

Persuasive End-User Energy Management

Publizierbarer Endbericht

Kurztitel	PEEM
Langtitel	Persuasive End-User Energy Management
Projektnummer	825501
Programm/Programmlinie	Neue Energien 2020 3. Ausschreibung
Antragsteller	CURE Center for Usability Research & Engineering
Projektpartner	University of Salzburg, ICT&S Center for Advanced Studies and Research in Information and Communication Technologies & Society, HCI Unit (PLUS) Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation (Salzburg AG)
Autoren	Johann Schrammel Cornelia Gerdenitsch Patricia Kluckner Astrid Weiss Marietta Stutz

1 Synopsis

Das Ziel des Projektes PEEM ist es, neue persuasive Strategien zu entwickeln und anzuwenden um Energieverbraucher in ihrem Verbrauchsverhalten zu beeinflussen. Innerhalb des Projektes wurde ein detailliertes Konzept eines Prototyps anhand eines nutzerzentrierten Designprozess entwickelt. Innerhalb dieses Designprozesses wurden der Kontext, Anforderungen, Barrieren sowie Designvorstellungen von Nutzern empirisch erforscht. Es wurde ein voll funktionsfähiger Prototyp implementiert und in 24 Testhaushalten für die Dauer von 6 Monaten installiert. Die Ergebnisse des Feldversuches zeigen, dass die entwickelten Konzepte auf positive Resonanz bei den Nutzern treffen und dass geringe Verschiebungseffekte erreicht werden können.

2 Einleitung

Studien in privaten Haushalten haben aufgezeigt, dass detailliertes Feedback zum Energieverbrauch wesentlich zur Erreichung lang anhaltender Effekte beim Energiesparen beitragen kann. Allerdings bieten existierende Lösungen wie jährliche Rechnungen oder konventionelle Home-Energy-Displays das Feedback nicht zum richtigen oder passenden Zeitpunkt an. Somit ist Feedback schwierig zu verstehen und verlangt damit von den VerbraucherInnen einen mentalen Prozess ab, die Information in adäquate Schritte umzuwandeln. Darüber hinaus wird die Information nicht in einem Kontext präsentiert in welcher diese am meisten nutzt, nämlich während der Interaktion mit den Home-Displays und der Umgebung, da meist eine direkte und spürbare Verbindung zum Verbraucherverhalten fehlt. Aktuelle Mechanismen haben oft Nachteile in Bezug auf die lang anhaltende Effektivität, da anfängliche Begeisterung abschwächt sobald der Novitätsfaktor vorüber ist. PEEM zielt auf eine Verbesserung der Kommunikation im Energiefeedback, welche die VerbraucherInnen nahtlos in die Umgebung einbettet. Das Feedback wird genau dann gegeben, wenn es am nützlichsten und effizientesten ist. Ein solcher Ansatz kann den Komfort der VerbraucherInnen vermehren, da keine abstrakten Übersetzungen und explizite Aufmerksamkeit für die angestrebten Ziele erforderlich sind. Es werden außerdem positive Effekte auf nachhaltige Verhaltensänderungen erwartet. Das Konzept der Verhaltensänderung mithilfe von Technologie und adäquaten Schnittstellen wird auch als persuasive Technologie rezipiert.

Der Hauptpunkt der Studie liegt darin, persuasive Technologien für Verhaltensänderungen zu optimierten Energieverhalten hin zu erforschen. Aktuelle Technologiefortschritte bezüglich Rechenleistung, Verbindungsfähigkeit, Zugang zu Daten und Hardwarekosten erlauben das günstige Einbinden persuasiver Technologien in immer mehr Szenarien. Daher sind sehr fortschrittliche und progressive Strategien bei Persuasion möglich. Das hohe Potential solcher Ansätze hat sich in mehreren Kontexten bewiesen. Im PEEM-Projekt sollen die Möglichkeiten umgebender und persuasiver Home-Displays für gezielte Strategien zur Energieeinsparung/verlagerung in Privathaushalten erforscht werden. Das Projekt liefert wertvolle Resultate auf mehreren Ebenen: Auf der ersten Ebene wurden neue Prototypen und Werkzeuge entwickelt, die persuasives Energiefeedback liefern. Auf der zweiten Ebene werden Richtlinien zur bestmöglichen Verwendung von umgebendem Energiefeedback im häuslichen Kontext definiert. Auf der dritten und letzten Ebene wird eine empirische Quantifizierung der erreichten Kenngrößen unter Verwendung von persuasiven umgebenden Displays definiert.

Das Wissen und die Ansätze, die in PEEM generiert werden, können zu energiebezogenen Verhaltensänderungen in privaten Haushalten führen ohne Abstriche im Komfort der BewohnerInnen oder dem Zwang zu bestimmten Aktionen in Kauf nehmen zu müssen. Das Hinführen zu positivem

Energieverhalten wird auf natürliche Weise in das Leben und die Umgebung der NutzerInnen eingebettet.

3 Inhaltliche Darstellung

Persuasive Strategien und Verhaltensbarrieren

Im einem ersten Arbeitsschritt hat sich das Konsortium intensiv mit der Recherche von relevanter existierender Literatur in den Bereichen Persuasion, Ambient Displays und geeigneten Forschungs-/Untersuchungsmethoden für Energie-Feedback auseinander gesetzt und eine umfassende State-of-the-Art Analyse durchgeführt. Untenstehende Tabelle zeigt eine Übersicht über unterschiedliche identifizierte Ansätze (siehe auch Gerdenitsch et al., 2011).

Persuasives System	Beschreibung des Systems	Referenz
Google Power Meter	PowerMeter von Google, Hohm von Microsoft und Green Pocket sind Softwarelösungen für die Visualisierung des Energieverbrauchs im Haushalt. Diese Systeme zeigen den aktuellen und vorigen Energieverbrauch durch Abbildungen. Es besteht jedoch das Bedürfnis nach kognitivem Aufwand, so dass es ist nicht für alle Benutzergruppen zugänglich ist.	www.google.com/powermeter
Microsoft Hohm		www.microsoft-hohm.com
Green Pocket		www.greenpocket.de
Ubigreen	Feedback zum Transportverhalten wird durch Ubigreen und PEIR zur Verfügung gestellt. Diese Systeme zielen darauf ab die grünen Transportgewohnheiten durch die Visualisierung der ökologischen Auswirkung zu unterstützen.	Froehlich et al., 2009
PEIR		Mun et al., 2009
Energy Orb	Energy orb, Power Aware Cord, Show-me und Wattson sind vier Beispiele für ambiente Geräte, welche die energie-relevanten Informationen in Echtzeit zur Verfügung stellen. Visualisierungen werden verwendet um die Aufmerksamkeit des Benutzers anzuziehen. Wattson und Waterbot stellen zusätzlich die Möglichkeit den Verbrauch mit anderen zu vergleichen zur Verfügung.	www.ambientdevices.com/cat/orb
Power Aware Cord		Gustafsson & Gyllenswärd, 2005
Show-me		Kappel & Grechenig, 2009
Wattson		www.diykyoto.com/uk
Waterbot		Arroyo et al., 2005
PowerHouse	PowerHouse und PowerAgent sind zwei Spiele mit dem Ziel die Energiesenkung im Haushalt anzuregen.	Bang et al., 2006
Power Agent		Gustafsson & Bang, 2008
Virtual Polar Bear	Ecoland und Virtaul Polar Bear geben Feedback zur gesamten ökologischen Auswirkung über einen virtuellen Avatars (die Familie oder ein Bär). Abhängig vom Umweltverhalten, ändert sich die Größe der Eisscholle und das Wasser um die Eisscholle beginnt zu steigen.	Dillahunt et al., 2008
Ecoland		Takayama & Lehdonvirta, 2009

