



Bits to Energy Lab

Steigerung der Energieeffizienz durch Verbrauchsfeedback bei der Warmwassernutzung

Amphiro-Studienreport

15. Juli 2011

Clemens Fischli

Dr. Thorsten Staake*

Dr. Thomas Stiefmeier

Prof. Dr. Gerhard Tröster

Prof. Dr. Elgar Fleisch

* Kontakt: tstaake@ethz.ch



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE



University of St.Gallen

amphiro
« »

Inhalt

Executive Summary.....	3
1. Ausgangslage.....	4
2. Related Work	5
3. Studiendesign.....	6
4. Benutzerakzeptanz und Rücklaufquoten	7
5. Wirkung auf das Verbrauchsverhalten.....	8
6. Wahrgenommener Nutzen und Zahlungsbereitschaft	11
7. Bewertung und Handlungsempfehlung	12

Über diese Studie

Urheber der Studie ist das Bits to Energy Lab an der ETH Zürich und der Universität St. Gallen in Kooperation mit dem Bundesamt für Energie Schweiz (BFE). Die Durchführung wurde gefördert durch das BFE sowie durch den Schweizer Nationalfond (SNF 100014_129974/1). Besonderer Dank gilt Frau Dr. Nicole Mathys (BFE) und Frau Aline Tagmann (BFE) für die Unterstützung bei der Datenerhebung.

Über die Autoren

Clemens Fischli, B.A.: Leiter der Amphiro-Feldstudie am Bits to Energy Lab, ETH Zürich und Universität St.Gallen.

Thorsten Staake, Dr.: Direktor des Bits to Energy Labs an der ETH Zürich und Universität St.Gallen.

Thomas Stiefmeier, Dr.: Mitgründer und Geschäftsführer der Amphiro AG; Senior Researcher am Institut für Elektronik der ETH Zürich.

Gerhard Tröster, Dr.: Professor am Institut für Elektronik an der ETH Zürich.

Elgar Fleisch, Dr.: Professor für Technologie- & Informationsmanagement an der ETH Zürich und der Universität St.Gallen.

Copyright Bits to Energy Lab,
ETH Zürich und Universität
St. Gallen.

Bitte zitieren Sie diese Studie wie folgt: Fischli, Clemens; Staake, Thorsten; Stiefmeier, Thomas; Tröster, Gerhard; Fleisch, Elgar: Steigerung der Energieeffizienz durch Verbrauchsfeedback bei der Warmwassernutzung. Bits to Energy Lab Working Paper 2011-07a, ETH Zürich, Zürich, Schweiz 15.07.2011.

Executive Summary

Die vorliegende Studie zeigt das Einsparungspotenzial durch unmittelbares Verbrauchsfeedback („Smart-Metering at the point of use“) bei der Warmwassernutzung auf. Im Zeitraum von September 2010 bis Januar 2011 stellte das Bits to Energy Lab (ETH Zürich und Universität St. Gallen) mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie Schweiz (BFE) 200 Studienteilnehmern einen Verbrauchsmonitor zur Verfügung, der den aktuellen Wasserverbrauch während jeder Wasserentnahme in der Dusche anzeigte. Die von der Amphiro AG¹ entwickelten Geräte wurden von 49% der Studienteilnehmer installiert und zeigten Volumen, Temperatur sowie Dauer von 3'164 Duschkvorgängen bei ca. 160 Personen in 61 Haushalten auf.

Im Vergleich zum Ausgangsverbrauch reduzierten die Nutzer den durchschnittlichen Wasserbedarf für die Dusche von 79 auf 61 Liter pro Tag und Haushalt (-22%). Gleichzeitig verringerte sich die aufgewendete Wärmeenergie um 0,6 kWh. Das entspricht ca. 6'400 Litern bzw. 210 kWh pro Jahr und Haushalt, wobei die Verbrauchsreduktion zusätzlich zu bereits bestehenden Wassersparvorrichtungen erzielt wurde. Die Einsparungen fielen deutlich höher aus als bei Smart-Metering-Lösungen für Elektrizität. Eine mögliche Ursache für die Effektgröße ist die hohe tatsächliche und wahrgenommene Einflussmöglichkeit der Nutzer auf den Verbrauch in Kombination mit der unmittelbaren Feedbackinformation. Die Effekte blieben über die gesamte Studiendauer hinweg stabil. Die Annahme, dass mit einer Gewöhnung an die Verbrauchsanzeige deren Wirkung nachlässt, ließ sich nicht bestätigen.

