

Der Beitrag eines InHome-Displays zur Reduktion von CO₂-Emissionen

Franziska Funck*, Maximilian Horn*, Frank Eggert, Bernd Engel

Technische Universität Braunschweig
Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen – elenia
Tel.: +49 531 391 7756, Email: f.funck@tu-braunschweig.de
<http://www.tu-braunschweig.de/elenia>

Institut für Psychologie
Abteilung für Psychologische Methodenlehre und Biopsychologie
Tel.: +49 531 391 3144, Email: m.horn@tu-braunschweig.de
<http://www.tu-braunschweig.de/psychologie/abt/methoden>

Kurzfassung: Um das erklärte Ziel der Politik zu erreichen, die CO₂-Emissionen zu reduzieren, sollen auch Letztverbraucher durch Verhaltensänderungen einen Beitrag dazu leisten. Dieser Beitrag zeigt, dass hinsichtlich der Reduktion der CO₂-Emissionen keine Empfehlungen ausgesprochen werden können, wohin Verbrauch verlagert werden sollte und wann Verbrauchsreduktionen besonders sinnvoll sind. Im Rahmen einer Grenzwertbetrachtung wird dargestellt, ab welchem Anteil an Erzeugung aus erneuerbaren Energien damit zu rechnen ist, dass Verbrauchsverschiebungen einen Beitrag zur CO₂-Emission leisten. Darüber hinaus werden Verhaltensanreize diskutiert, die den einzelnen Verbraucher zu einer Verhaltensmodifikation bewegen können. Hierbei kann das Setzen von Zielen in verschiedenen Währungen einen Beitrag zur langfristigen Verhaltensänderung leisten. Um die abstrakte Währung „CO₂ in Kilogramm“ für den Verbraucher greifbarer zu machen, kann eine Umrechnung in verhaltensnahe Maße durchgeführt werden. Dieser interdisziplinäre Beitrag zeigt die hohe Relevanz einer engen Verzahnung von ingenieurs- und verhaltenswissenschaftlicher Arbeit für die Erforschung der Energiewende.

Keywords: CO₂-Emission, Klimaschutz, Smart Metering, Verhaltensanreize

1 Einleitung

Die umweltpolitischen Ziele der Europäischen Union sehen eine Erhöhung der Anteile der erneuerbaren Energien um 20% bis zum Jahr 2020 vor. Zusätzlich soll im gleichen Zeitraum die Belastung durch CO₂-Emissionen um 20% reduziert werden (European Commission, 2010). Erreicht werden soll dies unter anderem durch eine Veränderung des Energieverbrauchs in privaten Haushalten.

Neben der Energieeinsparung steht auch der Ansatz der Verlagerung des Zeitpunkts des Energieverbrauchs im Fokus der Betrachtung. Erste Anreize dafür wurden in der Vergangenheit über Hoch- und Nebentarife gesetzt, die in der Regel nachts und am Wochenende den Strom zu geringeren Preisen anboten als tagsüber oder werktags. Damit sollte ein finanzieller Anreiz für das Verlagern des Stromverbrauchs in die Abend- und

Nachtstunden bzw. ins Wochenende geschaffen werden. Zu Zeiten steigender Einspeisung aus Photovoltaik-Anlagen, die um die Mittagszeit ihr Einspeisemaximum erreichen und nachts gar nicht einspeisen, erscheint es aber fraglich, ob diese Anreize aus umweltpolitischer Sicht noch zielführend sind. Naheliegender hingegen scheint der Umkehrschluss zu sein, den Verbrauch schwerpunktmäßig in Zeiten hoher regenerativer Erzeugung zu verschieben.

1.1 Einordnung der Arbeit in das Projektvorhaben

Der vorliegende Beitrag ist Bestandteil des Projektes EVE (Effiziente VerbraucherEinbindung)¹. Ziel dieses Forschungsvorhaben ist es, ein verhaltenswissenschaftlich begründetes Konzept zu entwickeln, mit dem eine intensivere Nutzung lokaler dezentraler Erzeuger, eine Verbrauchsreduktion und eine optimale Netzauslastung durch entsprechende Erzeugung von Effekten auf der Verhaltensschicht der Verbraucher möglich wird. Im Fokus steht dabei die Entwicklung eines effektiven Anzeigepinzips für ein In-Home-Display (die hier betrachtete konkrete Mensch-Maschine-Schnittstelle, MMS). Um dieses Ziel zu erreichen, werden sowohl technische, als auch gesellschaftliche Randbedingungen berücksichtigt.

1.2 Fragestellung

Die zentrale Fragestellung dieses Artikels ist, inwieweit eine Verbrauchsreduktion oder eine Verbrauchsverschiebung einen Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen leisten können. Ziel ist dabei, die tageszeitliche Abhängigkeit der Höhe der CO₂-Reduktionen zu ermitteln, die aus Verbrauchsreduktionen und Verbrauchsverschiebungen resultieren. Darüber hinaus wird vorgestellt, welche Verhaltensanreize gesetzt werden können, um eine Modifikation des Verbrauchsverhaltens des Stromkunden zu erreichen.

