010*, E. D. MYNATT, S. E. HUDSON UND G. FITZPATRICK, Eds. ACM, New York, NY, USA, 1999.
- GARFINKEL, H. 1984, c1967. *Studies in ethnomethodology*. Polity Press, Cambridge, UK.
- GELLER, E. 1990. Behavior analysis and environmental protection: Where have all the flowers gone? In *Journal of Applied Behavior Analysis*, SOCIETY FOR THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BEHAVIOR, Ed. University of Kansas Dep. of Human Development., Lawrence, Kansas, 269-273.
- GELLER, E.S., UND LEHMAN, P.K. 2004. Behavior analysis and environmental protection: Accomplishments und potential for more. In *Behavior and Social Issues*, 13-32.
- GELLER, E.S., WINETT, R.A., UND EVERETT, P.B. 1982. *Preserving the environment. New strategies for behavior change*. Pergamon Press, New York.
- GIDDENS, A. 1979. *Central problems in social theory. Action, structure and contradiction in social analysis*. University of California Press, Berkeley.
- GIDDENS, A. 1984. *The constitution of society. Introduction of the theory of structuration*. University of California Press, Berkeley.
- GILMORE, T., RAMIREZ, R., UND KRANTZ, J. 1986. Action-Based Modes of Inquiry and the Host-Researcher Relationship. *Consultation* 5, 3, 160-176.
- GOODMAN, E. 2009. Three environmental discourses in human-computer interaction. In *Information Foraging in E-Voting*, R. K. VATRAPU UND S. P. ROBERTSON, Eds. ACM, New York, NY, USA, 2535-2545.
- GRAM-HANSEN, K. 2004. Domestic electricity consumption: Consumers and appliances. In *The ecological economics of consumption*, L. A. REISCH UND I. RØPKE, Eds. E. Elgar, Cheltenham, UK ; Northampton, MA, 132-150.
- GRAM-HANSEN, K. 2009. Standby Consumption in Households Analyzed With a Practice Theory Approach. *Journal of Industrial Ecology* 14, 1, 150-165.
- HARRISON, S., TATAR, D., UND SENEGERS, P. 2007. The Three Paradigms of HCI. In *CHI 2007. Reach beyond : conference proceedings : Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California, USA, April 28-May 3, 2007*, J. BEGOLE, Ed. ACM, New York, NY, USA.
- HE, H.A., GREENBERG, S., UND HUANG, E.M. 2010. One size does not fit all. Applying the Transtheoretical Model to Energy Feedback Technology Design. In *CHI 2010 : we are HCI*.

- Conference proceedings, Atlanta, Ga, USA, April 10-15, 2010, E. D. MYNATT, S. E. HUDSON UND G. FITZPATRICK, Eds. ACM, New York, NY, USA, 927–936.
- HITZLER, R., UND PFADENHAUER, M. 2005. *Gegenwärtige Zukünfte. Interpretative Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Diagnose und Prognose*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- HOMANS, G.C. 1961. *Social behaviour. Its elementary forms*. Routledge und Kegan Paul, London.
- JACKSON, T. 2005. *Motivating Sustainable Consumption*. Sustainable Development Research Network.
- KEMPTON, W., UND MONTGOMERY, L. 1982. Folk quantification of energy. *Energy* 7, 10, 817–827.
- LEWIN, K. 1946. Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues* 2, 4, 34–46.
- LUTZENHISER, L. 1993. Social and Behavioral Aspects of Energy use. *Annual Review of Energy and the Environment* 18, 1, 247–289.
- MANKOFF, J.C., ROSSON, M.B., GILMORE, D., BLEVIS, E., BORNING, A., FRIEDMAN, B., FUSSELL, S.R., HASBROUCK, J., WOODRUFF, A., UND SENGERS, P. 2007. Environmental sustainability and interaction. In *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*. ACM, New York, NY, USA, 2121–2124.
- MCCALLEY, L. 2002. Energy conservation through product-integrated feedback: The roles of goal-setting and social orientation. *Journal of Economic Psychology* 23, 5, 589–603.
- NETT, B., UND STEVENS, G. 2009. Business Ethnography – Aktionsforschung als Beitrag zu einer reflexiven Technikgestaltung. In *Wissenschaftstheorie und gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik*, J. BECKER, H. KRUMHOLTZ UND B. NIEHAVES, Eds. Physica-Verlag HD, 43–67.
- OGONOWSKI, C., STEVENS, G., HESS, J. UND WULF, V. 2011. *Mediating between the diverse perspectives within a Living Lab*. Unveröffentlichtes Manuskript.
- PIERCE, J., UND PAULOS, E. 2010. Materializing energy. In *DIS 2010. Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems : August 16-20, 2010, Aarhus, Denmark*, K. HALSKOV UND M. G. PETERSEN, Eds. ACM, New York, NY, USA, 113–122.
- PIERCE, J., ODOM, W., UND BLEVIS, E. 2008. Energy aware dwelling. In *Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction. Designing for habitus and habitat : Cairns, Australia, 8-12 December, 2008 : OZCHI 2008*, F. VETERE, C. GRAHAM UND C. SATCHELL, Eds. ACM, New York, NY, USA, 1–8.
- PIERCE, J., SCHIANO, D.J., UND PAULOS, E. 2010. Home, habits, and energy: examining domestic interactions and energy consumption. In *CHI 2010 : we are HCI. Conference proceedings, Atlanta, Ga, USA, April 10-15, 2010*, E. D. MYNATT, S. E. HUDSON UND G. FITZPATRICK, Eds. ACM, New York, NY, USA, 1985–1994.
- RECKWITZ, A. 2002. Toward a Theory of Social Practices: A Development in Culturalist Theorizing. *European Journal of Social Theory* 5, 2, 243–263.
- ROHRACHER, H. 2008. Energy systems in transition: contributions from social sciences. *IJETM* 9, 2/3, 144–161.
- ROSA, E.A., MACHLIS, G.E., UND KEATING, K.M. 1988. Energy and Society. *Annu. Rev. Sociol.* 14, 1, 149–172.
- SCHATZKI, T.R. 2008. *Social practices. A Wittgensteinian approach to human activity and the social*. Cambridge Univ. Press, Cambridge [u.a.].

