

Jakob Hofmann, Swantje Gähns

Durch Energiemonitoring zu Suffizienz motivieren

Bestandsaufnahme und Analyse zur Vermeidung von Rebound-Effekten
bei Prosumern

Diskussionspapier des IÖW 75/23



Jakob Hofmann, Swantje Gährs

Durch Energiemonitoring zu Suffizienz motivieren

Bestandsaufnahme und Analyse zur Vermeidung von Rebound-Effekten bei Prosumern

Der vorliegende Beitrag entstand im Projekt „ProSuffizienz“ im Rahmen des Förderaufrufs „Energiewende und Gesellschaft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) innerhalb des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung.

Diskussionspapier des IÖW 75/23
Berlin, November 2023

Impressum

Herausgeber:
Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig
Potsdamer Straße 105
D-10785 Berlin
Tel. +49 – 30 – 884 594-0
Fax +49 – 30 – 882 54 39
E-Mail: mailbox@ioew.de
www.ioew.de

Titelbild: Foto von rawpixel.com; Grafik IÖW 2023

Ergebnisse des Forschungsvorhabens „ProSuffizienz“: Reduktion des Energieverbrauchs von Prosumern – Datenerfassung, -analyse und -visualisierung zur Unterstützung von Suffizienz bei Prosumer-Haushalten unter Berücksichtigung der Sektorkopplung (FKZ 03E15243A), das in der Bekanntmachung Energiewende und Gesellschaft im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert wird. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Zusammenfassung

Prosumer haben mit der Anschaffung einer Photovoltaikanlage (PV) zunächst einen positiven Beitrag zur Energiewende geleistet. Allerdings zeigt die jüngste Forschung, dass der Umstieg auf den Stromverbrauch vom eigenen Dach auch die Gefahr von einem erhöhten Verbrauch im Haushalt mit sich bringt. Ziel der hier vorliegenden Untersuchung ist es, die Informationsgrundlage der Haushalte als eine mögliche Quelle für diesen erhöhten Energieverbrauch zu analysieren. In dieser Studie wird daher die Rolle von Energiemonitoringeanbietern bei der Förderung von suffizientem Verhalten von Prosumern mit PV-Anlagen untersucht. Das Hauptziel besteht darin, die Auswirkungen dieser Anbieter auf das Energieverbrauchsverhalten der Kund*innen zu analysieren, insbesondere hinsichtlich der Reduzierung von Rebound-Effekten. Die Untersuchung umfasst sowohl app- als auch webbasierte Anwendungen und konzentriert sich dabei auf wesentliche Aspekte der Angebote, die direkt auf das Verhalten, die Wahrnehmung des Verbrauchs oder die Motivation zur Einsparung Einfluss nehmen. Dazu zählen zum Beispiel die Visualisierung von Kennzahlen, die Darstellung von monetären oder ökologischen Aspekten, oder die Möglichkeiten zum sozialen Vergleich oder anderer Nudges. Die Analyse bietet Einblicke in die Vielfalt der Energiemonitoringangebote und zeigt Bereiche auf, in denen die Nutzer*innenerfahrung und die Transparenz verbessert werden könnte, um suffiziente Strategien zu fördern und Rebound-Effekte zu minimieren. Die Ergebnisse der Analyse lassen besonders auf fehlende Effizienz- oder Suffizienz-Narrative in der Darstellung von Informationen der Nutzer*innen schließen. Dies liegt sowohl an der Visualisierung als auch der Art von Kennzahlen, die das Informationsangebot für Prosumer bilden.

Abstract

Prosumers have made a positive contribution to the energy transition in Germany by purchasing a photovoltaic system. At the same time, the latest research shows that switching to electricity consumption from one's own roof also entails the risk of increased overall consumption in the household. The aim of this paper is to analyse the basis of information of presuming households as a possible source of this increased energy consumption. It examines the role of energy monitoring providers in promoting energy sufficient behaviour of prosumers with photovoltaic systems. The main objective is to analyse the impact of these providers on the energy consumption behaviour of customers, especially with regard to the reduction of so-called "rebound effects". The study includes both app- and web-based offers in private and public demo accesses and available screenshots. The analysis focuses on key aspects of the offers that have a direct influence on behaviour, the perception of consumption or the motivation to save energy. These include, for example, the visualization of key figures, the presentation of monetary or ecological aspects or the options for social comparisons or other nudges. The analysis provides insights into the diversity of energy monitoring systems and identifies areas where user experience and transparency could be improved to promote sufficient strategies and minimize rebound effects. The results of the analysis suggest a particular lack of efficiency or sufficiency narratives in the presentation of information to users. This is due to both the visualization and the type of key figures as the basis of information provided to prosumers.

Die Autorinnen und Autoren

Jakob Hofmann studiert Wirtschaftswissenschaften und Philosophie an der Erasmus Universität in Rotterdam, Niederlande. Er war als Praktikant im Forschungsfeld „Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz“ am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) beschäftigt.

Dr. Swantje Gährs ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsfeld „Nachhaltige Energiewirtschaft und Klimaschutz“ am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). Sie arbeitet zu den Themenschwerpunkten dezentrale Energieversorgung, Prosumer und Energy Communities.

Kontakt: Swantje.Gaehrs@ioew.de

Tel. +49 – 30 – 884 594 59

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Methodik	10
2.1	Forschungsdesign und Verfahrensweise	10
2.2	Grenzen der Analyse	12
3	Literaturüberblick	13
3.1	Erkenntnisse zu Suffizienz und Verbrauchsverhalten	13
3.2	Variable Tarife und Energieverbrauch	14
3.3	Verhaltensökonomische Maßnahmen im Energieverbrauch	14
3.3.1	Framing und Feedback Instrumente	14
3.3.2	Nudging	16
3.3.3	Gamification	17
3.4	Narrative im Energiemonitoring	18
3.5	Zusammenfassung der Literatur und Forschungslücken	19
4	Analyse und Diskussion der Anwendungen	20
4.1	Übersicht zu Analyse und Sample	20
4.2	Startseite und User Experience	21
4.3	Nudging und Communities	23
4.4	Kennzahlen und Visualisierungen	24
5	Zusammenfassung und Fazit	27
6	Literaturverzeichnis	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Definitionen von Rebound-Effekten, Suffizienz und Spillover beim Vorgängerprojekt EE-Rebound	9
Abbildung 4.2:	Diagramme zur Übersicht des analysierten Sample	20
Abbildung 4.3:	Nachbau zweier typischer Energie-Fluss-Grafiken	22
Abbildung 4.4:	Nachbau eines Nudges mit sozialem Vergleich	23
Abbildung 4.5:	Die wichtigsten technischen Kennzahlen im Sample	25
Abbildung 4.6:	Nachbau typischer Kennzahlen und Visualisierungen	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Aufzählung relevanter Energiemonitoringanbieter für Prosumer	11
--------------	--	----