Die Größe des Einspareffektes ist für die Energieeffizienz- und Klimaschutzziele durchaus relevant. In Europa verursacht die Warmwasseraufbereitung privater Haushalte (ohne Raumheizung) ca. 7% des gesamten CO₂-Ausstosses (vgl. Beleuchtung 2.5% bis 5%)². Bei einer Nutzung des Gerätes in jedem vierten Haushalt ließen sich in der DACH-Region pro Jahr ca. 2'625 GWh einsparen. Dies entspricht ca. 22% der in 2010 in Deutschland erzeugten Energie aus Photovoltaik-Anlagen. Bei einem angenommenen Verkaufspreis von 50 CHF und einer Lebensdauer der Geräte von drei Jahren ergeben sich Vermeidungskosten von 0.079 CHF je kWh. Unter Berücksichtigung der Wasser- und Abwasserkosten amortisieren sich die Geräte innerhalb von neun Monaten.³ Die durchschnittliche angegebene Zahlungsbereitschaft lag bei 47,30 CHF, was, bei der relativ großen Gruppe potenzieller Kunden, ein kommerzielles Angebot des Duschmonitors attraktiv erscheinen lässt.

¹ Siehe www.amphiro.com

² Siehe www.smartwater.com.au/projects/round2/invetech/Documents/Invetech_ProjectReport.pdf

³ Preis pro kWh: 0.20CHF; Preis für Wasser und Abwasser: 3.50CHF pro m³

Das Erreichen der Klimaziele erfordert eine Einbindung der Konsumenten in effizienzsteigernde Massnahmen.

Unmittelbares Verbrauchsfeedback kann den effizienten Umgang mit Ressourcen fördern.

Die Warmwasseraufbereitung macht einen erheblichen Teil des Energiebudget aus.

1. Ausgangslage

Mit der Vision der „2000-Watt-Gesellschaft“ hat sich die Schweiz ein ambitioniertes Entwicklungsziel zur Reduktion des Energieverbrauchs gesetzt. Um die Herausforderungen auf diesem Weg zu bewältigen, ist ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der sowohl die (Weiter-)Entwicklung von energiesparenden Technologien als auch die direkte Einbindung der Energiekunden umfasst. Da Konsumenten mit ihrem Investitions- und Nutzungsverhalten erheblichen Einfluss auf ihren Energieverbrauch ausüben, stellen Sparmassnahmen der privaten Haushalte ein grosses Potential dar.

Durch einen höheren Grad an Transparenz bezüglich des persönlichen Verbrauchs – so die gängige Hypothese – wird dieses Verhalten positiv beeinflusst. Verbrauchsfeedback, also die Rückmeldung zum Nutzungsverhalten, kann helfen, Verhalten anzupassen und zu einem schonenden Umgang mit Ressourcen zu motivieren. Zahlreiche Studien haben die Wirkung von Verbrauchsfeedback bei der Elektrizitätsnutzung untersucht. Es liegen jedoch noch keine umfassenden Ergebnisse zur Wirkung von Feedback auf die Warmwassernutzung vor, obwohl hier eine sehr zeitnahe Rückmeldung erfolgen kann (z.B. durch ein Verbrauchsdisplay in der Dusche) und der Nutzer einen unmittelbaren Einfluss auf den Verbrauch ausübt. Dies lässt eine stärkere Wirkung von Verbrauchsfeedback erwarten als z.B. bei der Darstellung des Stromverbrauchs, wo die „wahrgenommene Kontrolle“ wegen der Vielzahl nicht direkt zu beeinflussender Verbraucher (Kühlgeräte, Geräte im Standby-Betrieb) geringer ist.

Die Aufbereitung von Warmwasser stellt mit durchschnittlich 2000 kWh pro Ein-Familien-Haus (Nipkow et al. 2007)⁴ einen bedeutenden Anteil am Energiebedarf der Schweiz dar. So benötigen die Studienteilnehmer deutlich mehr Energie zum Duschen (ca. 900 kWh pro Jahr, 2,6 Personen) als ein energieeffizienter Kühlschrank (ca. 180 kWh pro Jahr, A++, 170l). Dass die Untersuchung der Einspareffekte lohnenswert ist, zeigt auch der CO₂-Ausstoss der Warmwasseraufbereitung: 7% der gesamten CO₂-Emissionen der Europäischen Union sind allein auf den Verbrauch von Warmwasser in Privathaushalten zurückzuführen (Jackson et al. 2007)⁵. Die Emissionen gruppiert nach Nutzenkategorie sind in Abbildung 1 dargestellt.