Tabelle 1: Übersicht über persuasive Systeme

Die Recherche hat deutlich gemacht, dass es eine Vielzahl an Forschungsarbeiten zu den Bereichen nachhaltiger Wasserverbrauch, CO₂-Reduktion und Recycling gibt, jedoch bisher wenig im Bereich „Energiesparen“ untersucht wurde und es vor allem an Langzeit-Studienergebnissen mangelt. Dennoch konnten wichtige Anhaltspunkte zur Messung von Verhaltensänderung durch persuasive Technologien im Themenbereich Energie-Feedback gefunden werden. In einem nächsten Schritt hat PLUS Interviews mit Energiesparberatern der Salzburg AG durchgeführt, um aus Expertensicht zu erfahren welche Bedürfnisse und Fragen der Konsument in punkto Energiesparen aktuell hat und welche existierende Strategien Haushalte momentan anwenden können, um Energie zu sparen. Durch diese Interviews konnten relevante Erkenntnisse über Hemmschwellen und Barrieren des Energiesparens von Privathaushalten identifiziert werden. Des Weiteren gaben die Interviews Auskunft über potentielle Gestaltelemente und persuasive Strategien aus Expertensicht. Weiteres wurde in Synergie mit dem Projekt Consumer2Grid eine Studie zur Erfassung von Verhaltensbarrieren durchgeführt (Gerdenitsch et al. 2011a). Das zentrale Ergebnis ist in der folgenden Abbildung präsentiert (siehe Abbildung 1). Fehlende Aufmerksamkeit und Komfort sind die beiden Hauptbarrieren, die Personen im Haushalt daran hindern sich energiesparsam zu verhalten.

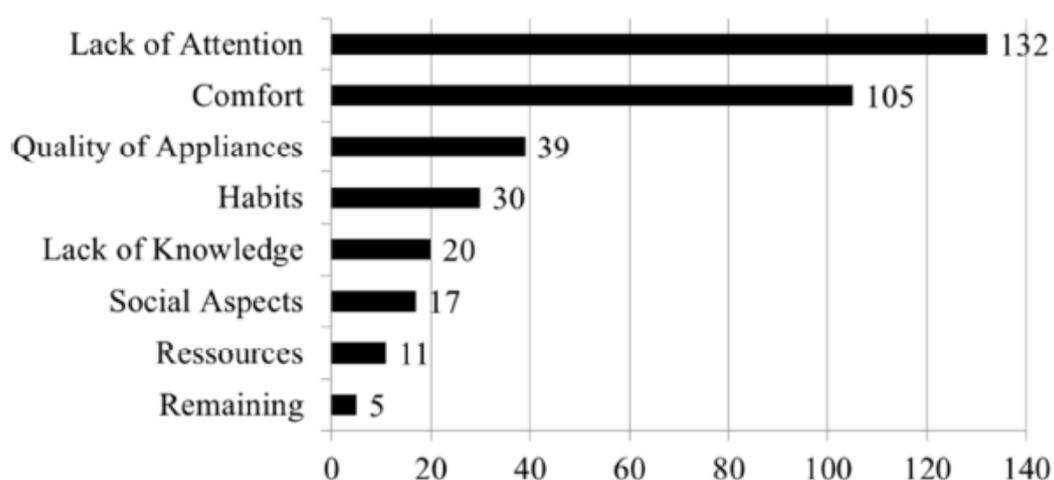


Abbildung 1: Verhaltensbarrieren von energiesparsamen Verhalten im Haushalt

Die Zielsetzung lag darin systematisch basierend auf Nutzerstudien als auch Literaturrecherche das Potential unterschiedlicher persuasiver Strategien zu analysieren, um die geeignetsten Strategien für ein persuasives Ambient-Display zu identifizieren, das nachhaltig zu einem optimierten Energiemanagement in Privathaushalten führen kann. Untenstehende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der wichtigsten identifizierten Ansätze und Strategien:

Persuasive Strategie	Beschreibung (vgl. Fogg 2003 und Oinas-Kukkonen & Harjumaa 2008)	Realisierung für Energiethemen
Tailoring - Zuschneiden	Information, welche von Computing-Technologien bereitgestellt wird, wird überzeugender sein, wenn es auf die Bedürfnisse des Individuellen, auf die Persönlichkeit, Nutzungskontext oder andere ihm relevante Faktoren zugeschnitten ist	Vorteile sollten an die Bedürfnisse der verschiedenen Benutzergruppen angepasst werden: monetäre Ersparnisse, soziale Komponente, Umweltaspekte, Wissen.
Social comparison - Sozialer Vergleich	"Benutzer des Systems werden eine größere Motivation haben, das Zielverhalten auszuführen, wenn sie ihre Leistung mit der Leistung anderer vergleichen können.	Bietet die Möglichkeit den Energieverbrauch (aktuellen, vorigen) mit anderen (Freunden, ähnlichen Fremden oder ganzen Welt) zu vergleichen.
Normative Influence - Normativer Einfluss	Ein System kann den normativen Einfluss wirksam einsetzen oder Gruppenzwang nutzen, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass eine Person ein Zielverhalten annehmen wird.	Benutzern erlauben, eine Gemeinschaft aufzubauen und gemeinsame Ziele zu setzen, wie etwa einen maximalen Energieverbrauch.
Social Learning - Soziales Lernen	Eine Person wird motivierter sein, ein Zielverhalten auszuführen, wenn er oder sie das System benutzen kann um andere bei der Durchführung des Verhaltens zu beobachten.	Bietet die Gelegenheit, andere Energieverbraucher und ihre Gewohnheiten zu beobachten (z.B.: über ein Web-Forum). Optimal sollten diese Verbraucher umweltfreundlicher als die beobachtende Person sein.
Tunneling - Tunneln	Benutzen von Computing-Technologien um Benutzer durch einen Prozess zu führen oder die Erfahrung bietet am Weg Möglichkeiten zum Überzeugen.	Feedback mit Anweisungen bereichern. Den Benutzer während dem Prozess durch kontinuierliches Feedback engagieren.
Reduction - Reduzierung	Benutzen von Computing-Technologien um komplexes Verhalten zu einfachen Aufgaben zu reduzieren und das Kosten-Nutzen Verhältnis vom Verhalten zu steigern und der Benutzer beeinflussen das Verhalten durchzuführen.	Komplexität reduzieren um die kognitive Anstrengung zu minimieren. Gute Beispiele sind die erwähnten ambienten Geräte (Wattson, Energy orb, Power Aware Cord).
Suggestion - Vorschlag	Eine Computing-Technologie wird eine größere Überzeugungskraft haben, wenn es Vorschläge an günstigen Momenten anbietet.	Neben Feedback zum Energieverbrauch ist es wichtig, Anweisungen für die Reduktion des Verbrauches zu geben (z.B.: eine energieeffiziente Glühbirne vorschlagen, wenn der Verbraucher einer Benutzungssituation ist).