2 Modell zur Bewertung von Verbrauchsreduktion und Lastverschiebung hinsichtlich des vermiedenen CO₂-Ausstoßes

Um die oben genannten Fragestellungen beantworten zu können, wird ein Modell zur Bewertung von Verbrauchsreduktion und Lastverschiebung hinsichtlich des vermiedenen CO₂-Ausstoßes entwickelt. Als Datenbasis für die Entwicklung des Bewertungsmodells dienen Daten der EEX-Transparency Plattform für die Erzeugung aus Wind-, Photovoltaik- und konventionellen Anlagen ≥ 100 MW. Diese liegen für Wind- und Photovoltaikanlagen (PV) in viertelstündlicher, für konventionelle Anlagen ≥ 100 MW in stündlicher Auflösung vor.

2.1 Ermittlung spezifischer CO₂-Emissionen

Die spezifischen CO₂-Emissionen für diese Erzeugungsarten werden nach (IER 2000) ermittelt. Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, liegen die prozentualen Anteile am Strommix sowie der spezifische Emissionsfaktor jeder Erzeugungsart und der Emissionsfaktor des gesamten Strommixes vor. Die spezifischen Emissionen des Bereichs „Sonstige“ werden abgeschätzt, indem der absolute Anteil der CO₂-Emissionen jeder Erzeugungsart ermittelt

1 Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

und von den Emissionen des gesamten Strommixes abgezogen wird. Die Differenz sind die durch den Bereich „Sonstige“ verursachten CO₂-Emissionen, sodass durch den prozentualen Anteil am Strommix der spezifische Emissionsfaktor zurückgerechnet werden kann.

Tabelle 1:
Ermittlung spezifischer CO₂-Emissionen des Bereichs "Sonstige" (IER 2000, UBA 2012, AGE 2012)

	Spezifische CO ₂ -Emission [g CO ₂ /kWh]	Anteil am Strommix [%]	Absoluter Anteil an CO ₂ -Emissionen [g CO ₂ /kWh]
Wind	2	8%	0,16
Biomasse	0	6%	0,00
Wasserkraft	1	3%	0,03
PV	17	3%	0,51
Braunkohle	998	25%	249,50
Erdgas	349	14%	48,86
Kernenergie	5	18%	0,90
Steinkohle	766	19%	145,54
Sonstige	113,50/0,05=2270	5%	559-445,50=113,50
Summe			445,50
Gesamter Strommix			559

Zur Ermittlung des Werts der spezifischen CO₂-Emissionen für den Bereich „konventionelle Anlagen ≥100 MW“ werden die Erzeugungsarten Braunkohle, Erdgas, Kernenergie, Steinkohle und Sonstige zusammengefasst und gemäß ihrem prozentualen Anteil am Bereich „konventionelle Anlagen ≥100 MW“ gewichtet addiert. Damit können die in Tabelle 2 aufgelisteten Werte für das weitere Modell verwendet werden.

Tabelle 2: Spezifische CO₂-Emissionen

Erzeugungsart	g CO ₂ /kWh
Photovoltaik	17
Wind	2
Anlagen ≥100 MW	689

2.2 Tageszeitliche Abhängigkeit der CO₂-Emissionen

Anhand dieser Datengrundlage können die tageszeitlich variierenden, erzeugungsabhängigen CO₂-Emissionen dargestellt werden. Abbildung 1 zeigt die mit den Werten aus Tabelle 2 errechneten, erzeugungsabhängigen CO₂-Emissionen beispielhaft für zwei Tage.

Naheliegender ist die Vermutung, dass die Reduktion einer Kilowattstunde Verbrauch zu Zeiten der maximalen CO₂-Emissionen den höchsten Effekt bezüglich einer CO₂-Reduktion hat. Bei den untersuchten Beispieltagen liegt dieser Zeitpunkt einmal in den frühen Morgenstunden (6:00 Uhr) und in den frühen Abendstunden (18:00 Uhr).