1 Einleitung

Der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland soll laut der Bundesregierung bis 2030 zur Erzeugung von 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs in Deutschland ausreichen. Dabei soll durch weiteren Zubau an Solarenergie eine elektrische Gesamtleistung von 215 GW mit PV-Anlagen bis 2030 erreicht werden (Bundesregierung 2023). Prosumer-Haushalte – also gleichermaßen Stromerzeuger und -verbraucher – leisten dabei mit der Anschaffung einer PV-Anlage einen positiven Beitrag zur Energiewende. Gleichzeitig zeigt die jüngste Forschung, dass der Umstieg auf den Stromverbrauch vom eigenen Dach auch die Gefahr von einem erhöhten Verbrauch im Haushalt mit sich bringt. Sogenannte „Rebound-Effekte“ von durchschnittlich bis zu 18 Prozent sorgen dafür, dass die positiven Auswirkungen eines Solarausbaus reduziert werden (Lenk et al. 2022). Ziel der hier vorliegenden Untersuchung ist es die Informationsgrundlage der Haushalte als eine mögliche Quelle für diesen erhöhten Energieverbrauch zu analysieren. Zugleich sollen diese Informationsangebote hinsichtlich ihrer Wirkung auf einen verringerten Gesamtverbrauch im Rahmen von „Suffizienz-Strategien“ untersucht werden. In Abbildung 1.1 wird hierzu in einer Grafik des Projektes EE-Rebound bei Änderungen des Energieverhaltens zwischen direkten und indirekten Rebound-Effekten unterschieden, welche einen höheren Konsum bedeuten, und Suffizienz oder positiven Spillover-Effekten, die zusätzliche Ersparnisse im Stromverbrauch mit sich bringen. In unserer Analyse werden besonders der direkte Rebound-Effekt und Suffizienz im Fokus stehen, wobei die Energiemonitoringangebote auch einen Einfluss über indirekte Rebound-Effekte auf den Haushaltsverbrauch nehmen. Dadurch spielen diese Begriffe eine besondere Rolle in der vorliegenden Arbeit.

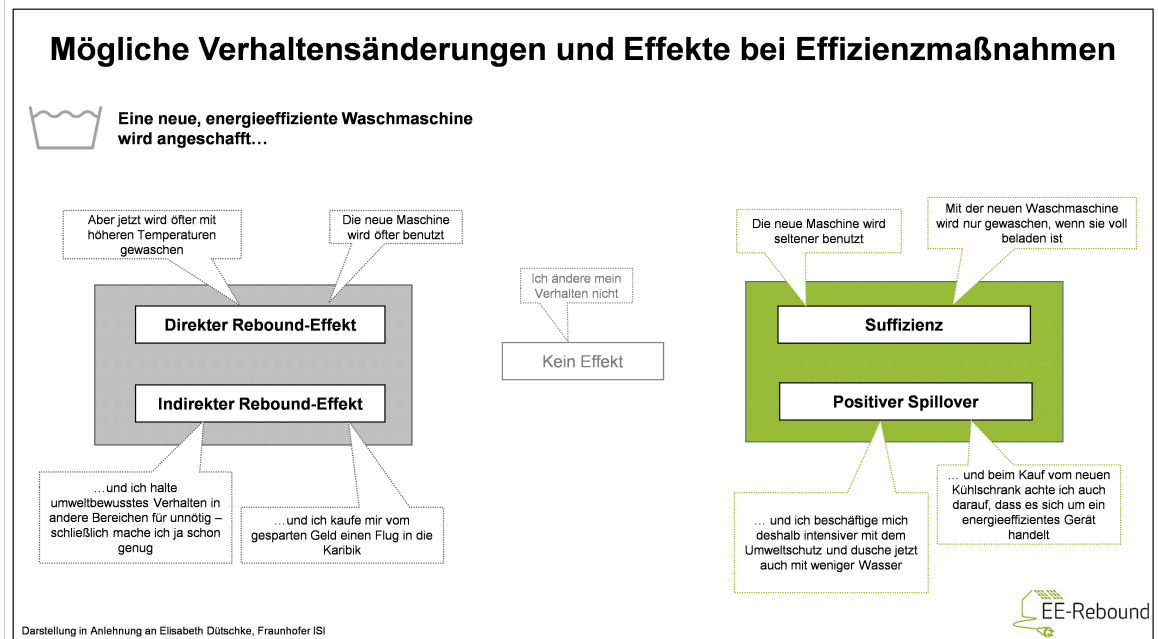


Abbildung 1.1: Definitionen von Rebound-Effekten, Suffizienz und Spillover beim Vorgängerprojekt EE-Rebound (www.ee-rebound.de)

Nach einer Einführung in die Methodik und potenziellen Grenzen der Analyse in Kapitel 2, wird der aktuelle Stand der Literatur und mögliche Forschungslücken in Kapitel 3 identifiziert. Die Analyse beginnt in Kapitel 4 mit einer Übersicht der verschiedenen Angebote und ersten Einordnungen des Samples. Darauf folgt eine detaillierte Betrachtung der Startseiten dieser Anwendungen und der

"User Experience" ihrer Nutzer*innen. Darauf folgt eine Untersuchung zur Rolle von Nudges und weiteren verhaltensökonomischen Maßnahmen, sowie internen und externen Communities, im Reduzieren des Energieverbrauchs von Prosumern. Hierbei können Features wie z. B. der soziale Vergleich, Stromsparziele und Stromspartipps oder integrierte Nutzer*innen-Foren ein besonderer Wert zukommen. Letztlich werden sowohl die wichtigsten Kennzahlen als auch ihre Visualisierung analysiert, um die Wirkung gewisser technischer, monetärer oder ökologischer Framings innerhalb der Informationsangebote für Prosumer zu finden.

2 Methodik

2.1 Forschungsdesign und Verfahrensweise

Die vorliegende Arbeit ist Teil des Forschungsprojekts ProSuffizienz, dass sich mit Suffizienz-Strategien für Prosumer-Haushalte mit PV-Anlagen beschäftigt. Durch die vorliegende Analyse soll ermittelt werden, inwiefern die Informationsgrundlage der Haushalte als eine mögliche Quelle für erhöhten Energieverbrauch auftreten kann, woher diese genau kommen und welche Empfehlungen zur Förderung von suffizientem Verhalten gegeben werden können.