Surface credibility – Oberflächen-glaubwürdigkeit	Menschen machen Erstbeurteilungen der Glaubwürdigkeit des Systems basierend auf Untersuchungen aus erster Hand.	Aufmerksamkeit des Benutzers über das Ansprechen von visuellen, akustischen oder taktilen Aspekten anziehen
Self-monitoring - Selbst-überwachung	Anwenden von Computing-Technologien zum Eliminieren der Eintönigkeit von Nachverfolgungsleistungen oder Status hilft Menschen ihre vorgegebenen Ziele oder Resultate zu erzielen.	Anbieten einer Möglichkeit für Benutzer den aktuellen Verbrauch (Echtzeit), sowie ihren vorigen Verbrauch zu überwachen.

Tabelle 2: Übersicht über persuasive Strategien

Dafür wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um weitere persuasive Strategien, neben Reduction, Tunneling, Timing, Social Rewards und Reinforcement zu identifizieren, welche für das persuasive Ambient-Display von Nutzen sein könnten. Eine Bewertung dieser Strategien ergab, dass vor allem Reduction und Tunneling vielversprechende Ergebnisse liefern könnten. Daher wurde in weiterer Folge ein Co-Design Workshop mit 6 Privathaushalt-Nutzern durchgeführt, um die Ergebnisse aus Nutzersicht zu erweitern und Ideen zu generieren, wie persuasive Strategien aus der Theorie, anwendungsorientiert im Interface-Design umgesetzt werden sollen.

Die FORE-Watch

Anschließend wurde ein konzeptionelles Design eines Prototyps erstellt. Auf Basis der bisherigen Ergebnisse wurde ein Workshop durchgeführt. Innerhalb dieses Workshops hat sich das Konsortium auf ein konzeptionelles Design für den Prototyp geeinigt. Wir nannten das Konzept FORE-Watch (ForecastOfRenewableEnergy), da es in Form einer Uhr, neben der Zeit auch die Verfügbarkeit von Ökostrom für die nächsten 12 Stunden anzeigen soll. Je nachdem ob viel, mittel oder wenig Ökostrom verfügbar ist leuchtet der äußerer Rand in den Farben grün, gelb oder rot. Neben dieser Anzeige am äußeren Ring der Uhr soll innerhalb des Ziffernblattes eine Nadel den aktuellen Stromverbrauch anzeigen. Dieses FORE-Watch Konzept wurde erfolgreich bei der Aml (Conference on Ambient Intelligence) Konferenz als wissenschaftliche Publikation eingereicht und akzeptiert (Schrammel et al. 2011). Abbildung 2 zeigt das konzeptionelle Design des Prototyps.

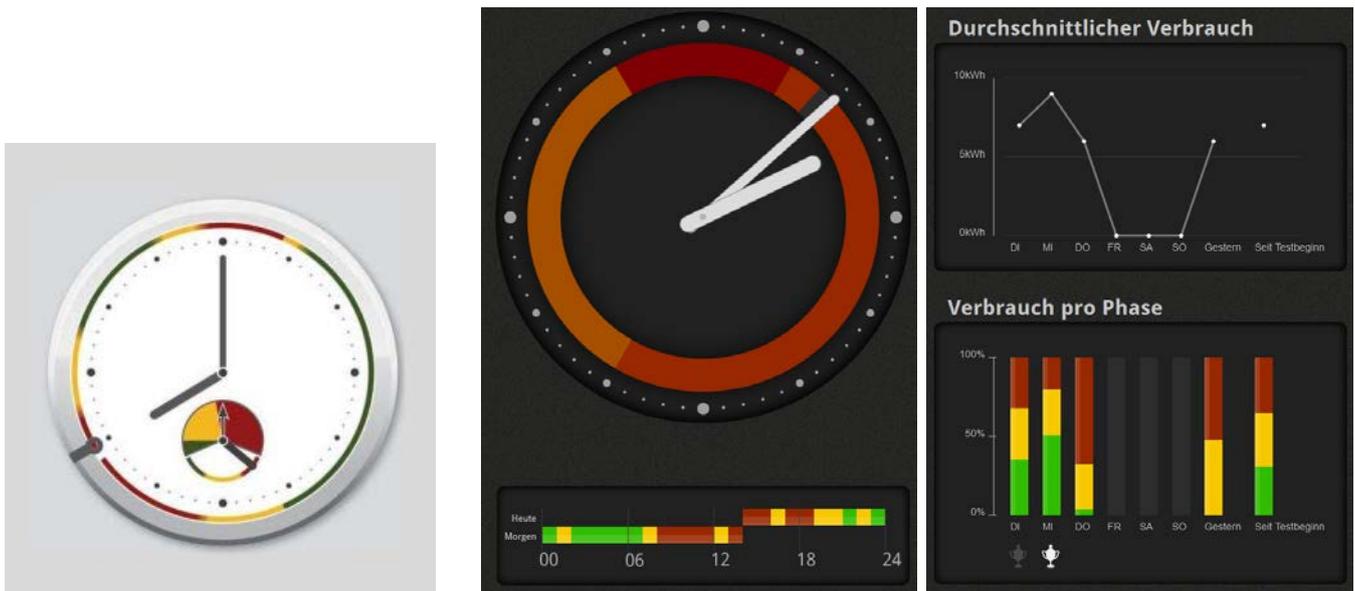


Abbildung 2: Erste (links) und finale (rechts) Designiteration des Prototypen

Basierend auf Benutzerfeedback und Reviews durch Usabilityexperten wurde eine zweite Designiteration entwickelt und implementiert.

Das zentrale Designelement ist eine herkömmliche analoge Uhr. Dieses zentrale Element ist erweitert um Funktionalitäten, die es erlauben anzuzeigen, ob es aktuell relativ ‚gut‘ oder ‚schlecht‘ ist Energie zu verbrauchen, sowie eine Prognose für die nächsten Stunden. Im Detail besteht das Interface der finalen Umsetzung aus folgenden Elementen:

Prognosering: Am äußeren Rand des Ziffernblattes befindet sich der Prognosering, indem durch Farbkodierung dargestellt wird, ob zum entsprechenden Zeitraum der Verbrauch relativ günstig oder ungünstig ist. Die Prognose bezieht sich dabei immer auf die nächsten 60 Minuten ausgehend von der aktuellen Uhrzeit.