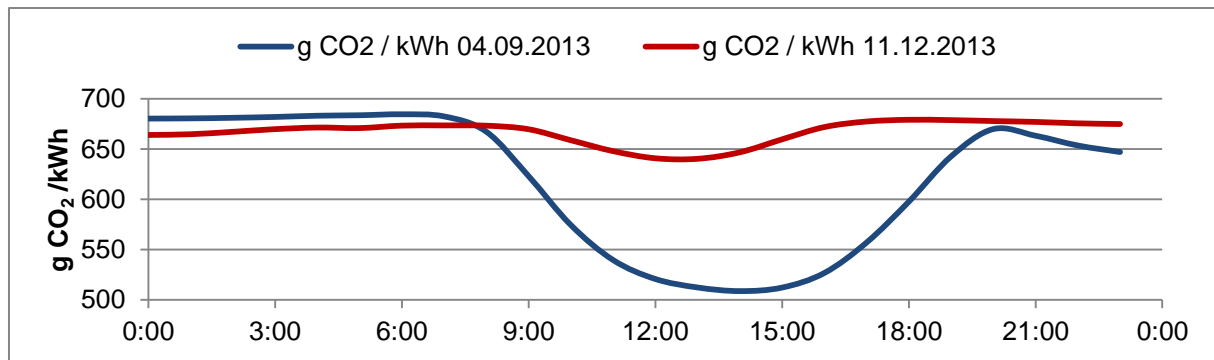


Abbildung 1: CO₂-Emissionen über 24h

Unter der Voraussetzung, dass durch Einsparungen zuerst Erzeugungseinheiten des Bereichs „konventionelle Anlagen ≥ 100 MW“ gedrosselt werden, hat die Einsparung jedoch zu jeder Zeit den gleichen Effekt an CO₂-Reduktion. Dies gilt solange, bis durch die Verbrauchseinsparungen Erzeugung aus PV- oder Windkraftanlagen nicht mehr abgenommen werden kann. Abbildung 2 zeigt eine Prinzipdarstellung dieses Effekts. Die Verbrauchsreduktion der roten durgezogenen Linie und der roten gepunkteten Linien erzielen die gleiche CO₂-Minderung. Die größere Verbrauchsreduktion zur Mittagszeit (rot gestrichelte Linie) erzielt einen geringeren CO₂-Einspareffekt, weil die PV-Erzeugung in der Spitze nicht abgenommen werden kann.

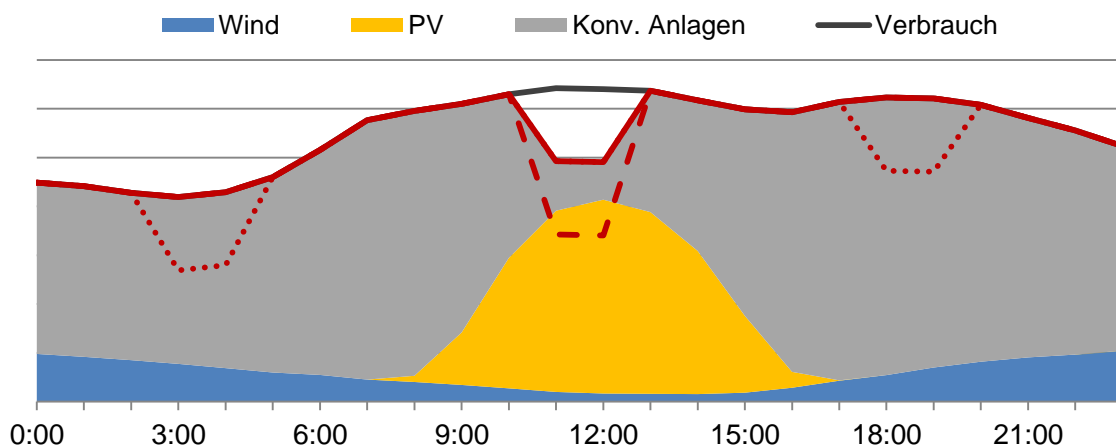


Abbildung 2: Prinzipdarstellung des CO₂-Effekts durch Reduktion

2.3 CO₂-Reduktionen durch Verbrauchsverschiebung

Für das Verschiebungsmodell wird vereinfachend angenommen, dass der Verbrauch der Summe der Erzeugung entspricht. Dabei werden Import- und Export vernachlässigt, ebenso die Erzeugung aus konventionellen Anlagen < 100 MW. Die CO₂-Emissionen eines Tages werden für diese und für konstruierte Verbrauchsverläufe berechnet.

Die Berechnungen mit mehreren konstruierten Verbrauchsverläufen, bei denen Verbrauch aus erzeugungsschwachen Zeiten in die Mittagszeit verlagert wurde, haben keine Reduktion der CO₂-Emissionen gezeigt. Erklärt werden kann dies mit dem noch recht geringen Anteil der Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im gesamten Strommix, sodass der verschobene Verbrauch durch eine Erhöhung der konventionellen Erzeugung kompensiert werden muss und sich dadurch keine Reduktion der CO₂-Emissionen ergeben kann.

Dadurch wird deutlich, dass beim aktuellen Verhältnis von Erzeugung zu Verbrauch nicht die Erzeugung aus PV-Anlagen entscheidend für die Reduktion von CO₂-Emissionen, sondern die Zusammensetzung des Bereichs „konventionelle Anlagen ≥100 MW“. In diesem Modell wird ein konstanter und kein tageszeitlich variabler spezifischer CO₂-Emissionsfaktor verwendet. In Anbetracht der erheblichen Unterschiede der spezifischen CO₂-Emissionen der im Bereich „konventionelle Anlagen ≥100 MW“ zusammengefassten Energieträger, ist die Zusammensetzung durchaus relevant. Der Unterschied an CO₂-Emissionen zwischen einer Kilowattstunde aus Braunkohle (998 g CO₂/kWh) zu Erdgas (349 g CO₂/kWh) sind 649 g CO₂/kWh. Ein Verschieben von Verbrauch in erzeugungsstarke Zeiten kann somit CO₂-Emissionen verringern, jedoch nicht aufgrund der hohen PV-Erzeugung, sondern aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Erzeugung des Bereich „konventionelle Anlagen ≥100 MW“. Die Datenlagen bezüglich der Aufteilung des Bereichs „konventionelle Anlagen ≥100 MW“ lässt genauere Untersuchungen derzeit nicht zu.