Für eine umfassende Betrachtung des Energieverhaltens von Privathaushalten wird auf die OECD Studie “Household Behavior and the Environment, Reviewing the Evidence“ (2008) verwiesen.

⁴ Jürg Nipkow, Stefan Gasser, Eric Bush: Der typische Haushalt-Stromverbrauch, Bulletin SEV/VSE 19, 2007

⁵ Tim Jackson, Eleni Papathanasopoulou, Pete Bradley, Angela Druckman: Attributing carbon emissions to functional needs, RESOLVE Working paper 01-07, 2007

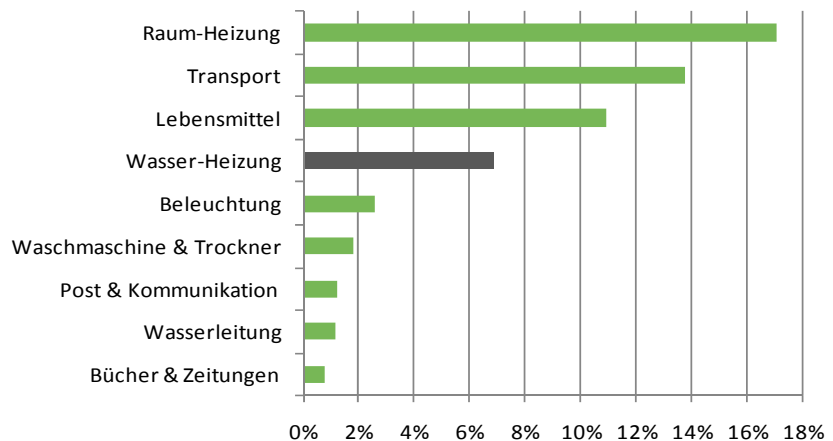


Abbildung 1. CO₂-Emissionen nach Haushaltsapplikationen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde das Ausmass an Wasser- und Energieeinsparungen evaluiert, das mit Hilfe einer Verbrauchsanzeige in der Dusche erreicht werden kann. Die Untersuchung basiert auf einer Feldstudie mit 200 Haushalten in der Schweiz von September 2010 bis Januar 2011. Für die Verbrauchsmessung und -darstellung kamen die von der Amphiro AG entwickelte "Smart Water Meter" zum Einsatz.

2. Related Work

Das australische Unternehmen Invetech führte 2006 eine vergleichbare Studie über sechs Monate in 20 Haushalten der Region Melbourne durch.⁶ In dieser Studie wurden durch unmittelbares Verbrauchs-Feedback an einem Display in der Dusche durchschnittlich 15% Wasserersparnis erreicht. Von den 20 installierten Displays massen 16 Stück während des ersten Monats den Basis-Verbrauch (Messung ohne Anzeige) und schalteten danach automatisch auf die Messung mit Anzeige des aktuellen Wasserverbrauchs. Vier Geräte massen während der gesamten sechs Monate ausschliesslich den Basis-Verbrauch, um eventuellen saisonalen Schwankungen Rechnung tragen zu können.

Die verwendeten Duschdisplays wurden eigens für die Studie von Invetech angefertigt und in den Haushalten installiert. Die Geräte wurden zwischen Wandöffnung und Duschkopf eingebaut und von Batterien betrieben. Neben der Anzeige des Wasserverbrauchs in Litern verfügten die Geräte über ein akustisches Alarmsignal für die Überschreitung eines vom Nutzer einstellbaren Entnahmeverbrauchs.

Da verglichen mit der Schweiz die Wasserknappheit in Australien eine höhere Sensibilisierung der Nutzer für den Wasserverbrauch zur Folge hat, sind die Ergebnisse nur bedingt übertragbar. Die Effekte könnten in der Schweiz sowohl höher ausfallen (wegen des möglicherweise größeren Ein-

Die einzige vergleichbare Studie wurde in Australien durchgeführt.

⁶ Siehe www.smartwater.com.au/projects/round2/invetech/Documents/Invetech_ProjectReport.pdf

sparpotentials) oder hinter den Werten in Australien zurückbleiben (wegen eines geringen Problembewusstseins). Zusätzlich darf vermutet werden, dass die aufwendige Installation der dort verwendeten Geräte bei der geringen Anzahl von Nutzern in der Treatment-Gruppe (N=16) das Gefühl der Experimentsituation unter den Teilnehmern verstärkt und so ein sozial gewünschtes Verhalten gefördert hat. Aus diesen Gründen ist die Durchführung einer Studie in Europa sinnvoll.

3. Studiendesign

Insgesamt hat das B2E Lab 200 Geräte an Haushalte abgegeben.