24h-Zeitstrahl: Unter dem Ziffernblatt wird eine längerfristige Prognose (für den nächsten Tag) in Form eines 24h-Zeitstrahl dargestellt. Die Prognose (guter oder schlechter Zeitpunkt zum Verbrauchen) wird wiederum farbkodiert (grün: gut, gelb: neutral, rot: ungünstig) dargestellt.

Verbrauchsfeedback: Wird der Touchscreen der FORE-Watch berührt, stellt das Gerät eine Übersicht über den vergangenen Energieverbrauch dar. Dies erfolgt auf zwei unterschiedliche Arten: Einerseits wird der durchschnittliche Verbrauch pro Wochentag der vergangenen Woche sowie seit Messungsbeginn dargestellt, andererseits erhält der Benutzer Information darüber, zu welchen Zeitpunkten (günstig oder ungünstig) bezogen auf die Prognose er tatsächlich Energie verbraucht hat.

Zur funktionalen Implementierung dieses Interfaces wurde eine technische Infrastruktur definiert und umgesetzt (siehe Abbildung 3: Systemarchitektur).

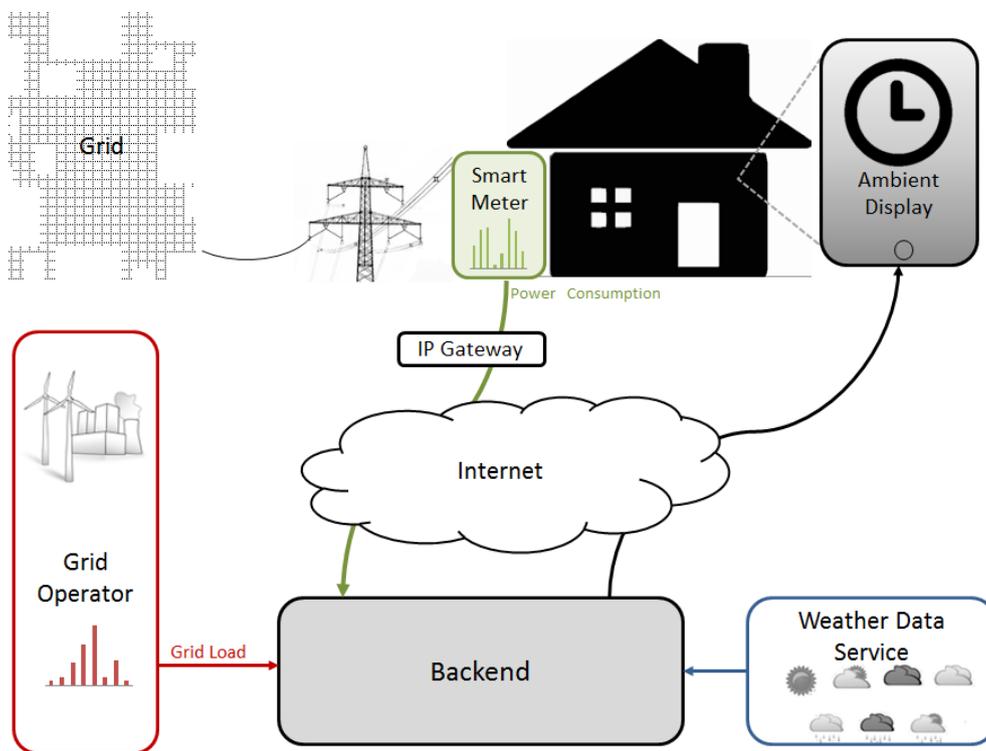


Abbildung 3: Systemarchitektur

Die FORE-Watch besteht aus den folgenden Systemkomponenten:

Das **Ambient-Display**: Das Display ist das Frontend und zeigt alle Informationen für den Benutzer an. Es ist als Smartphone-Applikation umgesetzt und läuft auf einem Android-Tablet-Device und kommuniziert via Internet mit dem Backend.

Die **Metering-Komponente**: Um den einzelnen Benutzern individuelles Feedback zu ihrem Energieverbrauch zu geben wurden die teilnehmenden Haushalte mit Smart Metern ausgestattet. Verbrauchsdaten werden in 15 Minuten Intervallen gemessen und mittels IP-Gateway und Internet an das Backend gesendet.

Die **Vorhersagekomponente für Ökostrom**: Windgeschwindigkeitsprognosen werden als Indikator für die Produktion von Ökostrom verwendet. Dazu wird ein norwegischer Wetterdienst verwendet, der kostenlos GRIB-Daten¹ für Europa zur Verfügung stellt. Da die Daten nur in einer Auflösung von 3 Stunden Intervallen vorhanden sind, werden zusätzliche Datenpunkte in 15 min Abständen interpoliert, um eine genauere zeitliche Auflösung zu erreichen.

Die **Vorhersagekomponente für den Netzstatus**: Für die Vorhersage des Netzstatus wird auf eine bereits existierende Infrastruktur des Projektpartners Salzburg AG zurückgegriffen. Die Vorhersage basiert dabei auf zwei einfachen Quellen: Die historischen Aufzeichnungen über Energieverbrauch der letzten Jahre einerseits, sowie die Information ob es sich um einen regulären Arbeitstag, Samstag oder Sonn-/Feiertag handelt.

Das **Backend**: Hier werden die Daten aus den unterschiedlichen Quellen zusammengeführt, verwaltet und gespeichert.

¹ <http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/FM92-GRIB2-11-2003.pdf>

Evaluation

Das Konzept der FORE-Watch wurde in einer 6-monatigen Feldstudie evaluiert. Die Studie diente zur Evaluierung der Uhr im tatsächlichen Nutzungskontext – Privathaushalten. Die Laufzeit über 6 Monate sollte dabei sicherstellen, dass Aussagen über ein tatsächliche Verhaltens- und Einstellungsveränderung getroffen werden können und nicht nur kurzfristige Effekte beobachtet werden. Die Studie zeichnet sich besonders durch ihre Kombination von objektiven und subjektiven Daten aus, da neben Umfragen, Interviews und Diskussionsrunden mit den TeilnehmerInnen auch die Verbrauchsdaten mitgeloggt wurden. Im Folgenden wird die Studie bezüglich Studiendesign, Zielsetzung und Forschungsfragen, Messinstrumente und Ablauf dargestellt:

Studiendesign

Die Feldstudie wurde in insgesamt 24 Mehrpersonenhaushalten durchgeführt (mit insgesamt 28 teilnehmenden HaushaltsbewohnerInnen), die alle von der Salzburg AG rekrutiert wurden und auch mit dem Unternehmen in Verbindung stehen. Diese Rahmenbedingung war notwendig, da alle teilnehmenden Haushalte über eine entsprechende Infrastruktur (insbesondere Smart Meter) verfügen mussten, um Verbrauchsdaten mitloggen zu können. Die auf Tablet-PC implementierte FORE-Watch stellte dabei für 12 Haushalte die Prognose der Netzlast dar und für die anderen 12 Haushalte die Verfügbarkeit von Ökostrom.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Die 6-monatige Studie sollte dazu dienen herauszufinden, ob die FORE-Watch in der Art und Weise gestaltet und umgesetzt wurde, dass sie je nach Grube eine der beiden gewünschten Einstellungs- und Verhaltensänderungen hervorruft:

- Verschieben von Energiekonsum abhängig von der Netzlastverteilung
- Verschieben von Energiekonsum abhängig von der Verfügbarkeit von Ökostrom

Im Detail wurden in der Feld-Studie die folgenden Hauptforschungsfragen adressiert:

FF1: Kann ein Einstellungs- und Verhaltensveränderung in der Wahrnehmung der FORE-Watch über die unterschiedlichen Messzeitpunkte festgestellt werden?