3 Grenzwertbetrachtung

Da mit dem Modell gezeigt werden konnte, dass zu den jetzigen Verhältnissen aus Verbrauch und Erzeugung aus PV keine CO₂-Reduktionen unter den genannten Randbedingungen durch Verschiebung möglich sind, soll anhand des Standardlastprofils H0 und eines PV-Erzeugungsprofils eine Grenzwertbetrachtung vorgenommen werden. Dabei soll ermittelt werden, ab welchem Anteil PV-Erzeugung am Strommix zu erwarten ist, dass die Erzeugung im Maximum den Verbrauch übersteigt. In dieser Situation ist es folglich aus Sicht einer CO₂-Reduktion sinnvoll, den Verbrauch in diese Zeiten zu verschieben und somit eine Abregelung der PV-Anlagen zu vermeiden.

Für diese Betrachtung werden das Standardlastprofil H0 und ein Standarderzeugungsprofil für PV-Anlagen herangezogen, die zunächst auf einen Jahresverbrauch bzw. eine Jahreserzeugung von 1000 kWh/a normiert sind. Für jeden Tag wird das Minimum des Quotienten jedes Viertelstundenwertes H0/PV gewählt und alle Werte des PV-Profiles dieses Tages mit diesem Quotienten multipliziert. Somit erhält man ein skaliertes PV-Profil, dass in mindestens einem Punkt den Verbrauch tangiert (s. Abbildung 3). Der Anteil der PV-Erzeugung am Tagesverbrauch bildet den Grenzwert zur Überschreitung des Verbrauchs an diesem Tag.

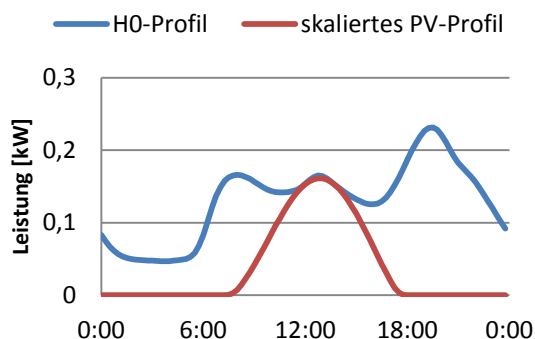


Abbildung 3: Exemplarisches H0-Profil und skaliertes PV-Profil für einen Werktag im Winter

	Durchschnittlicher PV-Anteil am Tagesenergieverbrauch
Werktag	31%
Samstag	36%
Sonntag	35%
Winter	29%
Übergang	34%
Sommer	36%
Gesamt	33%

Tabelle 3: Durchschnittliche PV-Anteile nach Jahreszeit und Tagestypen

Ausgehend von den skalierten Profilen soll der Anteil der PV-Erzeugung am Verbrauchsprofil bestimmt werden. Begründet durch die Einteilung des H0-Profiles in die Jahreszeiten Winter, Übergang und Sommer, sowie die Tagestypen Werktag, Samstag und Sonntag, sind auch hierbei die größten Unterschiede zu erwarten (Tabelle 3). Bezogen auf die Jahreszeiten sind dabei die PV-Anteile im Winter mit 29% am geringsten und im Sommer mit 36% am höchsten. Bezogen auf die Tagestypen ist der PV-Anteil am Samstag mit 36% am höchsten und an Werktagen mit 31% am geringsten. Insgesamt liegt der Mittelwert bei 33% PV-Anteil am Haushaltsverbrauch.

Zur Einordnung dieses Wertes soll bestimmt werden, welche installierte Leistung an PV-Anlagen pro 1000 kWh Haushaltsverbrauch einem Anteil von durchschnittlich 33% Energie aus PV-Erzeugung entspricht. Ausgehend von 900 Volllaststunden pro Jahr für Photovoltaikanlagen in Deutschland, ergibt sich eine installierte Leistung von 0,3704 kWp pro 1000 kWh Haushaltsjahresverbrauch. Hochgerechnet auf die Stromverbrauchswerte privater Haushalte in 2011 in Höhe von 147,6 TWh (s. UBA, 2013) ergibt sich als Grenzwert eine installierte Leistung von ca. 54 GW. Unter der Annahme, dass die erzeugte Energie nur privaten Haushalten zur Verfügung stünde, ergäben sich ab diesem Wert allein aus PV-Anlagen regelmäßig größere Erzeugungen als er durch Haushaltsverbrauch abgenommen werden könnte.