Im ersten Schritt wurde mithilfe einer Online-Schlagwortsuche durch Suchbegriffe wie z. B. „größte Solaranlagenbauer Deutschland“, „Energiemonitoring in Deutschland“, oder „PV und Wechselrichter Hersteller Deutschland“ die größten und wichtigsten Informationsangebote für Prosumer identifiziert. Es handelt sich hierbei um Hersteller von PV-Anlagen, Wechselrichtern, Batterien oder Energiemonitoringsystemen in Deutschland, die gemessen an Nutzer*innen und Verkaufszahlen hervortreten. Dabei wurden auch deutsche Onlinemagazine und Internetforen zu diesen Themen und Aufzählungen wichtiger Hersteller durchsucht.¹ Diese sind hier besonders relevant, da unser Fokus auf Anbietern für private Prosumer-Haushalte und Eigenheimbesitzende liegt, die zur Zielgruppe solcher Websites gehören. Im zweiten Schritt wurden die aufgezählten Unternehmen anhand ihrer eigenen Homepages und den relevanten Anwendungen für unser Projekt, sowie die Zugehörigkeit zu einer der oben genannten Geschäftsbereiche überprüft.² Wichtig ist es anzumerken, dass die identifizierten Hersteller häufig in mehreren Feldern tätig sind und nicht eindeutig einem Geschäftsbereich zuzuordnen sind. Häufig werden dabei die unterschiedlichen Produkte in sogenannten „Paketen“ auch zusammen angeboten, z. B. PV-Anlagen mit passenden Stromspeichern und integriertem Energiemonitoringsystem. Später wurden weitere Unternehmen dazu genommen, welche von den Partnern im Projekt ProSuffizienz als relevant eingestuft wurden. Tabelle 2.1 fasst alle identifizierten und kontaktierten Unternehmen zusammen, von denen die power42 GmbH und sonnen GmbH als offizielle Praxispartner im Projekt ProSuffizienz auftreten.

Da sich das Projekt auf Deutschland bezieht, werden auch nur ausländische Firmen gewählt, die einen Vertrieb und Absatz in Deutschland betreiben. Ein solches Beispiel ist die Firma Solar Manager aus der Schweiz. Alle ausgewählten Unternehmen haben somit direkten Kontakt zu Kund*innen in Deutschland durch ihre Energiemonitoring-Anwendungen und Portale, und sind somit direkt am Verhalten von Prosumern und möglichen Rebound-Effekten beteiligt. Bei der Auswahl dieser Firmen handelt es sich zudem um solche, die über eine bloße Hardwareüberwachung

¹ Dazu zählen z. B. www.solaranzeige.de, www.pv-magazine.de, www.energie-experten.org, www.echtsolar.de und www.photovoltaike.one.

² Die Links zu den Homepages finden sich in Tabelle 2.1.

hinausgehen, und beispielsweise Zahlen zu Eigen- und Netzverbrauch anbieten. Im dritten Schritt wurden insgesamt 28 Firmen bezüglich eines möglichen Demo-Zugangs ihrer Energiemonitoringsoftware kontaktiert. Bei fünf der 28 Firmen erhielten wir einen privaten Demo-Zugang, sowie bei weiteren 12 den Hinweis auf eine öffentlich verfügbare Demo-Anwendung. Im Ganzen werden 19 Anwendungen von 17 Anbietern genauer analysiert, während sieben weitere ohne jeglichen Demozugang nur auf freiverfügbare Screenshots untersucht werden. Dabei werden im ersten Schritt Anbieter von Energiemonitoring- und Energiemanagementsystemen³ nach heute verfügbaren Kennzahlen und Visualisierungen untersucht, mit besonderem Fokus auf Werte für Eigenverbrauch, Autarkiegrade und Netzeinspeisung.

Tabelle 2.1: Aufzählung relevanter Energiemonitoringanbieter für Prosumer (eigene Darstellung)

*Nur Analyse der öffentlich verfügbaren Screenshots; **bereits Praxispartner im Projekt ProSuffizienz.

Unternehmen	Angebot	Geschäftsbereich	Homepage
Discoveryg GmbH	Discoveryg	Stromzähler	www.discoveryg.com
Enpal B.V.*	Enpal Energiemanager	PV-Anlage	www.enpal.de
Enphase Energy*	Enphase Enlighten	Batterie, Monitoring	https://enphase.com/de-de
Fronius Deutschland GmbH	Fronius Solar.web	PV-Anlage	https://www.fronius.com/de-de/germany/solarenergie/eigenheim
Ginlong Technologies*	SolisCloud	Solar-WR	https://www.solisinverters.com/accessories6/SolisCloud_de.html
GoodWe Technologies Co. Ltd.	SEMS	WR	https://de.goodwe.com/ https://de.goodwe.com/products?tp=7
Growatt New Energy	ShinePhone App	Monitoring, WR, Batterie	https://de.growatt.com
HagerEnergy GmbH	E3/DC Energieportal	PV-Anlage, WR, Batterie	https://www.e3dc.com/
Huawei Technologies Co., Ltd.	Huawei Fusion Solar	WR, Monitoring, Batterie	https://solar.huawei.com/de/
klarsolar GmbH*	HERO Energiemanager	PV-Anlage	www.klarsolar.de

³ Energiemonitoringsysteme beschäftigen sich primär mit der Erfassung und Kontrolle des Energieverbrauchs, während Energiemanagementsysteme zusätzliche Planung und Umsetzung einer energieeffizienten Leistung beinhalten. Da sie sich in ihrem Bezug zum Energieverbrauchsverhalten für Prosumer in dieser Analyse kaum unterscheiden, wird einheitlich von Energiemonitoringsystemen als Angebote gesprochen (Bundesstelle für Energie Effizienz 2023).