Für die Durchführung der vorliegenden Studie wurden 200 Smart Water Meter vom Bits to Energy Lab an Mitarbeitende des Bundesamts für Energie (BFE) und der Eidgenössischen Elektrizitätskommission (ElCom) verteilt. Um eine möglichst repräsentative Teilnehmerschaft zu gewährleisten, wurden die Geräte samt Fragebögen an die gesamte Mitarbeiterschaft verteilt, die daraufhin selbst entscheiden konnte, an der Studie teilzunehmen oder die Geräte ungebraucht zu retournieren. Aufgrund des einfachen Aufbaus der Geräte konnten die Studienteilnehmer die Installation zu Hause eigenhändig ausführen.

Die Geräte wurden durch die Nutzer selbst installiert.

Die Geräte wurden von dem ETH-Spinoff Amphiro AG hergestellt und bestehen aus zwei Teilen: einem Anzeigegerät und einem Messmodul zur Anbringung zwischen Duschschauch und -armatur (vgl. Abbildung 2). Da das Messmodul die Energie für seinen Betrieb selbst aus dem Wasserfluss generiert, reduziert sich der Aufwand der Installation auf das Einschrauben des Messmoduls. Die Anzeige ist wasserdicht und kann aufgrund ihrer Abmessungen im Seifenhalter oder am Wannenrand abgelegt werden. Einzelne Entnahmevorgänge fasst die Anzeige automatisch zu sinnhaften Grössen zusammen (z.B.: Entnahme von 0.00l bis 26.48l; Pause zum Einseifen; Entnahme von 26.48l bis 49.02l und nicht von 0.00l bis 22.54l). Die Kommunikation zwischen Display und Messmodul erfolgt mittels Infrarot-Übertragung und erwies sich wegen der meist spiegelnden Oberflächen in der Dusche als unproblematisch.



Abbildung 2. Installation Smart Water Meter (Amphiro AG)

Zusätzlich zu dem Smart Water Meter erhielten die Studienteilnehmer einen Fragebogen jeweils vor und nach Ablauf des Experiments. Neben demographischen Daten wurden in erster Linie Einstellungen zu ökologischen Themen und Technologieaffinität erhoben. Der zweite Fragebogen beinhaltete insbesondere Kunstrukte zur Erfassung der persönlichen Erfahrung mit den Duschanzeigen.

Während die erste Variable die Hypothese, dass der Nutzer durch eine höhere Aktivität der Anzeige zu grösseren Einsparungen animiert wird, überprüfen sollte, wurde die zweite Variable konstruiert, um die Wirksamkeit vorgegebener, virtueller Budgets zu ermitteln. Die Zuordnung der Teilnehmer in Experimentgruppen erfolgte nach dem Zufallsprinzip.

Zur Ermittlung des Basis-Verbrauchs führten sämtliche Programme während der ersten neun Duschvorgänge eine Blindmessung durch, d.h. die Volumenentnahme wurde aufgezeichnet, ohne den Verbrauch anzuzeigen. Auf Grundlage dieses Basisverbrauchs konnten nach Studienende die Einspareffekte der Verbrauchsanzeige kalkuliert werden.

Die Teilnehmer erhielten die Geräte Ende September 2010. Sie waren dort bis Dezember 2010 und Januar 2011 im Einsatz. Da die Installation durch Projektteilnehmer selbst erfolgte, variierte die Laufzeit des Experiments jeweils geringfügig.

Die Geräte ermittelten den Basisverbrauch je teilnehmenden Haushalt automatisch.

Von den 200 Geräten wurden 95 ungebraucht retourniert.

Insgesamt zeichneten die Geräte 3'164 Messungen in 61 Haushalten von ca. 160 Personen auf.

Die Datenerfassung wurde durch eine Begleitbefragung ergänzt.

4. Benutzerakzeptanz und Rücklaufquoten

Zur Durchführung der Studie wurden 200 Geräte an Mitarbeiter des BFE und der ElCom ausgeteilt. Von den verteilten Geräten wurden 91 installiert und genutzt sowie 95 ungebraucht retourniert. Vierzehn Geräte wurden bis nach Studienabschluss nicht zurückgegeben.