4 Zwischenfazit

Es konnte dargelegt werden, dass es nicht möglich ist eine Aussage derart zu treffen, dass eine Verbrauchsreduktion zu einem bestimmten Zeitpunkt mehr CO₂-Emissionen vermeidet als zu einem anderen Zeitpunkt. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass es möglich ist, dass eine starke Verbrauchsreduktion zu Zeiten hoher regenerativer Einspeisung weniger CO₂-Emissionen vermeidet als zu einem anderen Zeitpunkt, wenn durch die Reduktion nicht mehr der gesamte regenerativ erzeugte Strom abgenommen werden kann.

Ebenso wurde deutlich gemacht, dass eine Verbrauchsverschiebung hinsichtlich der CO₂-Emissionen unter den aktuellen Rahmenbedingungen keine Effekte verursacht. Die Grenzwertbetrachtung hat dargelegt, dass sich ab einem PV-Anteil von durchschnittlich 33% des Haushaltsverbrauchs die Rahmenbedingungen derart ändern, dass ein Verschieben von Verbrauch in das Erzeugungsmaximum positive Effekte bezüglich der CO₂-Emissionen hätte.

5 Verhaltensänderungsstrategien

Durch das oben beschriebene Modell konnte aufgezeigt werden, dass eine Verschiebung des Verbrauchs aktuell keine sinnvolle Maßnahme ist, um die Emissionsbelastung zu verringern. Die Reduktion des Energieverbrauchs ist grundsätzlich eine wirksame Strategie, um CO₂-Emissionen zu reduzieren. Doch wie kann der einzelne Verbraucher dazu bewegt werden, seine Handlungen den klimapolitischen Zielen anzupassen? Insbesondere bei der Thematik Umwelt und Energie lassen sich zwar hohe umweltfreundliche Einstellungen und Stromsparziele finden, diese ziehen jedoch nicht zwangsläufig auch ein entsprechendes Verhalten nach sich (z.B. Huber, 2001). Als Begründung für die bestehende Diskrepanz zwischen der Einstellungs- und Verhaltensebene kann z. B. mangelnde Information über entsprechende Verhaltensweisen, monetäre Nachteile oder eine geringe Bereitschaft, den

Komfort im Haushalt zu Gunsten der Umwelt einzuschränken, ausgemacht werden (vgl. z. B. Diekmann & Preisendörfer, 1992; Franzen, 1997). Hinzu kommt, dass das Energieverhaltensverhalten sich in täglichen Routinen über einen langen Zeitraum hinweg etabliert hat. Eine Änderung von diesen etablierten Handlungen stellt eine enorme Herausforderung dar. Dennoch gibt die Forschung Impulse dafür, durch welche Ansatzpunkte menschliches Verhalten modifizierbar ist. Im Hinblick auf umweltfreundliches Verhalten zeigt die Studienlage beispielsweise Interventionen, wie Informationskampagnen (z. B. Staats, Wit & Midden, 1996) oder Diskussions-Interventionen (z. B. Werner, Sansone & Brown, 2008) auf. Diese sind insofern von Vorteil, als dass sie die Thematik und den richtigen Umgang damit dem Menschen auf kognitiver Ebene salient machen. Oft sind Informationskampagnen und Apelle jedoch nicht ausreichend, um eine nachhaltige Verhaltensmodifikation zu bewirken. Als eine Begründung hierfür kann angesehen werden, dass der kurzfristige Nutzen durch die Verwendung bestimmter Geräte im Alltag unmittelbarer wahrgenommen wird, als die später zu begleichenden Kosten. Menschen fällt es somit schwer, ihren Energieverbrauch kontinuierlich im Auge zu behalten und zu prognostizieren, wie sich ihr Energieverhalten im Einzelnen auf den Verbrauch des Haushaltes im Ganzen auswirkt (Gans, Alberini & Longo, 2013; Duscha & Dünnhoff, 2007). Feedback-Maßnahmen (z. B. Staats, Harland & Wilke, 2004) setzen genau an dieser Stelle an. Eine kontinuierliche und ausführliche Rückmeldung von Verbrauch und Kosten liefert eine größere Transparenz im Hinblick auf die Konsequenzen des Verhaltens. Doch nicht jede Feedback-Maßnahme kann gleich als erfolgreich gelten. Vielmehr scheint es nötig, dass die Rückmeldung einigen entscheidenden Charakteristika gerecht wird, damit sie effektiv im Hinblick auf das erwünschte Verhalten ist (Darby, 2006). Nach Birzle-Harder, Deffner und Götz (2008) sind Rückmeldungen am effektivsten, wenn sie einerseits unmittelbar, bzw. zeitnah auf das Verhalten, andererseits regelmäßig, d.h. mit Kontingenz erfolgen. Zudem wird die Zielsetzungskomponente mit Zwischenmarkern als nützlich bewertet. Als weitere erfolgreiche Komponente gilt die grafische Aufbereitung der Daten (Duscha & Dünnhoff, 2007).