Unternehmen	Angebot	Geschäftsbereich	Homepage
KOSTAL Solar Electric GmbH	KOSTAL Solar Portal, KOSTAL Solar App	PV-Anlage	www.kostal-solar-electric.com
power42 GmbH**	powerfox App	WR, Monitoring	https://www.powerfox.energy/
SENEC GmbH	SENEC.App	Batterie	https://senec.com/de
SMA Solar Technology AG	SMA Energy App	Solar-WR	https://www.sma.de/
Solar Manager AG	Solar Manager	Monitoring	www.solarmanager.ch
SolarEdge Technologies Ltd.*	mySolarEdge	WR, Monitoring, Batterie	www.solaredge.com/de
SOLARWATT GmbH	Home App, Manager Portal	Monitoring	www.solarwatt.de
SOLYTIC GmbH	solytic PV Monitoring	Monitoring	www.solytic.com/de
sonnen GmbH**	sonnen App	Batterie, Monitoring, Strom	www.sonnen.de
Sungrow	iSolarCloud	Solar-WR	https://ger.sungrowpower.com/
Wegatech Greenergy GmbH*	Wegahome	Batterie, WR, Monitoring, PV	www.wegatech.de
Zählerfreunde GmbH	Zählerfreunde Portal	Monitoring, Smart Meter	https://www.zaehlerfreunde.de/
Zolar GmbH*	Compass Energiemanager	PV-Anlage, Monitoring	www.zolar.de

2.2 Grenzen der Analyse

Als Teil der Methodik ist es auch relevant, mögliche Grenzen der Analyse hinsichtlich ihrer Ergebnisse zu identifizieren und zu erörtern. Es ist zum einen nicht vollständig auszuschließen, dass relevante Anbieter von Energiemonitoringsystemen übersehen wurden. Gleichzeitig ist dem aber die Zahl von 28 kontaktierten Unternehmen und 19 näher analysierten Angeboten als relativ große Zahl entgegenzusetzen. Eine zusätzliche und wahrscheinliche Gefahr ist, dass die angefragten oder öffentlichen Demozugänge nicht eins zu eins den echten Angeboten für Kund*innen entsprechen. Aufgrund der zugeschalteten Demo-Daten, welche meist fiktiv oder wenigstens vom Hersteller kontrolliert sind, könnten gewisse Funktionen ausfallen, die für manche Nutzer*innen und unsere Analyse von Bedeutung sind. Zum Beispiel könnte der Anschluss weiterer technischer Anlagen, wie der Wärmepumpe oder des E-Autos, in der Anwendung allgemein möglich sein, ist aber im Demozugang nicht vorgesehen und daher nicht Teil des Demo-Datensatzes. Diese Befürchtung lässt sich also nicht vollständig beseitigen, scheint aber unwahrscheinlich, wenn zu den

Demozugängen noch Screenshots von App Stores und Beiträgen auf Internetforen zu Photovoltaik in Deutschland herangezogen wird. Eine dritte Einschränkung unserer Analyse könnte daher rühren, dass die Angebote (nur) auf zwei Geräten mit bestimmten Betriebssystemen untersucht wurden und dadurch eventuell gewisse Funktionen fehlen.

3 Literaturüberblick

3.1 Erkenntnisse zu Suffizienz und Verbrauchsverhalten

In der Forschung existiert bereits eine breite Literatur zu Themen der Suffizienz und des Energieverbrauchsverhalten von Konsument*innen in Deutschland und der ganzen Welt. Im Rahmen dieser Analyse liegt der Fokus noch spezifischer in der Forschung zum Verbrauchsverhalten von PV-Prosumern, sowie der Rolle variabler Tarife, verhaltensökonomischer Maßnahmen und Narrative in der Reduktion des eigenen Energiekonsums. Der Fokus auf PV-Prosumer ist besonders relevant, da der Ausbau der Photovoltaik maßgeblich zum Rückgang des Emissionsfaktors für den bundesweiten Strommix in den letzten dreißig Jahren verantwortlich ist (Wirth 2023). Wenn allerdings trotz dieses grüneren Stroms durch PV-Anlagen ein höherer Verbrauch aufgrund von Verhaltensänderungen bei Prosumern stattfindet, ist eine Einschätzung des ökologischen Wertes dieser Anlagen differenziert zu betrachten. Kegel et al. (2022) beschreiben Rebound-Effekte bei Prosumern als das Phänomen geringerer Energieeinsparungen als erwartet beim Wechsel von Haushalten zu erneuerbaren Energien. Im Besonderen wird dabei ein Anstieg des Stromverbrauchs bei Prosumern von im Schnitt bis zu 18 Prozent beschrieben, welcher auf den (teilhaften) Wechsel zu PV-Strom erfolgt. Studien haben bereits finanzielle und psychologische Elemente dieses Verhaltens beschrieben, allerdings fehlt bislang die Rolle von Energiemonitoringsystemen und Smart Home Anbietern in der Analyse des veränderten Eigenverbrauchs.

Wohlschlager et al. (2020) vergleichen Prosumer und sogenannte Flexumer, Prosumer mit Speicher- und Erzeugungsanlagen, welche flexibel eingesetzt und im Markt angeboten werden können, mit konventionellen Letztverbrauchern in ihrem Beitrag zur Energiewende in Deutschland. Dabei unterscheiden sie zwischen den Enablement- und Rebound-Effekten, welche mithilfe digitaler Energieinfrastruktur und intelligenter Messsysteme entstehen. Als Enablement-Effekt gilt demnach das Phänomen durch Verhaltensveränderungen von Prosumern und Flexumern Energieeinsparungen zu ermöglichen, primär durch neugeschaffene digitale Überwachungsmöglichkeiten und Visualisierungen der Verbrauchswerte, und sekundär durch veränderte Narrative, die z. B. den Kauf energiesparender Produkte anregen. Flexumer erreichen dabei größere Enablement-Effekte durch die flexible Nutzung der Netzdienstleistungen und den verringerten Ausbaubedarf des Stromnetzes. Insgesamt halten Wohlschlager et al. (2020) solche Enablement-Effekte und die Rolle von Flexumern als wichtiges Mittel um mögliche Rebound-Effekte zu verhindern und die positiven Umweltwirkungen von privaten Haushalten in Deutschland zu maximieren.

Diese Energieeffizienz und die Rolle erneuerbarer Energiequellen für sogenannte Smart Grids, wird von Goebel et al. (2014) im Rahmen der Bedeutung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) untersucht. Dabei kommt energiesparenden Systemen, die oft auf bereits bestehende IKT zurückgreifen können und diese um die Visualisierung und Vereinfachung auf Smartphones des Haushaltes ergänzen, eine besondere Aufgabe zu. Hierzu wird ein Papier von Weiss et al. (2012) zitiert, in dem explizit das Smartphones als Rückmeldungssystem für Energieverbrauch in Haushalten bei den meisten Nutzer*innen als geeignet gelten. Interessant ist hierbei

besonders eine einfache und bedienungsfreundliche Oberfläche und, dass Nutzer*innen gleichermaßen monetäre wie wissenschaftliche Kennzahlen wichtig erscheinen.