FF2: Kann eine Einstellungs-Veränderung in der Wahrnehmung der FORE-Watch in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Prognosen (Netzlast vs. Ökostrom) festgestellt werden?

Die folgenden zwei Techniken wurden verwendet, um Einstellungs- und Verhaltensänderungen über sechs Monate zu messen: (1) objektiven Daten (Protokollierung des kWh-Verbrauchs über den Smart Meter) und (2) subjektive Daten (Fragebögen und Diskussionen in Start- und Endgruppendifkussionen).

Die Fragebogentypen lassen sich wieder nach 2 Arten unterscheiden:

(1) Fragebögen zu den generellen Stimuli der FORE-Watch (Prognose- und Feedbackdarstellung) und den einzelnen Designelementen wie sich diese auf Einstellung und Verhalten ausgewirkt haben (SCQ und DCQ).

(2) Fragebögen zu BenutzerInnen-Charakteristika (wie Persönlichkeit, Technikeinstellung u.Ä. - UCQ) und System-Charakteristika (wie User Experience und Akzeptanz u. Ä. - UCQ)

Der Vorteil dieser Fragebögen für die 6-Monatsstudie lag besonders in ihrer Standardisierung und somit der Möglichkeit über mehrere Messzeitpunkte kontrolliert Einstellungsveränderungen und selbst-beobachtet Verhaltensänderungen zu messen.

Zusätzlich wurden zu Studienbeginn und –ende Gruppendiskussionen mit den TeilnehmerInnen geführt (Info- und Final Workshop), um qualitative Rückmeldungen und persönliche Geschichten zur FORE-Watch zu erfahren. Folgende Grafik gibt einen Überblick über die einzelnen Messzeitpunkte und die dazugehörigen Fragebögen.

PEEM Study 2012																																	
Procedure	Pre-Phase	In-situ Study																										Post-Phase					
Month	February	March					April					May					June					July					August					September	
Week/ Onset	0.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
Questionnaire Date/ Sunday	Info-WS: 22.,23.,& 24.	04.	11.	18.	25.		08.		22.		06.		20.		03.	10.	17.		01.		15.		29.		12.	26.	02.	08.	Final-WS: 5. (1x) & 11.(2x)				
Questionnaires	UCQ		DCQ	UCQ	SCQ		SCQ		SCQ		SCQ		SCQ		DCQ	UCQ	SCQ		SCQ		SCQ		SCQ		SCQ	DCQ	UCQ	SCQ					

Abbildung 4: Messzeitpunkte der Feldstudie

Die Häufigkeit der Messzeitpunkte ermöglichte uns auch kleinere Einstellungsänderungen innerhalb der 6-monatigen Laufzeit zu erfassen, die sonst eventuell verborgen geblieben wären.

Analyse der Fragebögen

Die Auswertung der Fragebögen zu den Stimuli und Designelementen der PEEM Uhr (SCQ und DCQ) zeigte, dass die Netzlastgruppe zu Beginn der Studie positivere Bewertungen aufwies als die Windkraftgruppe; diese zeigte jedoch höhere Werte in der Mitte der Studienlaufzeit. D.h. die Erwartungshaltung der Netzlastgruppe war zu Beginn höher als jene der Windkraftgruppe. Der Grund hierfür könnte sein, dass die TeilnehmerInnen der Netzlastgruppe aufgrund ihrer Zugehörigkeit zur Salzburg AG, Kenntnis über die Zusammensetzung der Netzlast hatten. Ähnliche Vorkenntnisse zu Wind-Prognosedaten (für die Öko-Strom Gruppe) waren nicht gegeben. Durch die Vorkenntnisse könnte die FORE-Watch schneller verstanden und dadurch auch besser bewertet worden sein. Die Windkraftgruppe war gegenüber der FORE-Watch zu Beginn skeptischer; dies änderte sich in der Mitte der Studienlaufzeit (Juni), dort stiegen die positiven Bewertungen der Windkraftgruppe an. Sie bewerteten die Prognosedarstellung und Feedbackdarstellung besser als die Netzlastgruppe. Die niedrigere Bewertung der Netzlastgruppe kann darauf zurückgeführt werden, dass in dieser Gruppe bereits ein Lerneffekt eingetreten war, da die Netzlast-Prognoseanzeige weit stabiler ist als die dynamische Anzeige der Windkraftgruppe. Daher sind TeilnehmerInnen der Windkraftgruppe auf die Prognosedarstellung der FORE-Watch mehr angewiesen. Hier diente die FORE-Watch als Orientierungspunkt um eine Handlung auszuführen oder zu verschieben. Die Unterschiede in der Bewertung der FORE-Watch verschwanden zu Ende der Studie, mit einer Ausnahme, dass die Netzlastgruppe höhere Werte in der „Wahrnehmung der Unterstützung“ der FORE-Watch angab als die Windkraftgruppe. Daraus lässt sich ableiten, dass die FORE-Watch bei der stabileren Anzeige der Netzlastverteilung nachhaltiger die Einstellung hervorrief, dass Prognose- und Feedbackdarstellung zu einer Verhaltensänderung führen. Insgesamt gesehen können wir aus den Ergebnissen von SCQ und DCQ ableiten, dass zu Beginn der Studie die Netzlastgruppe mehr Einstellungsveränderung durch die FORE-Watch aufweist als die Windkraftgruppe. Diese Tatsache ändert sich aber zur Mitte der Studienlaufzeit und verliert sich bis zum Ende der Studie.