5.1 Smart Meter als effektive Technologie zur Reduktion des Verbrauchs

Diese Kriterien erfüllen sogenannte intelligente Stromzähler, auch Smart Meter genannt. Hierunter können alle Geräte verstanden werden, die eine detaillierte Messung des Stromverbrauchs ermöglichen und einen zeitlichen Verlauf der Stromnachfrage erfassen. Die meisten der Geräte weisen zusätzliche Kommunikations- und Steuerungsfunktionen auf (vgl. Benz, 2008). Der aus politischer Sicht wohl relevanteste Aspekt, das Einsparpotential der Geräte, wurde experimentell durch Schleich, Klobasa, Brunner, Götz, & Sunderer (2011) anhand von deutschen Haushalten untersucht. Zwei Drittel der Haushalte erhielten einen intelligenten Stromzähler sowie zusätzliche Informationen zum Energiesparen. Das restliche Drittel bildete die Kontrollgruppe. Schleich et al. (2011) konnten aufzeigen, dass die Stromzähler-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ca. 5% mehr Energie eingespart hatte.

5.2 Langfristige Zielsetzungen als Verhaltensanreiz

Als ein effektiver Baustein von Smart Meter-Geräten kann das Setzen von spezifisch und langfristig angelegten Zielen zum Energiesparen gesehen werden, über dessen Erreichung

der Zähler kontinuierliche Rückmeldung liefert. Im Rahmen einer Laborstudie (Horn, Haiduk, Schwarze & Eggert, 2013) wurden Probanden gebeten, sich Energiesparziele innerhalb der von uns entwickelten Smart Meter-App zu setzen. Die Zielsetzung erfolgte auf drei Ebenen: Als erstes mussten die Probanden auswählen, welche Referenz sie für ihr Ziel heranziehen. So konnten sie als Referenzmaß ihren eigenen historischen Vergleich oder aber den sozialen Vergleich angeben. Zweitens wurden die Probanden aufgefordert, die Währung zu wählen, in der sie eine Einsparung vornehmen wollen. Neben der klassischen Darstellung des Verbrauchs in kWh konnte die für den Kunden oft interessantere Anzeige der Kosten des Verbrauchs in Euro ausgewählt werden. Als Währung, die im Hinblick auf die 2020-Strategie der Europäischen Kommission (European Commission, 2010) vorwiegende Relevanz besitzt, bot die App ebenso die Option, die Anzeige des Verbrauchs in CO₂-Emissionen zu betrachten. Der dritte Aspekt der Zielsetzung bezog sich auf den Umfang der Einsparungen, die vorgenommen werden sollen. Dafür konnten Probanden die Höhe ihres Zieles in Prozent eingeben. Erste Ergebnisse zeigen, dass die meisten Probanden als Referenz ihren eigenen historischen Verbrauch auswählen (73%). Für den Vergleich mit dem Verbrauch anderer interessierten sich lediglich 27 % der Probanden. Dieser Befund deckt sich mit den Befragungsergebnissen von Roberts, Humphries und Hyldon (2004), wonach die meisten Menschen keinen Vergleich des eigenen Stromverbrauchs mit dem Verbrauch anderer wünschen. Bei Betrachtung der Währung, in der die Einsparziele gesetzt wurden, wird deutlich, dass der größte Teil der Probanden (79,7%) die Ziele monetär, d.h. in Euro setzen möchte. Wie Abbildung 4 veranschaulicht, wurde die Währung kWh von 15,6% der Probanden ausgewählt, während eine Zielsetzung hinsichtlich einer CO₂-Emissionseinsparung lediglich von 4,7% gewünscht wurde. Die Höhe des gesetzten Ziels liegt bei $M= 11,31$ ($SD= 6,38$) Prozent Einsparung.

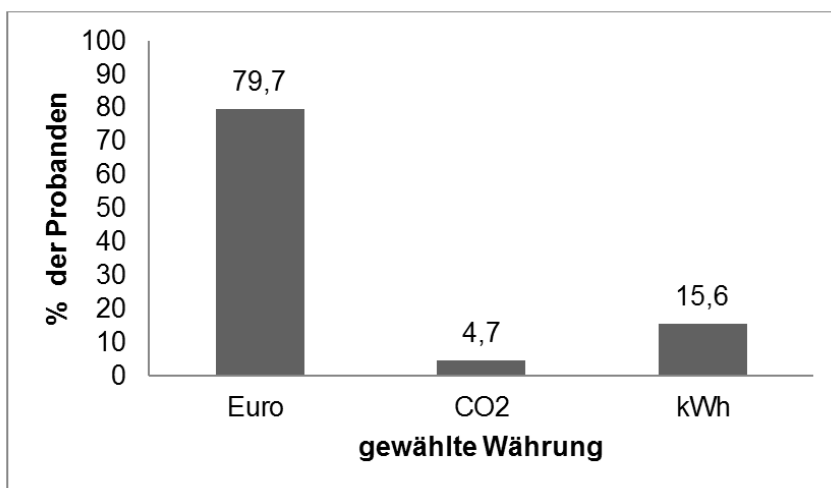


Abbildung 4: Die Wahl der Währung im Rahmen der Energiesparzielsetzung

5.3 Die Umrechnung der abstrakten Währung „CO₂ in Kilogramm“ in verhaltensnahe Maße

Der Befund, dass die Währung CO₂ lediglich von einem geringen Teil der Probanden als Wunschanzeige eingestellt wurde, überrascht insofern, als dass die Probanden durchaus hohe Umwelteinstellungen äußern. In einem Fragebogen zum Umweltbewusstsein (Diekmann & Preisendörfer, 1998) erzielt die Stichprobe auf einer fünfstufigen Skala von