3.2 Variable Tarife und Energieverbrauch

Variable Stromtarife und dezentrale erneuerbare Energien ermöglichen es Kund*innen, den eigenen Stromverbrauch der Stromerzeugung anzupassen und z. B. mehr Strom mittags zu konsumieren, wenn die eigene PV-Anlage am produktivsten ist (vgl. Nestle et al. 2009). Dabei ist für die vorliegende Analyse interessant, inwiefern dadurch das Energieverbrauchsverhalten von Konsument*innen oder auch Prosumern verändert wird und, ob potenzielle Rebound-Effekte auftreten. Die Studie von Liebe et al. (2015) untersucht unter anderem die Auswirkungen variabler Tarife auf den Energieverbrauch und konnte keine wesentlichen Veränderungen feststellen. Nur für kleinere Haushalte mit großen Speicherheizungen und bedingt auch für solche mit Wärmepumpen kann ein monetärer Nettonutzen, das heißt ein Nutzen durch das variable Tarifsysteem einschließlich der Kosten eines solchen intelligenten Messsystems, erzielt werden. Ein monetärer Nettonutzen durch variable Tarife wird nur bei der Nutzung mehrfacher Energieanwendungen mit einem Messsystem erreicht. Daher fordern Liebe et al. (2015) dynamischere Preisbestandteile oder Prämien im variablen Tarifbereich, um einen Nettonutzen für Endkund*innen zu erhöhen.

Tatsächlich bieten diverse Energiemonitoring-Anwendungen heute die Möglichkeiten zum Wechseln zwischen Einzel-, Doppel- und dynamischen Tarifen an, um Kund*innen Flexibilität zu schaffen. Daher wird auch unsere Analyse auf die Verbreitung solcher Eigenschaften und ihre Bedeutung für den Energieverbrauch eingehen. Hinzu kommt, dass das Angebot variabler Tarife ab 2024 verpflichtend ist und dadurch die Relevanz dieser Angebote steigt. In einer Fallstudie in Italien und Kalifornien zeigen Dehmel et al. (2011), dass progressivere Stromtarife, d.h. marktbasierete Strompreise und verbrauchs-basierte Tarife, zu einem verringerten Stromverbrauch bei Haushalten führen. Allerdings verweisen Dehmel et al. (2011) auch auf mögliche konfundierende Faktoren bei der Analyse, wie z. B. Einkommensunterschiede und ungleiche Wohnungsgrößen. Größere Suffizienz im Alltag ist somit vermutlich auch durch variable Tarife möglich, und könnte daher in Energiemonitoringangeboten mit einem entsprechenden Fokus sinnvoll sein. Unsere Analyse wird daher auch solche technischen Konfigurationen untersuchen.

3.3 Verhaltensökonomische Maßnahmen im Energieverbrauch

3.3.1 Framing und Feedback Instrumente

Das Energieverbrauchsverhalten von Prosumern lässt sich grundsätzlich durch das Interface von Energiemonitoring-Anwendungen mit bestimmten Kennzahlen, Farben oder Bildern beeinflussen. Allgemein geht es darum, positive Ansätze für die Reduktion des Energieverbrauchs bei Haushalten zu schaffen, z. B. durch Nudging oder Gamification, oft in Verbindung mit Echtzeit-Feedback-Instrumenten. Gleichzeitig aber sollen dadurch auch negative Ansätze zum Mehrverbrauch von Prosumer-Haushalten vermieden werden. Steinhorst et al. (2015) haben bspw. die Wirkung einer monetären oder ökologischen Einordnung von Hinweisen zu Stromeinsparungen bei Kund*innen eines deutschen Energieanbieters untersucht. In einem Feldexperiment mit über 600 Teilnehmenden finden sie größere Absichten Energie zu sparen für alle Nutzenden, gegenüber denen, die als Kontrollgruppe nicht Teil der Informationskampagne waren. Dabei zeigen sich Unterschiede in der

Art der Einordnung: Während eine monetäre Einordnung von Energieersparnissen durch den Fokus auf das Eigeninteresse positive direkte Effekte zeigt, finden Steinhorst et al. (2015) positive Spillover-Effekte in umweltfreundlicheres Verhalten nur bei einer ökologischen Einordnung. Diese positiven Auswirkungen beinhalten unter anderem die Nutzung von Transportmöglichkeiten, Fleischkonsum und die Unterstützung klimafreundlicher Projekte, und werden in der Formulierung mit und ohne Eigennutzen unterschieden, wobei die Effekte sich nur geringfügig unterscheiden. Schließlich sind diese Effekte laut Steinhorst et al. (2015) auf persönliche Normen (im Rahmen des NAM-Modells) und die wahrgenommene Selbstwirksamkeit zurückzuführen.

Auch Brandsma und Blasch (2019) untersuchen die Rolle von Feedback in der Reduktion des Stromverbrauchs von Haushalten. Dabei werden die Stromeinsparungen in physikalischen, monetären und ökologischen Einheiten ausgedrückt, respektive als Kilowattstunden (kWh), Euro (EUR) und CO₂-Emissionen. Gleichzeitig erfassen die Autor*innen auch verschiedene Nutztypen der befragten Personen und die Auswirkung der Möglichkeit eines festgesetzten Energieeinsparungsziels auf die Ersparnisse. Im Durchschnitt scheint es zwischen den verschiedenen ausgedrückten Einheiten keine Unterschiede zu geben hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bei der Verringerung des Stromverbrauchs, außer im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Nutztypen (hedonistisch, egoistisch, altruistisch, biosphärisch). Tatsächlich belegen Brandsma et al. (2019) für egoistische Typen mit hohen Energiesparzielen eine hohe Wirksamkeit von monetären Ausdrücken, während für altruistische Typen unabhängig der Energiesparziele sowohl physikalische als auch monetäre Formulierungen wirkungsvoll waren. Individuen mit biosphärischem Nutztypen reagierten auf alle Einheiten stärker als andere Typen, aber besonders auf Stromeinsparungen mit ökologischem Ausdruck.