Von den 91 installierten Geräten enthielten 61 verwertbare Datensätze mit mehr als 24 Messungen, davon 44 mit mehr als 40 Messungen. Dreissig Geräte wurden zwar installiert, enthielten jedoch keine verwertbaren Datensätze. Gründe hierfür waren entweder die zu geringe Anzahl an Messungen, die offensichtliche Manipulation des Experiments (z.B. wurde die Dusche am ersten Tag neunmal betätigt, um sofort von der Blind- in die Anzeigemessung zu gelangen), oder ein Defekt des Messmoduls. Durchschnittlich enthielten die verwertbaren Datensätze 52 Messungen (9 Blindmessungen plus 43 Feedback-Messungen). Insgesamt konnten für diese Studie 3'164 Messungen in 61 Haushalten vorgenommen werden.

Die Teilnahmequote betrug 46% und die Quote an verwertbaren Datensätzen 31% (vgl. Abbildung 3). Zusätzlich zu den Geräten füllten die Teilnehmer insgesamt 93 Anfangsfragebögen und 100 Abschlussfragebögen aus. Von 40 Haushalten liegen beide Fragebögen und mehr als 24 Messwerte vor. Diese Rücklauf- bzw. Erfolgsquote entspricht den Erwartungen und wurden während des Studiendesigns einkalkuliert.

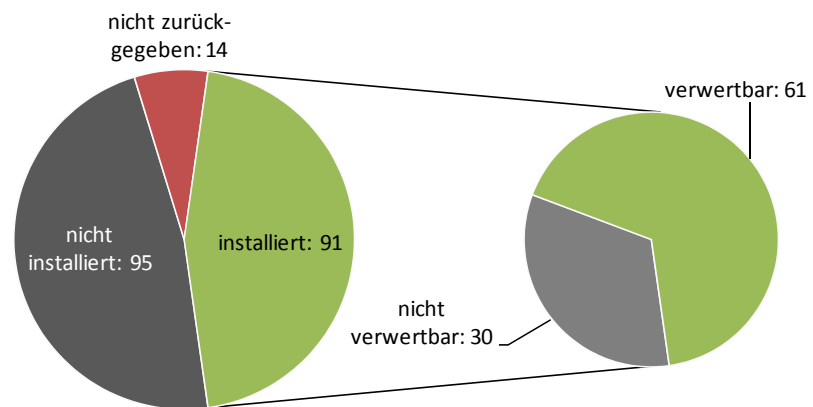


Abbildung 3. Teilnahme und Anteil verwertbarer Datensätze

5. Wirkung auf das Verbrauchsverhalten

Die berichteten Effekte beziehen sich auf den Verbrauch während der Baseline-Messung (Gerät installiert, aber noch keine Anzeige des Verbrauchs) gegenüber der Messung im Feedback-Modus (Anzeige des Volumens je Duschvorgang). In diesem „within subject design“ verfälschen mögliche Druckverluste durch das Messmodul das Ergebnis nicht, da diese in gleicher Masse während der Baseline-Messung und im Feedback-Modus auftreten.

Die Einspareffekte übertreffen die von Smart Metering für Elektrizität bekannten deutlich.

Bei den 61 teilnehmenden Haushalten mit verwertbaren Datensätzen reduzierte sich der Wasserverbrauch von 79l pro Tag und Haushalt auf 61l (-22.2%). Zugleich sank die beim Duschen aufgewendete Wärmeenergie um 0.6kWh. Auf ein Jahr hochgerechnet spart ein durchschnittlicher Haushalt 6'400l Trinkwasser und Abwasser sowie 210kWh Wärmeenergie pro Jahr.

Die Einspareffekte resultieren primär aus der Reduktion der Dauer der einzelnen Dusche. Die Duschhäufigkeit und die Temperatur blieben weitgehend konstant.

Der starke Rückgang des täglichen Entnahmevolumens ist primär auf die Verkürzung einzelner Duschvorgänge zurückzuführen. Während in einzelnen Fällen die sprunghafte Abnahme des Wasserverbrauchs zu einem Zeitpunkt der Experimentdauer auf eine Umrüstung auf Energiesparbrauseköpfe oder andere technische Massnahmen hindeuten könnte, wurden keine Unterschiede in der Häufigkeit und Temperatur der Duschvorgänge nach Einsetzen der Feedbackmessung gefunden. Aufgrund der konstanten Duschtemperatur entspricht die prozentuale Verringerung der Voluminentnahme der Reduktion des Energieverbrauchs der Nutzer.

Die Einspareffekte schwankten erheblich zwischen den teilnehmenden Haushalten. Nahezu zwei Drittel könnten Ihren Wasserverbrauch um mindestens 10% reduzieren. 28% der Teilnehmer erzielten sogar Einsparungen über 30%. Bei 18% der Teilnehmer stieg der Verbrauch gegenüber der Baseline-Messung um mehr als 10% an (siehe Abbildung 4).