„trifft nicht zu“ (0) bis „trifft voll zu“ (4) einen Wert von $M = 3,69$ ($SD = 0,54$). Doch wie lassen sich diese Ergebnisse, eine hohe Umwelteinstellung auf der einen Seite sowie auf der anderen Seite gleichzeitig ein geringes Interesse dafür, Einsparziele hinsichtlich CO_2 -Emissionen zu setzen, erklären? Eine mögliche Begründung für diese Diskrepanz könnte darin liegen, dass die meisten Menschen sich unter CO_2 in der Einheit Kilogramm wenig vorstellen können. Somit wurde in einem weiteren Versuch (Horn, Haiduk & Schwarze, 2013) der Fokus darauf gelegt, CO_2 in Kilogramm in verhaltensnahe und damit weniger abstrakte Maße umzurechnen, um die Wertigkeit der Währung CO_2 zu verdeutlichen.

Hierfür wurden Probanden zehn Darstellungsformen vorgelegt und diese gegeneinander getestet. Jede Darstellungsform bestand aus einem Bild und einer schriftlichen Information unter dem Bild. Es wurde ein konkreter Wert, nämlich 20kg CO_2 festgelegt. Dieser Wert wurde unter Berücksichtigung der Zusammensetzung eines Standard-Stromtarifs bei einem durchschnittlichen Verbrauch des genannten Produktes in die dargestellte Einheit umgerechnet. In der Folge mussten die Probanden sich in paarweisen Vergleichen dafür entscheiden, unter welcher Darstellungsform sie sich mehr unter der Menge 20kg CO_2 vorstellen können. Gemessen wurde die Häufigkeit, mit der eine Darstellungsform gewählt wurde ($Min = 0$, $Max = 9$). Um eine Kontroll-Darstellungsform zu integrieren, wurde eine Illustration gewählt, in der keine Umrechnung von 20kg CO_2 erfolgte. Die bildliche Darstellung war mit einem schlichten Balken ebenso wenig aussagekräftig. Die Befunde zeigen, dass die Darstellungen, die sich auf ein konkretes und alltägliches Verhalten bezogen, als besonders verständlich wahrgenommen wurden. Die Probanden gaben an, sich durch alle Illustrationen eine bessere Vorstellung von der CO_2 -Menge machen zu können, als bei der Balken-Kontrolldarstellung. Abbildung 5 zeigt exemplarisch zwei Darstellungsformen, die Energiesparlampen- sowie die Waschmaschinen-Darstellung. Ebenso wird die Kontrolldarstellung veranschaulicht. Als statistische Kennzahlen sind die mittlere Wahlhäufigkeit und deren Standardabweichung aufgetragen.




Darstellungsform	 69,4 Tage Licht	 34 Waschgänge	 20 kg CO_2
20kg CO_2 entspricht...	...den CO_2 -Emissionen, die bei der Energieerzeugung anfallen, um eine Energiesparlampe 69,4 Tage zu nutzen.	...den CO_2 -Emissionen, die bei der Energieerzeugung anfallen, um eine Waschmaschine 34 Mal laufen zu lassen.	...20 kg CO_2 (Kontrollitem).
M	6,43	6,22	0,88
SD	2,04	1,54	1,69

Abbildung 5: Drei exemplarische Darstellungsformen zzgl. der statistischen Kennzahlen hinsichtlich deren Wahlhäufigkeiten

Die weitere Forschung könnte nun ihren Fokus auf die Frage richten, ob durch die Implementierung der alternativen CO₂-Darstellungsformen in Feedbackmaßnahmen, wie Smart Meter-Technologien, ein stärkerer Verhaltensanreiz geschaffen werden kann, um den Energieverbrauch nachhaltig zu reduzieren.

6 Zusammenfassung

Das Bewertungsmodell konnte die Vermutung, dass eine Verlagerung von Verbrauch in Zeiten hoher regenerativer Erzeugung zu CO₂-Reduktionen führt, nicht bestätigen. Berücksichtigt werden muss dabei, dass die betrachteten Daten sich auf ganz Deutschland beziehen und somit lokale Effekte vernachlässigt wurden. Räumlich begrenzt kann es durchaus sinnvoll sein mit dem Verbrauch der Erzeugung zu folgen und somit Abregelungen zu vermeiden. Es konnte gezeigt werden, dass Verbrauchsreduktionen zu bestimmten Zeiten geringere CO₂-Reduktionen ermöglichen als zu anderen, ohne dabei den Umkehrschluss zuzulassen. Im Rahmen einer Grenzwertbetrachtung konnte ein Anteil an PV-Erzeugung am Haushaltsverbrauch ermittelt werden, ab dem sich die Rahmenbedingungen derart ändern, sodass Verbrauchsverlagerungen die CO₂-Emissionen reduzieren können.