Das Salienz-Bias (Auffälligkeitsverzerrung), in dem Nutzer*innen ihr Verhalten durch offensichtliche und sofort verfügbare Informationen zugunsten ihrer eigenen Präferenzen verändern, wurde in einem Feldexperiment von Tiefenbeck et al. (2018) mithilfe von Echtzeit-Feedback-Instrumenten im Energieverbrauch getestet. In über 400 Haushalten wurden Messgeräte mit in Echtzeit visualisierten Ergebnissen in Duschen installiert, da es sich um eine energieintensive tägliche Aktivität handelt. Dabei erhielt eine Gruppe nur Echt-Zeit Feedback und die andere auch Feedback zu vergangenen Duschvorgängen. Tatsächlich war eine Reduzierung des Energieverbrauchs beim Duschen von durchschnittlich 22 Prozent zu beobachten, mit starken jährlichen CO₂-Einsparungen und ohne Anzeichen des Abflachens über Monate hinweg, sogar für Teilnehmende mit niedrigem Umweltbewusstsein und mit ähnlichen Ergebnissen in beiden Interventionsgruppen. Mittels dieser Instrumente wird laut Tiefenbeck et al. (2018) nicht nur das Konsumverhalten verändert, sondern das Salienz-Bias zugunsten stärkerer Übereinstimmung mit den eigenen Präferenzen überwunden.

In einer Meta-Analyse von Andor et al. (2018) findet sich eine Übersicht verhaltensökonomischer Maßnahmen, die anhand von Studien mit kausaler Forschung auf ihre Wirkung hinsichtlich der Reduzierung des Haushaltsstromverbrauchs untersucht wurden. Dabei wurden die verschiedenen umweltpolitischen Interventionen in vier Gruppen unterschieden: Feedback, sozialer Vergleich, Zielsetzung und Selbstbindung sowie Labeling. Allgemein scheinen alle Maßnahmen den Stromverbrauch zu reduzieren, mit vorhandenen Durchschnittseffekten von zwei bis vier Prozent, allerdings besteht aufgrund starker Heterogenität in den Ergebnissen jeder Gruppe kein übergreifendes Makromuster, welches vom jeweiligen Interventionskontext gelöst werden kann. Andor et al. (2018) werfen auch einen ersten systematischen Blick auf die Rolle und Wirksamkeit von Labels, welche als Gütesiegel oder Information, z. B. über Energieverbrauch und -effizienz, auftreten können, und oft auf kategorisierten Vergleichen zu anderen Produkten basieren. Sie finden in breiter Literatur die signifikante Wirkung von Labels mittels indirekter Effekte, wobei auch hier auf den spezifischen Kontext und bedingten Forschungsaufbau hingewiesen wird.

3.3.2 Nudging

Die breite wissenschaftliche Literatur um das verhaltensökonomische Instrument des „Nudging“ (zu Deutsch das „Anstupsen“) ist auch im Fall von Energiemonitoring von Bedeutung, um Nutzer*innen zu geringerem Energieverbrauch anzuregen ohne finanzielle Anreize zu benötigen. Das Nudging wird daher auch von seinen Initiatoren Richard Thaler und Cass Sunstein als Maßnahme definiert, in der kleine Veränderungen in der Entscheidungsarchitektur Menschen in vorhersehbarer Weise zu anderen Entscheidungen bringt (Thaler und Sunstein 2009). Besonders wichtig ist dabei die Inklusion anderer Entscheidungsmöglichkeiten und die Wirkung ohne zusätzliche monetäre Reize, sowie das Ziel des Nudges, das menschliche Wohlergehen zu verbessern (Thaler und Sunstein 2009). Spätestens seit Nudging von der verhaltensökonomischen in die allgemeine Wissenschaft gewandert ist, bestehen bei diesem Thema auch gewisse ethische Bedenken aufgrund seiner paternalistischen und autonomiereduzierenden Eigenschaften.

Kasperbauer (2017) hingegen entkräftigt diese Einwände, in dem er Nudging im Sinne eines reduzierten Energieverbrauches weder als paternalistisch noch autonomieverändernd darstellt, da die Energieinfrastruktur immer schon a priori menschlichen Handelns und Entscheidens steht. Die Erzeugung sowie der Verbrauch von Energie ist demnach immer außerhalb individueller Entscheidungsgewalt und Teil äußerer Einflüsse der Politikgestaltung. Die Kritik des Nudging, welche sich besonders auf die Bedeutung persönlicher Präferenzen gegen paternalistischen Maßnahmen bezieht, wird zusätzlich von Kasperbauer (2017) anhand von Studien, die die weit verbreitete Unterstützung von und Bevorzugung für erneuerbare Energien belegen, entkräftet. Im Folgenden werden besonders Labeling (Beschriftung), Framing (Ausdruck), Selbstverpflichtung und eigene Zielsetzung, soziale Normen und der soziale Vergleich als wirksame Nudges im Energiehaushalt vorgestellt.

Newell et al. (2014) untersuchen den Effekt von Nudges durch die Beschriftung von Haushaltsgeräten zur Förderung von energieeffizientem Verhalten und Einflüssen auf Entscheidungsstrukturen. In einem Experiment erhielten über 1.000 US-amerikanische Eigenheimbesitzer*innen verschiedene Produktlabels, unter anderem US-amerikanische Umweltzeichen wie z. B. EnergyGuide und konstruierten EU-ähnlichen Logos, mit monetären, physikalischen und ökologischen Einheiten. Die Ergebnisse zeigen, dass der monetäre Ausdruck der Einsparungen den größten Effekt verzeichnete, wobei simple Kennzeichen und Berechnungen am besten wirkten. Beschriftungen, die den Eindruck von Qualität und Zugehörigkeit einer internationalen Bewertung der Produkte vermittelten, wie z. B. die EU-ähnlichen Labels, wurden laut Newell et al. (2014) auch öfter von Teilnehmenden ausgewählt. Dasselbe gilt für Haushaltsgeräte mit offiziell erkennbarem Gütesiegel als Teil einer energieeffizienten Klasse.

Auch Kroll et al. (2019) nutzen digitale Nudges in einem Feldexperiment, um ihre Wirksamkeit für die Reduzierung des Energieverbrauchs von Haushalten zu analysieren. Dabei wurden zwei Nudges – Selbstverpflichtung und soziale Normen – mittels einer Smart Home App als Anwendung der digitalen Choice-Architektur implementiert. Bei ersterem verpflichteten sich die Nutzenden zu einem bestimmten Ziel des Energiesparens und für ausgewählte Anwendungen, während bei den sozialen Normen die prozentuale Zahl ähnlicher Haushalte mit bestimmten Energieersparnissen (z. B. mit niedrigeren Temperaturen im Schlafzimmer) als Anreiz gezeigt wird. Kroll et al. (2019) teilen dabei in zwei Gruppen, die jeweils einen Nudge empfangen, eine dritte, die beide erhält, sowie eine vierte Kontrollgruppe. Zu den Ergebnissen der Untersuchung gibt es leider keine Veröffentlichungen, aber es zeigt das Interesse und die Möglichkeiten der Wissenschaft mithilfe kreativer IKT und verhaltensökonomischer Ansätze an Beiträgen zur Suffizienz zu arbeiten.