- SELIGMAN, C., BECKER, L.J., UND DARLEY, J.M. 1981. Encouraging residential energy conservation through feedback. In *Advances in environmental psychology*, A. BAUM, Ed. Erlbaum Associates, New York, 93–113.
- SHOVE, E., UND CHAPPELLS, H. 2005. Debating the future of comfort: environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment. *Building Research & Information* 33, 1, 32–40.
- SHOVE, E., LUTZENHISER, L., KEMPTON, W., UND WILHITE, H. 2000. Twenty Years of Energy Demand Management: We Know More About Individual Behavior But How Much Do We Really Know About Demand? In *2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings - Proceedings. Efficiency and Sustainability*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 8435–8454.
- SOCOLOW, R.H. 1978. *Saving energy in the home. Princeton's experiments at Twin Rivers*. Ballinger Pub. Co., Cambridge, Mass.
- SONDEREGGER, R.C. 1978. Movers and stayers: The resident's contribution to variation across houses in energy consumption for space heating. *Energy and Buildings* 1, 3, 313–324.
- STERN, P.C., UND ARONSON, E., Eds. 1984. *Energy use. The human dimension*. W.H. Freeman, New York.
- STEVENS, G., DRAXLER, S. UND WULF, V. 2010. *Grounded Design: Analyzing Practices: Inventing Futures*. Unveröffentlichtes Manuskript.
- STRAUSS, A.L. 1969. The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. *The British Journal of Sociology* 20, 2, 227.
- THØGERSEN, J., UND ÖLANDER, F. 2002. Human values and the emergence of a sustainable consumption pattern: A panel study. *Journal of Economic Psychology* 23, 5, 605–630.
- WARDE, A. 2005. Consumption and Theories of Practice. *Journal of Consumer Culture* 5, 2, 131–153.
- WILK, R.R., UND WILHITE, H.L. 1985. Why don't people weatherize their homes? An ethnographic solution. *Energy* 10, 5, 621–629.
- WULF, V. 2009. Theorien sozialer Praktiken zur Fundierung der Wirtschaftsinformatik. In *Wissenschaftstheorie und gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik*, J. BECKER, H. KRUMHOLTZ UND B. NIEHAVES, Eds. Physica-Verlag HD, 211–224.
- WULF, V., UND ROHDE, M. 1995. Towards an integrated organization and technology development. In *DIS '95. Symposium on Designing Interactive Systems, Processes, Practices, Methods & Techniques : conference proceedings, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, August 23-25, 1995*, G. M. OLSON UND S. SCHUBERT, Eds. ACM, New York, NY, USA, 55–64.
- WULF, V., ROHDE, M., PIPEK, V., UND STEVENS, G. 2011. Engaging with practices: design case studies as a research framework in CSCW. In *CSCW'11. Proceedings of the ACM 2011 Conference on Computer Supported Cooperative Work; March 19 - 23, 2011, Hangzhou, China*. ACM, New York, NY, 505–512.
- ZIMMERMAN, J., FORLIZZI, J., UND EVENSON, S. 2007. Research through design as a method for interaction design research in HCI. In *CHI 2007. Reach beyond : conference proceedings : Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California, USA, April 28-May 3, 2007*, J. BEGOLE, Ed. ACM, New York, NY, USA, 493.

ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, insbesondere keine anderen als die angegebenen Informationen aus dem Internet.

Diejenigen Paragraphen der für mich gültigen Prüfungsordnung, welche etwaige Betrugsversuche betreffen, habe ich zur Kenntnis genommen.

Der Speicherung meiner Master-Arbeit zum Zweck der Plagiatsprüfung stimme ich zu. Ich versichere, dass die elektronische Version mit der gedruckten Version inhaltlich übereinstimmt.

.....

(Ort, Datum)

.....

Unterschrift des Verfassers