Die Auswertung der Fragebögen zu den BenutzerInnen-Charakteristika und System-Charakteristika zeigte im Verlauf der 6 Monate auch Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

Vor allem zum ersten Messzeitpunkt (am Anfang der Studie) zeigt die Netzlastgruppe in vier von fünf Fragebögen zu System-Charakteristika höhere Werte als die Windkraftgruppe. Die Windkraftgruppe unterscheidet sich zum 3. Messzeitpunkt (Ende der Studie) bei der Beantwortung zum Thema „Intuitive Interaktion“ mit der FORE-Watch. Hierbei weist interessanter Weise die Windkraftgruppe eine positivere Bewertung auf, obwohl die Prognosedaten dynamischer sind. Die Tatsache deutet daraufhin, dass der Umgang mit der FORE-Watch in der Windkraftgruppe zu Messzeitpunkt 3 erlernt war. Des Weiteren wurde die FORE-Watch von der Netzlastgruppe bezüglich Akzeptanz zu den Messzeitpunkt 2 und 3 signifikant besser bewertet, jedoch verschwindet dieser Unterschied zum Ende der Studie. Das bedeutet, dass die Netzlastgruppe zu Beginn der Studie zufriedener im Umgang mit der FORE-Watch war als die Windgruppe. Mit Ende der Studie stieg die Akzeptanz in beiden Gruppen, sowie der intuitive Umgang in der Windlastgruppe.

Die Workshops zu Studienbeginn und Ende gaben weitere qualitative Einblicke in die Nutzung der FORE-Watch. Der Workshop zu Studienbeginn diente vor allem dazu die StudienteilnehmerInnen mit der Thematik, der FORE-Watch und dem Ablauf vertraut zu machen. Des Weiteren wurden die StudienteilnehmerInnen gebeten Fotos zu schicken sobald sie die FORE-Watch im Haushalt platziert haben und kurz vor den finalen Workshops erneut Fotos zu schicken, falls die Platzierung geändert wurde. Hierbei konnten wir feststellen, dass der beliebteste Platz für die Uhr die Küche war (siehe Abbildung 5). Das entsprach unserer Designintention aus der Anforderungsanalyse, dass das System für die Küche entwickelt werden sollte.



Abbildung 5: Platzierung der Ambient Devices

Vor allem aus dem Abschlussworkshop konnten gemeinsam mit den StudienteilnehmerInnen unter Reflektion der Studienergebnisse Implikationen für die zukünftige Verwendung und Weiterentwicklung der FORE-Watch gewonnen werden.

Analyse der Verbrauchsdaten

Zur Analyse der Verbrauchsdaten wurde auf die 15-Minuten Verbrauchswerte der Nutzer (gemessen mit Smart Metern) zugegriffen. Dabei wurden alle Smart Meter Ausfälle bereinigt. Dies erfolgte indem für alle Zeitpunkte mit Nullverbrauch die Werte als fehlend definiert wurden. Weiters wurden auch die zwei zeitlich folgenden Datenpunkte fehlend definiert, da diese fallweise auch fehlerhaft sein können und somit das Ergebnis verfälschen könnten. Weiters wurden die Daten hinsichtlich Abwesenheiten, Funktionsausfälle, etc. bereinigt. Eine Kontrolle der Daten hinsichtlich Extremwerte/Ausreißer nach Bereinigung der Ausfälle zeigt, dass keine vorhanden waren.

Um eine Bewertung von Verschiebungseffekten zu ermöglichen, wurden **zeitliche Mittelwerte** pro User in 15 min Intervallen (d.h. 0:00:00-0:00:15, 0:00:15-0:00:30, etc.) unterschieden und nach Werktag, Samstag oder Sonn/Feiertag berechnet. Für jedes dieser Intervalle erfolgte dann eine Differenzbildung zwischen aktuellem Verbrauch und Mittelwert über den gesamten Versuchszeitraum.

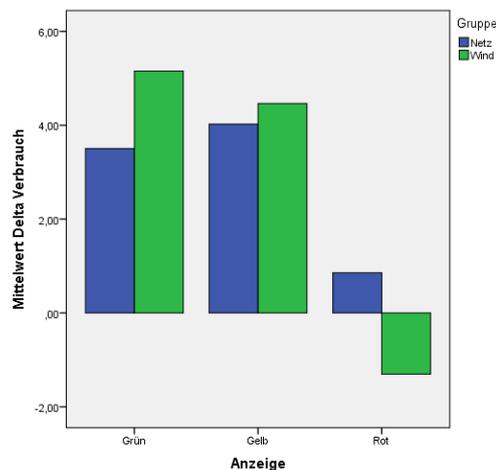


Abbildung 6: Verbrauch der beiden Versuchsgruppen in den drei Phasen

Eine Analyse der Daten lässt vermuten, dass ein geringer Zusammenhang zwischen Verbrauchsverhalten und Prognose für Windgruppe besteht. Für die Netzgruppe ist kein eindeutiger Trend identifizierbar bzw. ist dieser schwächer ausgeprägt. Dieser Unterschied war zu erwarten, da in der Windgruppe aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Dynamik der Prognose mehr Handlungsspielraum für den Benutzer besteht. Weiters ist durch das Fehlen von zeitlich aufgelösten Verbrauchsdaten von vor dem Versuchszeitraum und der zeitlichen Periodizität der Prognose ein Nachweis von Effekten für die Netzgruppe besonders schwierig.

Aufgrund der geringen Zahl der Versuchspersonen sowie der erwarteten kleinen Effektgröße ist eine inferenzstatistische Auswertung nicht sinnvoll. Es gibt jedoch einige gute Indikatoren für Stimmigkeit der Daten:

- Daten sind **konsistent** mit **qualitativen Angaben** der Versuchspersonen
- Daten zeigen **erwartete Unterschiede** zwischen Wind & Netzgruppe
- **Vergrößerung des Effektes** während Betriebszeiten des Devices

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

4.1.1 Generelle Erkenntnisse:

- Das ambiante Feedback- und Informationssystem ist bei den Teilnehmern der Studie sowie bei den involvierten Experten durchgängig auf positive Aufnahme gestoßen und wird als relevanter Ansatz für zukünftige Entwicklungen gesehen.
- Eine zeitliche Differenzierung, d.h. den Strom dann zu verbrauchen, wenn es für das Gesamtsystem günstig ist, ist interessant für die Nutzer, jedoch muss dieser davon einen klar wahrnehmbaren Vorteil haben z.B. in Form einer Kosteneinsparung etwa durch zeitvariable Tarife. Ist der Kunde selbst Produzent ermöglicht ihm dieses Feedback einen an seine Erzeugung angepassten Verbrauch.
- Fokussierung ausschließlich auf Bereitstellung von Energieverbrauchsfeedback ist nur von geringem Interesse. Man muss dem Kunden Zusatzfunktionalitäten anbieten um sein Interesse langfristig zu erhalten, z.B. Durch Steuerungsmöglichkeiten im SmartHome, Sicherheitsdienstleistungen, etc.
- Durch eine Eingliederung von nutzerrelevanten Informationen in alltägliche, unaufdringliche und attraktiv designte Applikationen können Benutzer über einen großen Zeitraum angesprochen werden.
- Die untersuchten Konzepte erscheinen besonders geeignet, um damit Home Automation Ansätze zu erweitern und den Nutzer in die Steuerung einzubinden und somit Kontrollverluste zu vermeiden sowie für strom-produzierende Konsumenten, da diese dann den Verbrauch optimal abstimmen können und durch Ihre Rolle als Produzent unmittelbare finanzielle Vorteile aus dieser Verhaltensabstimmung erhalten können.
- Feedback über Verbrauchsverhalten sollte möglichst spezifisch und auflösbar (das heißt auf einzelne Geräte und Handlungen rückführbar) dargestellt werden. Dadurch erhält der Benutzer direkt verwertbare Informationen und kann durch adäquate Maßnahmen reagieren (z.B. Austausch eines Gerätes).