Die Rolle von Informations-Nudging im Stromkonsum von Haushalten wurde auch in einem Feldexperiment in Finnland von Ruokamo et al. (2022) beleuchtet, bei dem zufällig ausgewählte Teilnehmende Tipps zum Energiesparen erhielten und manche von ihnen zusätzlich den Zugang zu einer Online-Plattform mit Informationen über den eigenen Stromverbrauch. Parallel wurde auch der Vergleich zu anderen Haushalten gezogen und der Einfluss dieser sozialen Normen auf den von Stromverbrauch gemessen. Grundsätzlich scheinen Hinweise zur Reduzierung des Stromverbrauchs in E-Mail-Newslettern besonders Haushalte zu erreichen, die bereits sensibel gegenüber ihrem Energieverbrauch sind und weniger solche, die wenig Interesse haben. Insgesamt sind im Winter jedoch Einsparungen von bis zu 10 Prozent zu vermerken, da der durchschnittliche Haushalt bewusster mit Energie umgeht. Der Einfluss sozialer Normen konnte von Ruokamo et al. (2022) nicht bewertet werden, da der Vergleich mit anderen Haushalten kaum genutzt wurde.

Auch Caballero et al. (2022) untersuchen Nudges auf die Möglichkeit einer Veränderung des Energieverhaltens, gehen dabei zusätzlich aber auch auf „Boosting“ ein, welches auf die Fähigkeiten der Teilnehmenden, statt auf eine Veränderung bestimmter Rahmenbedingungen wie beim Nudging setzt. In einem Online-Experiment testeten sie die Wirkung von Nudges und Boosts auf den Energieverbrauch für Menschen mit verschiedenen Einkommensklassen. Tatsächlich scheinen Personen mit höherem Einkommen besser in der Umsetzung eines optimalen Energieplans und damit verbundenen Einsparungen zu sein, und reagieren deutlich stärker auf Boost-Interventionen als Teilnehmende mit niedrigem Einkommen. Gründe dafür liegen laut Caballero et al. (2022) besonders in zugrundeliegenden Unterschieden in den kognitiven Fähigkeiten der beiden Gruppen, wodurch Boosts bei einkommensarmen Menschen auch die gegenteilige Wirkung erzielen können. Auch dadurch sind Nudges insgesamt die effektivere Maßnahme, um das Verhalten von Teilnehmenden in eine bestimmte Richtung zu lenken, ungeachtet der sozioökonomischen Faktoren.

3.3.3 Gamification

Eine Maßnahmenart zur Förderung der Suffizienz stellt „Gamification“ dar, wobei spielerische Ansätze für die Sensibilisierung zu einem umweltfreundlicheren Energiekonsum genutzt werden. Solche „serious games“ dienen dadurch nicht nur dem virtuellen Zeitvertreib, sondern beinhalten auch ernste Themen und Ziele, die spielerisch erklärt und erreicht werden können. Einen Überblick über solche Formen des Gaming, insbesondere in den Bereich verbesserte Umweltbildung, größeres Konsumbewusstsein und umweltfreundlicheres Verhalten, bieten Morganti et al. (2017). Mittels einer Meta-Analyse wurden zehn Veröffentlichungen untersucht, welche auf einen oder mehrere der drei Bereiche fallen. Die Spiele „EnerCities“ und „Trashwar“ fallen dabei in die Umweltbildung⁴, „Power Explorer“ und „Power Agent“ in die Förderung energieeffizienten Verhaltens⁵. Mit Apps wie „Ecoland“ und „Energy Battle“ existieren auch Anwendungen, die auf mehreren Bereichen übergreifend agieren.⁶ Ein weiteres von Morganti et al. (2017) aufgezähltes „serious game“ ist die

⁴ „EnerCities“: Das Bauen einer virtuellen Stadt um Aspekte der Nachhaltigkeit in der Stadtplanung zu erlernen. Knol und de Vries (2011) finden positive Veränderungen in Wissen zu Stromersparnissen. „Trashwar“: Spiel zum Erlernen von Recycling und Mülltrennung für Kinder mit positiver Auswirkung (Bardhan et al. 2015).

⁵ „Power Explorer“ und „Power Agent“: Mit echten Haushaltsdaten zu Stromverbrauch kooperativ als Familie gegen andere Spieler durch energieeffizienteres Verhalten gewinnen. Gustafsson et al. (2009) zeigen starke Stromeinsparungen und anhaltende positive Motivationsveränderungen

⁶ „Ecoland“: Familien kultivieren eine virtuelle Insel durch energieeffiziente Handlungen. Liu et al. (2011) finden keine zusätzlichen Stromeinsparungen, aber ein positiv verändertes Konsumbewusstsein. „Energy Battle“: Feedback zu Energieverbrauch in studentischen Haushalten mit starken Stromeinsparungen, auch nach dem Experiment, teils durch die Bildung von Verbrauchsgewohnheiten (Geelen et al. 2012).

Anwendung der „Energy Chickens“ in Orland et al. (2014). Hier wird ein Spiel genutzt, um im Arbeitsumfeld den Energiekonsum durch Steckergeräte zu reduzieren und ein breiteres Bewusstsein für energieeffizientere Maßnahmen zu schaffen. Dabei wird der tatsächliche tägliche Energiekonsum aller Mitarbeitenden in die Anwendung übertragen, wobei höherer Verbrauch eine schlechtere Gesundheit der Haustier-Hühner im Spiel bedeutete. Es konnte im Durchschnitt an Werktagen 7 Prozent und an arbeitsfreien Tagen bis zu 23 Prozent an Energie gespart werden im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne „Energy Chickens“, mit Ergebnissen die mindestens acht Wochen nach der Intervention anhielten. Dabei berichteten zudem über zwei Drittel der Teilnehmenden von positiven Veränderungen ihres Umweltbewusstseins.