Um das Verbrauchsverhalten des Menschen diesen Begebenheiten anzupassen, müssen Verhaltensanreize gesetzt werden, die eine nachhaltige Modifikation bewirken. Als ein Instrument hierfür kann die Nutzung von Smart Metern dienen. Hierüber lassen sich langfristige Ziele setzen, die durch kontinuierliches Feedback eine Verbrauchsveränderung ermöglichen. Anhand einer Laborstudie konnte gezeigt werden, dass häufig monetäre Anreize gewählt und CO₂-Reduktionsziele vernachlässigt werden. Es wurde postuliert, dass dieser Befund seine Ursache in der hohen Abstraktheit der Währung „CO₂ in Kilogramm“ hat. In der Folge wurden deshalb alternative Darstellungsformen für „CO₂ in Kilogramm“ vorgestellt. Der vorliegende Beitrag zeigt die Chancen einer interdisziplinären Arbeit von Ingenieuren und Verhaltenswissenschaftlern auf und soll einen Anreiz dafür liefern, diese für die Ziele der Energiewende zu nutzen.

Literatur

- AGEB (2012): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen und <http://www.unendlich-viel-energie.de>, Strommix in Deutschland im Jahr 2011.
- Benz, S. (2008). Energieeffizienz durch intelligente Stromzähler. Zeitschrift für Umweltrecht, 10, 457-463.
- Birzle-Harder, B., Deffner, J., & Götz, K. (2008). Lust am Sparen oder totale Kontrolle? Akzeptanz von Stromverbrauchs-Feedback. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE).
- Darby, S. (2006). The effectiveness of feedback on energy consumption. University of Oxford: Environmental Change Institute.
- Diekmann, A. & Preisendörfer, P. (1992). Persönliches Umweltverhalten. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 44, 226-251.
- Diekmann, A. & Preisendörfer, P. (1998). Umweltbewußtsein und Umweltverhalten in Low- und High-Cost-Situationen: Eine empirische Überprüfung der Low-Cost Hypothese. Zeitschrift für Soziologie, 27, 438–453.
- Duscha, M. & Dünnhoff, E. (2007). Innovative Stromrechnungen als Beitrag zur nachhaltigen Transformation des Elektrizitätssystems. Berlin: DIW Berlin.

- European Commission. (2010, 22.09.2011). The EU climate and energy package. from http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
- Franzen, A. (1997). Umweltbewusstsein und Verkehrsverhalten. Zürich: Verlag Rüegger.
- Horn, M., Haiduk, M. & Schwarze, A. (2013). Darstellungsformen für CO₂. Bericht. TU Braunschweig.
- Horn, M., Haiduk, M., Schwarze, A. & Eggert, F. (2013). Entwicklung eines Inhome Displays zur Überwachung und Steuerung des Stromverbrauchs. Bericht. TU Braunschweig.
- Huber, J. (2001). Allgemeine Umweltsoziologie. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Gans, W., Alberini, A., & Longo, A. (2013). Smart meter devices and the effect of feedback on residential electricity consumption: Evidence from a natural experiment in Northern Ireland. *Energy Economics*, 36(0), 729-743.
- IER (2000), T. Marheineke, W. Krewitt, J. Neubarth, R. Friedrich, A. Voß: Forschungsbericht Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken, URL: http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2000/694/pdf/IER_Forschb_Bd74.pdf (Stand 30.02.14).
- Roberts, S., Humphries, H. & Hyldon, V. (2004). Consumer preferences for improving energy consumption feedback. Centre for Sustainable Energy, Bristol.
- Schleich, J., Klobasa, M., Brunner, M., Gözl, S., Götz, K. & Sunderer, G. (2011). Smart metering in Germany - results of providing feedback information in a field trial. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.
- Staats, H., Harland, P. & Wilke, H. A. M. (2004). Effecting durable change. *Environment and Behavior*, 36(3), 341-367.
- Staats, H. J., Wit, A. P. & Midden, C. Y. H. (1996). Communicating the Greenhouse Effect to the Public: Evaluation of a Mass Media Campaign from a Social Dilemma Perspective. *Journal of Environmental Management*, 46(2), 189-203.
- UBA (2012): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2012, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-spezifischen-kohlendioxid-emissionen-0>, (Stand 30.01.14).
- UBA (2013): Energieeffiziente Produkte, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/energieeffiziente-produkte> (Stand 30.01.14).
- Werner, C. M., Sansone, C. & Brown, B. B. (2008). Guided group discussion and attitude change: The roles of normative and informational influence. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 27-41.