4.1.2 Erkenntnisse Bezogen auf das User Interface-Design

- Das ambiante Interaktionsparadigma hat sich als sehr sinnvoller Interaktionsansatz im Kontext von Feedback und Information von Energieverbrauchsverhalten herausgestellt. Verantwortlich dafür sind die Unaufdringlichkeit des Ansatzes sowie die direkte situative Verfügbarkeit in jenem Kontext, in dem die Information auch handlungsrelevant ist.
- Aufgrund der permanenten Anwesenheit des Displays in der Umgebung sollte ein Design gewählt werden, das die Lichtabstrahlung minimiert, das heißt es sollten bevorzugt Designvarianten mit dunklem Hintergrund verwendet werden. Weiters ist wünschenswert dass die Helligkeit der Anzeige durch den Benutzer eingestellt werden kann um Störungen zu minimieren.
- Für eine Weiterentwicklung der FORE-Watch sollte eine Individualisierbarkeit und Anpassung an die Bedürfnisse unterschiedlicher NutzerInnen-Gruppen (z.B. Alter, Technik-Affinität, etc.) in Betracht gezogen werden.
- Die bestehende Funktionalität sollte durch eine individuelle Auswahl des Informationsdetailgehalts erweitert werden. Ebenso sollten Userinterface-Elemente angepasst werden können z.B. Zoommöglichkeit der Einzelelemente (u.a. bessere Lesbarkeit für Ältere) oder Möglichkeit der individuellen Positionierung der einzelnen Elemente.

- Die Anzeige der Prognose sollte eine klarere Farbgestaltung aufweisen. Konkret könnte dies durch eine Reduktion von 9 auf 3 Farben erfolgen. Zusätzlich könnte noch der Einfluss der Leuchtkraft genutzt werden um Zusatzinformation darzustellen.
- Für die Feedbackanzeige wäre eine Echtzeitinformation sowie eine gerätspezifische Verbrauchsanzeige wünschenswert. Dadurch wäre es für die Benutzer leichter möglich die Verbräuche direkt den Geräten zuzuordnen und entsprechende Massnahmen zu setzen. Eine Implementierung solcher Funktionen ist jedoch technisch herausfordernd und ressourcenintensiv.

4.1.3 Unterschiede Netzgruppe/Windgruppe

- Die Verwendung der Prognoseansicht ist besonders für die Visualisierung von Ökostrom geeignet (Windkraftprognose), da sich aufgrund der Dynamik die Ausgangslage einmal mehr (z.B.: bei Windkraft) oder einmal weniger (z.B.: bei der Wasserkraft - Stauseen) ändert.
- Auch jene User, die die stabilere Prognosedarstellung (Netzlast) haben benötigen die FORE-Watch, vor allem am Anfang. Da wir in unserer Studie Energieexperten hatten, besteht die Annahme, dass andere Bevölkerungsgruppen weitaus länger benötigen, um sich an Rhythmus der Anzeige anzupassen.

4.1.4 Quantitativen Verbrauchsdaten

- Eine Analyse der Daten lässt vermuten, dass ein geringer Zusammenhang zwischen Verbrauchsverhalten und Prognose für die Windgruppe besteht.
- Für die Netzgruppe ist kein eindeutiger Trend identifizierbar bzw. ist dieser schwächer ausgeprägt.
- Dieser Unterschied war zu erwarten, da in der Windgruppe aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Dynamik der Prognose mehr Handlungsspielraum für den Benutzer besteht.
- Weiters ist durch das Fehlen von zeitlich aufgelösten Verbrauchsdaten von vor dem Versuchszeitraum und der zeitlichen Periodizität der Prognose ein Nachweis von Effekten für die Netzgruppe besonders schwierig.
- Aufgrund der geringen Zahl der Versuchspersonen sowie der erwarteten kleinen Effektgröße ist eine inferenzstatistische Auswertung nicht aussagekräftig d.h. man kann nicht statistisch gesichert von signifikanten Zusammenhängen ausgehen.
- Verhaltensänderungen scheinen insbesondere in roten Phasen aufzutreten. Es erfolgt auch eine Verschiebung in die gelben (und nicht nur in grünen) Phasen hinein. Dies ist durch die zeitliche Nähe zu erklären: Aus Nutzerbefragungen ist bekannt dass Zeithorizont für Aktivitätsverschiebung sehr kurz) ist (abhängig von Art der Tätigkeit, meistens jedoch am selben Tag), deshalb Verschiebung in den gelben (benachbarten) und nicht grünen Bereich.

4.1.5 Integration der PEEM Ansätze mit Home Automation

Besonders interessant und vielversprechend erscheint die Integration von Ansätzen, Lösungen und Anforderungen aus der Smart Grids Perspektive mit jenen aus Sicht der Home Automation.

Eine integrierte Sicht ermöglicht es hier mehrere relevante Aspekte abzudecken:

- Durch eine Integration mit Home Automation können relevante Aufgaben (beispielsweise Balancierung von Lasten, Eigenverbrauchsoptimierung, etc.) automatisiert werden, benötigen

dadurch nicht die permanente Aufmerksamkeit des Benutzers und stellen dadurch keinen Komfortverlust dar.

- Durch eine integrierte Herangehensweise können zusätzliche Services mit Nutzen für den Kunden entwickelt werden, da zusätzliche Anknüpfungspunkte und Datenquellen zur Verfügung stehen.
- Eine Integration mit Home Automation hat weiters das Potential, Lösungen auf lokaler Ebene und dadurch die Kontrolle über die Daten „näher“ beim Benutzer zu belassen.
- Durch eine Integration ergeben sich möglicherweise Kostensynergien. Die Aufwände verteilen sich auf mehrere Systembereiche und sind dadurch leichter aufzubringen.

5 Ausblick

Zusammenfassend kann nach Abschluss des Projektes festgehalten werden, dass der Ansatz der Informationsvermittlung mittels ambienter Geräte an die Nutzer gut aufgenommen wurde und einen wichtigen Ansatzpunkt für Verhaltensbeeinflussung darstellt.