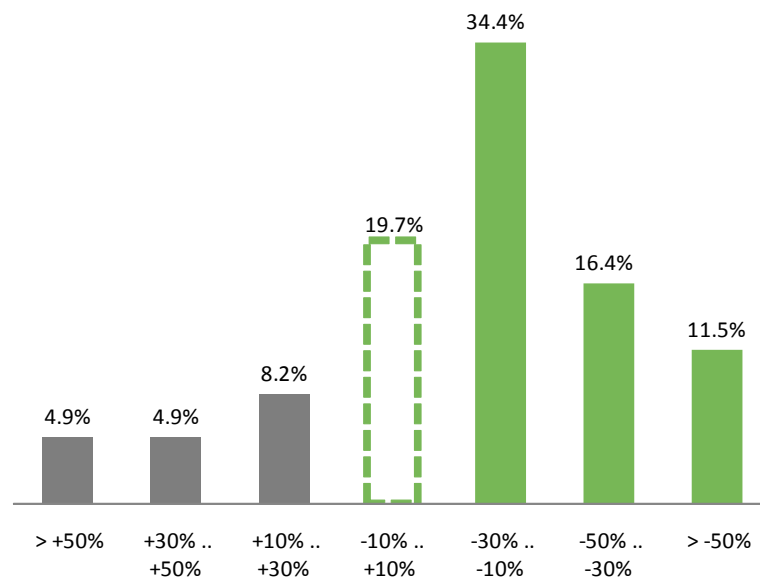


Abbildung 4. Änderung des täglichen Wasser- und Energieverbrauchs pro Haushalt nach Einsetzen der Verbrauchsanzeige in Prozent der Teilnehmer ($N_{blind}=548$, $N_{treat}=2616$)

Einige der folgenden Aussagen beziehen sich auf die Effekte von Feedback auf bestimmte Subgruppen der Teilnehmer. In diesen Fällen drücken wir die Wirkung der Verbrauchsinformation als relative Einsparungen pro Haushalt von Feedback-Modus zur Baseline-Messung aus. Es sei darauf hingewiesen, dass der Durchschnitt der relativen Effekte nicht dem Gesamteffekte entspricht. Während die Studienteilnehmer den Wasser- und Energieverbrauch um 22.2% reduzierten, liegt der Erwartungswert pro Haushalt bei 12.9%. Das folgende Szenario löst diesen vermeintlichen Widerspruch auf:

Szenario:

Teilnehmer A erhöht seinen Verbrauch von 20 l/Tag auf 30 l/Tag (+50%).

Teilnehmer B reduziert seinen Verbrauch von 100 l/Tag auf 70 l/Tag (-30%).

Während sich der durchschnittliche Haushaltsverbrauch mit Einsetzen des Verbrauchsfeedbacks um 10% erhöht, reduziert der Verbrauch der gesamten Teilnehmerschaft um 17% (von 120 l auf 100 l).

Haushalte mit hohem Ausgangsverbrauch erzielen auch anteilmässig besonders hohe Einsparungen.

Eine weitergehende Betrachtung zeigt deutliche Unterschiede bei der Wirkung von Feedback-Informationen in Abhängigkeit vom Ausgangsverbrauch. Bei Haushalten mit einem Verbrauch grösser als der Median lagen die Einsparungen bei durchschnittlich 20.2%, bei Haushalten mit Verbräuche kleiner als der Median bei durchschnittlich 4.9%. Die Effekte sind in Abbildung 5 dargestellt. Ursachen für das unterschiedliche Verhalten liegen vermutlich im grösseren Einsparpotential der Vielverbraucher sowie im wahrgenommenen Änderungsdruck der Nutzer begründet. Weiter gibt

es Belege für einen negativen Effekt durch Feedback, falls der persönliche Verbrauch unterhalb eines als „normal“ oder „gut“ akzeptierten Werts liegt.⁷ Abbildung 6 zeigt das Histogramm der Verbräuche ohne Verbrauchs-feedback (Baseline-Messung) und mit Verbrauchsfeedback.

Einen (ungewünschten) Trend zum Durchschnitt gibt es auch bei überdurchschnittlich sparsamen Nutzern.