Eine wesentliche zukünftige Entwicklungslinie für die Gestaltung von persuasiven Ambient Devices sehen wir aufgrund der Projektergebnisse in der Integration dieser Ansätze mit Home Automation Systemen. Eine solche Integration ermöglicht es wechselseitig Stärken zu betonen und Schwächen zu kompensieren. Ein wesentlicher Nachteil des Feedback- und Prognoseansatzes ist, dass der Nutzer aktiv in die Entscheidung eingebunden ist und Aufmerksamkeit dafür aufwenden muss. Hier kann Home Automation eine wesentliche Erleichterung liefern. Der Automationsansatz hingegen nimmt Kontrolle vom Nutzer weg, wodurch dieser entlastend wird, jedoch können automatisch gesteuerte Handlungen auch dem Nutzerwunsch zuwiderlaufen, ohne dass dieser Eingriffsmöglichkeiten hat oder ein Verständnis für das Verhalten der Automatik entwickeln kann.

Für die Steuerung wäre es deshalb wünschenswert optimierte Mixed-Control Systeme zu entwickeln, die auf detaillierte Weise die Eingriffsmöglichkeiten zwischen Nutzer und Automatik verhandeln und abgleichen. Aus technischer Perspektive gibt es hier wenige Hindernisse, Nutzerseitig fehlen hier noch wesentliche Bausteine. Um eine optimierte Balance der Kontrolle zu ermöglichen ist es notwendig eine aktuelle und umfassend Taxonomie von Kontroll- und Einflussmöglichkeiten im Haushalt zu entwickeln, die zugeordneten Steuerungsnotwendigkeiten zu definieren sowie entsprechende Interface-Lösungen zu designen. Neben dem reinen Kontrollaspekt sollte auch der Aspekt der Intelligibility unterstützt werden, um den Nutzern zu ermöglichen das Verhalten der Automatik besser verstehen zu können, und auch in der Verhandlung der Kontrolle besser eingreifen zu können. Weiters ist es auch notwendig standardisierte Protokolle im Bereich der Home Automation zu entwickeln, die solche Lösungen einfach umsetzbar machen.

Ein weiterer offener Forschungsstrang stellt die systematische Evaluierung von impliziten Lerneffekten durch den Einsatz von Ambient Displays dar. Hier stellt sich die Frage, welcher Komplexitätsgrad von den Nutzern bei nur impliziter Auseinandersetzung aufgenommen werden kann. Ist dies bekannt, können Systeme optimal auf diese Lerngrenze abgestimmt werden.

Ein weiterer Komplex an offenen Fragen betrifft das optimale Timing von persuasiven Eingriffen. Es gilt hier differenzierter zu untersuchen, wann welche persuasiven Strategien am besten und erfolgversprechendsten eingesetzt werden können um die gewünschte Verhaltensmodifikation zu befördern, ohne dass die Interventionen als störend oder einschränkend erlebt werden.

Betreffend dieser Verhaltensmodifikation erscheint auch eine genauere Untersuchung der zeitlichen Planungsweise und –abstimmung von Handlungen notwendig. Die vorhandene Literatur befasst sich mit Verhaltensmodifikation fast ausschließlich in der Dimension der Veränderung von Handlungen,

typischerweise in Verzicht. Im Kontext von Smart Grids stellt jedoch auch bereits eine reine Verschiebung von Tätigkeiten entsprechend der Netznotwendigkeiten eine positive Handlung dar. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ausgangslage ist es hier sinnvoll, weitere Details der Psychologie der Verhaltensverschiebung und der zeitliche Organisation und deren Beeinflussung zu untersuchen. Eine weitere wichtige Frage die im Projekt aufgetaucht ist, war die nach der Notwendigen zeitlichen Stabilität der angezeigten Prognose- und damit Handlungsempfehlungsdaten um nicht demotivierend zu wirken. Hier wurden im Projekt erste Erkenntnisse gewonnen, jedoch ist eine weitere Vertiefung notwendig.

Zur weiteren Integration von persuasiven Anzeigen und Ambient Displays erscheint es auch sinnvoll, weitere gut passende Ansätze zur nahtlosen Integration von Handlungsempfehlungen und Informationsfeedback in andere Alltagsgegenstände zu entwickeln. Ziel ist hierbei das der Nutzer automatisch, ohne seine Aufmerksamkeit bewusst lenken zu müssen während der Interaktion mit einem Gegenstand auf unaufdringliche Weise benötigte Information und verhaltensrelevante Impulse erhält.

6 Literatur

Froehlich, J., Findlater, L., Landay, J., 2010. The design of eco-feedback technology. Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems 2010.

Mun, M. Reddy, S., Shilton, K., Yau, N., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Howard, E., West, R., Boda, P., 2009. PEIR, the Personal Environmental Impact Report, as a Platform for Participatory Sensing Systems Research. Proceedings of the Conference on Mobile systems, applications, and services. 55-68.

Gustafsson, A., Gyllenswärd, M., 2005. The Power-Aware Cord: Energy Awareness through Ambient Information Display, Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems 2005.

Kappel, K., Grechenig, T., 2009. "show-me": Water Consumption at a glance to promote Water Conservation in the Shower. Proceedings of Persuasive 2009.

Gustafsson, A., Bang, M., 2008. Evaluation of a pervasive game for domestic energy engagement among teenagers. Advances in Computer Entertainment Technology, 232-239.

Arroyo, E., Bonanni, L., Selker, T., 2005. Waterbot: exploring feedback and persuasive techniques at the sink. Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, April 02 - 07, New York, NY, 631-639.

Bang, M., Torstensson, C., Katzeff, C., 2006. The PowerHouse: A Persuasive Computer Game Designed to Raise Awareness of Domestic Energy Consumption. Proceedings of Persuasive 2006. 123-132.

Dillahunt, T., Becker, G., Mankoff, J., Kraut, R., 2008. Motivating Environmentally Sustainable Behavior Changes with a Virtual Polar Bear. Proceedings of Pervasive 2008 - Workshop on Pervasive Persuasive Technology and Environmental Sustainability.

Takayama, C., Lehdonvirta, V., 2008. Ecoisland: A system for persuading users to reduce CO2 emissions. Proceedings of Pervasive - Workshop on Pervasive Persuasive Technology and Environmental Sustainability, 113–116.

Fogg, B. J., 2003, Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do. Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Oinas-Kukkonen H & Harjumaa M., 2008, A Systematic Framework for Designing and Evaluating Persuasive Systems. Proceedings Persuasive.

Schrammel, J., Gerdenitsch, C., Weiss, A., Kluckner, P. and Tscheligi, M., 2011, FORE-Watch – The clock that tells you when to use: Persuading users to align their energy consumption with green power availability. International Joint Conference on Ambient Intelligence AMI.

Gerdenitsch, C., Schrammel, J., Reitberger, W. and Tscheligi, M., 2011, Supporting domestic energy reduction via persuasive technology. CIRED – International Conference on Electricity Distribution, Frankfurt.

Gerdenitsch, C., Schrammel, J., Döbelt, S. and Tscheligi, M., 2011, Creating Persuasive Technologies for Sustainability – Identifying Barriers Limiting Target Behavior. in: Sixth International Conference on Persuasive Technology, Columbus, USA.