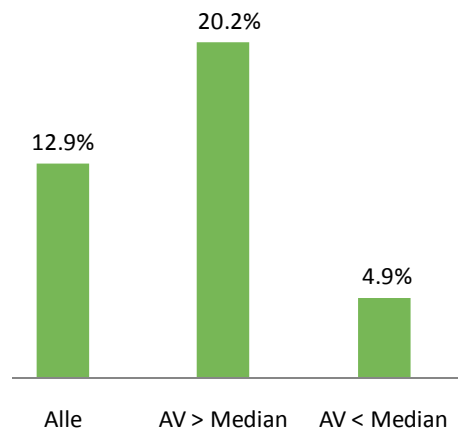


Abbildung 5. Einsparungen nach Ausgangsverbrauch (AV) in Prozent
($N_{\text{alle}}=3164$, $N_{>M}=1685$, $N_{<M}=1479$, $N_{>50l}=1094$, $N_{<50l}=2070$)

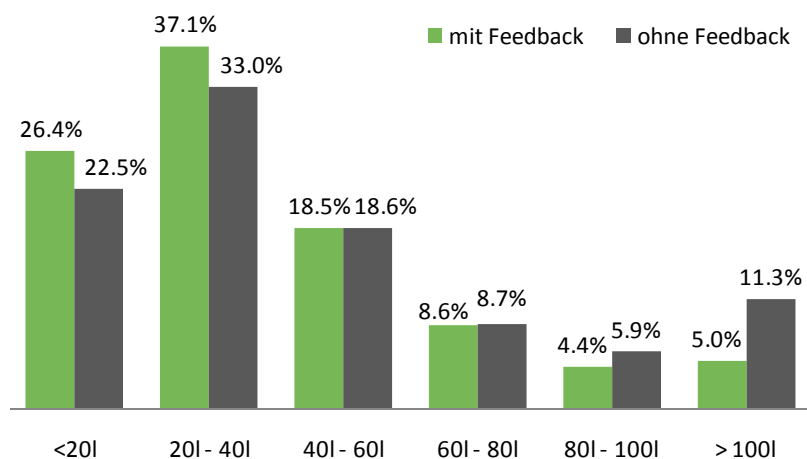


Abbildung 6. Anzahl von Duschvorgängen nach Volumenentnahme
($N_{\text{blind}}=548$, $N_{\text{treat}}=2616$)

Um die Stabilität der Effekte über die Dauer der Studie zu messen, wurde die Feedbackperiode in zwei gleichlange Phasen (1'208 und 1'207 Messungen) aufgeteilt. Während in der ersten Hälfte ließen sich Einsparungen von 24% beobachten, während der zweiten Hälfte von 20% (vgl. Abbildung 7). Die Effekte verhielten sich stabil über den gesamten Verlauf der Studie. Die Befürchtungen, dass mit einer Gewöhnung an die Anwesenheit der Anzeige deren Wirksamkeit nachlassen könnte, wurden nicht bestätigt.

⁷ Schultz, P. W., Nolan J. M., Cialdini R. B., Goldstein N. J., and Griskevicius V. 2007. The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms, "Psychological Science (18:5), pp. 429-434.

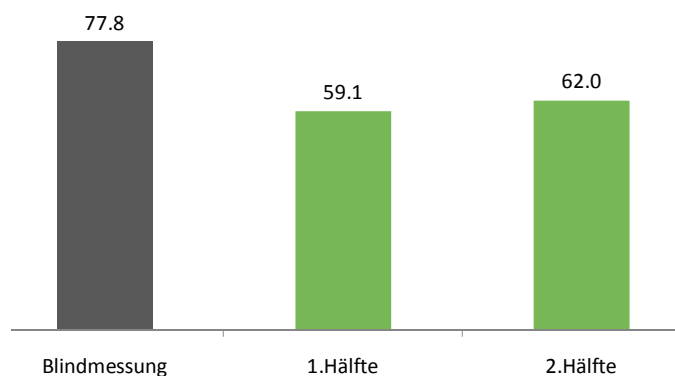


Abbildung 7. Durchschnittliche Volumenentnahme pro Tag im Zeitverlauf
(Angaben in Litern; $N_{blind}=31$, $N_{H1}=1208$, $N_{H2}=1207$)

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Anwesenheit der Verbrauchsanzeige zu einer nachhaltigen Verhaltensadaption führt. Übereinstimmend mit den Ergebnissen aus dem Abschlussfragebogen (siehe Kapitel 6) scheint das Verbrauchsfeedback auch langfristig akzeptiert und nicht als störend empfunden zu werden.

6. Nutzen und Zahlungsbereitschaft

Die angegebene Zahlungsbereitschaft der Nutzer beträgt 47 CHF.

Die Auswertung der Fragebögen hat gezeigt, dass Smart Water Metering – nicht in jedem Haushalt, aber bei einem relevanten Segment – als sinnvoll und nützlich wahrgenommen wird. Die Studienteilnehmer bewerteten die Verbrauchsanzeige trotz des teilweise prototypischen Aufbaus sehr positiv (vgl. Abbildung 8). Das Interesse an Smart Water Metering wurde durch die solide Zahlungsbereitschaft von durchschnittlich 47,27 CHF bestätigt.

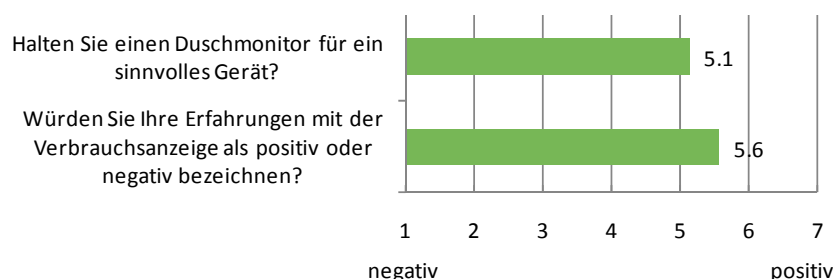


Abbildung 8. Fragen zur Akzeptanz von Smart Water Metering

Folgende Einschränkungen der Studie sollen betont werden. Die Studienteilnehmer kommen durch ihre Arbeit am BFE stärker mit Energiefragen in Berührung als durchschnittliche Bürger. Daher ist eine Überschätzung der Einspareffekte denkbar. Demgegenüber steht, dass auch innerhalb des Bundesamtes vielfältige Meinungen zum Thema Smart Metering existieren und die Studie ganze Haushalte berücksichtigt (insgesamt arbeiten mehr als zwei Drittel der Teilnehmer nicht beim BFE oder bei ECom). Weiter sollte einer zukünftigen Untersuchung der Langzeiteffekte ein län-

gerer Betrachtungszeitraum zugrunde liegen, um zuverlässigere Aussagen zur Beständigkeit der Effekte treffen zu können. Dennoch darf die Studie als die umfangreichste Untersuchung im Bereich Verbrauchsfeedback bei der Wassernutzung gelten, die bisher veröffentlicht wurde.

7. Bewertung und Handlungsempfehlung

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen das Einsparpotenzial, welches sich durch Verbrauchsfeedback bei der Warmwassernutzung realisieren lässt. Die Verwendung eines einfachen Displays in der Dusche führte – hochgerechnet auf ein Jahr – zu Einsparungen von 6'400 Liter Wasser und 210 kWh pro Haushalt. Dies entspricht einer Reduktion der Warmwassernutzung beim Duschen um 22.2%. Mögliche Erklärungen für diesen aussergewöhnlich starken Effekt sind die grosse Einflussmöglichkeit des Nutzers auf den Verbrauch, die unmittelbar zu beobachtende Wirkung einer Verhaltensänderung direkt am Ort der Handlung, die einfache Verständlichkeit des Kontextes und der klare Bezug des Feedbacks zur eigenen Person.

Die Untersuchung der Nutzerakzeptanz hat verdeutlicht, dass für eine Verbrauchsanzeige im gezeigten Kontext durchaus ein Markt besteht. Etwa die Hälfte der Studienteilnehmer hatte Interesse an der Technologie, akzeptierte die Einstiegshürde einer 30-minütigen Befragung und nannte eine Zahlungsbereitschaft von durchschnittlich 47 CHF pro Gerät. Die verbleibende Hälfte war nicht bereit, an der Befragung teilzunehmen und das Gerät einzubauen.

Aus den Einspareffekten und der Nutzerakzeptanz ergeben sich – unter dem Vorbehalt der zeitlichen Stabilität der Effekte – bei einer flächendeckenden Abgabe Vermeidungskosten von 0.158 CHF je kWh (jedes zweite Gerät ist im Einsatz und entfaltet seine Wirkung). Bei einem „opt-in“, also bei einer Abgabe der Geräte an interessierte Nutzer auf Nachfrage oder bei einem Verkauf der Geräte, reduzieren sich die Vermeidungskosten auf 0.079 CHF je kWh. Die Vermeidungskosten verringern sich weiter, wenn zusätzlich das eingesparte Trink- und Abwasser Berücksichtigung findet.

Die vorliegende Studie zeigt die Wirkungen von Verbrauchsfeedback in einem konkreten Anwendungsfall. Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Ausgestaltung der Feedbackmechanismen zur Verstärkung der gewünschten Effekte sowie bei der Untersuchung der Langzeitwirkung von Feedback auf das Nutzungsverhalten.