Ein weiteres „serious game“ stellt die Umweltschutzintervention „Social Power“ dar, welche als Monitoringsystem an den intelligenten Zähler gekoppelt ist und von Wemyss et al. (2019) hinsichtlich der Langzeitauswirkungen auf umweltfreundliches Verhalten untersucht wurde. Haushalte in der Schweiz partizipierten mittels kompetitiver oder kooperativer Ausführung des Spiels entweder primär gegen andere Städte oder innerhalb eigener Ziele. Obwohl im ersten Jahr der Stromverbrauch im Vergleich zu Vorjahren und zu der Kontrollgruppe reduziert wurde, war im zweiten Jahr diese Stromersparnis bereits auf das Niveau bevor der Intervention gefallen. Trotzdem meldeten Teilnehmende in beiden Jahren ein gesteigertes und anhaltendes Umweltbewusstsein. Dieses veränderte Selbstverständnis, bzw. die falsche Wahrnehmung des Verbrauchs, birgt die Gefahr von Rebound-Effekten.

3.4 Narrative im Energiemonitoring

Einen Einfluss in den Monitoringangeboten können auch etwas allgemeiner die Narrative haben, die die Anbieter bedienen. Im Bereich der erneuerbaren Energien haben Holden et al. (2021) hier insgesamt 13 dominante Narrative identifiziert, welche sich auf drei Bereiche (menschliche Bedürfnisse, Gerechtigkeit und die Grenzen menschlichen Handelns gegenüber der Umwelt) aufteilen lassen. Dabei betonen die Autor*innen die Bedeutung der Kombination von Narrativen, welche alle drei Bereiche abdecken und so das Gelingen der Energiewende weltweit voranbringen. Für uns kommen hierbei besonders die Narrative „Small is beautiful“, d. h. lokal und dezentralisiertes Wirtschaften, „Simple Life“, d. h. absolute Reduzierung von Emissionen und Ressourcenverbrauch, „Renewables“, d. h. die Ausweitung von erneuerbaren Energien, und „Faktor X“, d. h. die Hoffnung auf Effizienzgewinne durch neue Technologien, in Frage. Allerdings erkennen Holden et al. (2021) auch das Konfliktpotenzial unterschiedlicher Narrative, die zwar in einem Bereich zusammen agieren, in anderen aber gegensätzliche Motivationen erzeugen. Als Beispiel in dieser Analyse könnten dabei technisch-innovative (z. B. „Faktor X“) und autark-suffiziente (z. B. „Small is beautiful“) Narrative der Energiewende in Konflikt geraten. Die Konstruktion von Meta-Narrativen ist dabei eine Möglichkeit sich auf den breiteren wissenschaftlichen Diskurs zu beziehen. Strengers et al. (2017) untersuchen das Narrativ des „Simple Life“ genauer mit Bezug auf Visionen, welche die australische Smart Home Industrie durchsetzt. Dabei ist die Energieeffizienz ein verbreitetes Werbemerkmal, welche allerdings laut den Autor*innen kaum vorhanden ist.

Auch Quitzow (2023) behandelt Narrative in Micro Grid- und Prosumer-Nachbarschaften in Berlin, welche zum Teil unvereinbar in Bezug auf die Produktion und den Verbrauch von Energie sind. Dabei steht besonders das Narrativ der gemeinschaftlich partizipierenden Haushalte, als fähige Beteiligte im städtischen Energiemarkt, gegen das Narrativ der unabhängigen und autarkieorientierten Einzelhaushalte innerhalb isolierter Nachbarschaften. Für Quitzow (2023) sind daher die technischen Möglichkeiten, welche mit der Verbreitung von Smart Grids erfolgen, nicht ausreichend für den Diskurs bezüglich der Energiewende. Stattdessen müssen auch die zugrundeliegenden

Narrative und die Rolle des sozialen Wandels aufgrund der Smart Grids besprochen und sogar vor technischen Lösungen behandelt werden.

3.5 Zusammenfassung der Literatur und Forschungslücken

Obwohl sich digitale Monitoringangebote in der Steigerung der eigenen Energieeffizienz und Verringerung des Stromverbrauchs bereits als erfolgreich bewiesen haben, findet sich in der Forschung keine Anwendung solcher Instrumente auf das Energieverbrauchsverhalten speziell für Prosumer. Zusammen mit den bewiesenen Rebound-Effekten ergibt sich dadurch ein Bedarf für die vorliegende Analyse. Auch die Rolle variabler Tarife und das Auftreten sogenannter Flexumer gilt in der Literatur als hilfreich für suffizientes Verhalten im Haushaltsenergieverbrauch. Allerdings wurde hierbei bis jetzt nicht ausreichend auf die Funktion bestimmter Informationsangebote für Kund*innen solcher dynamischen Tarife eingegangen. Der vorliegende Bericht ergänzt daher diese Forschungslücke, in dem auch auf die unterschiedlichen Tarifbedingungen innerhalb der Anwendungen eingegangen wird. Eine breite Literatur widmet sich auch den Maßnahmen des ökologischen oder monetären Framings von Informationen, sowie der Verfügbarkeit von Echtzeit-Feedback zu energieintensiven Tätigkeiten, um Stromeinsparungen und weiteres umweltfreundliches Verhalten zu generieren. Die Analyse greift dieses Thema auf und bereichert somit die bestehende Forschung, in dem die Wirksamkeit des Framings und Feedbacks für Prosumer-Haushalte mithilfe Energiemonitoring-Anwendungen untersucht wird.

Auch Nudges wie der soziale Vergleich, Produkt-Labeling oder eigene Zielsetzungen sind in der Forschung bereits hinsichtlich ihres Erfolgs im Energiesparen bekannt. Jedoch ist hier meist von experimentellen Ergebnissen mit einem Nudge als Hauptintervention die Rede, ohne Einbeziehung von Prosumern oder realen Informationsangeboten mit Nudge-Merkmalen. Anders ist die Literatur zu Gamification, bei der sehr wohl die Bedeutung von digitalen Anwendungen zur suffizienten Informationsgewinnung im Haushalt bekannt ist. Dabei zeigt sich, dass Monitoringangebote für Prosumer auch Merkmale der Gamification vorweisen können oder sollten, um einen reduzierten Energieverbrauch zu fördern. Widersprüchliche Ziele hinsichtlich Energieeffizienz und Gesamtverbrauch im Energiemonitoring für Prosumer werden somit identifiziert und zur Forschung ergänzt. Auch hier soll die vorliegende Analyse dazu beitragen die Rolle der Narrative in den Angeboten für Prosumer zu prüfen.

4 Analyse und Diskussion der Anwendungen

4.1 Übersicht zu Analyse und Sample

Um einen Teil dieser Forschungslücken zu schließen und einen Beitrag zur Erklärung von Rebound-Effekten bei Prosumern zu leisten, knüpft die Analyse der Energiemonitoringangebote an die offenen Fragen aus der Literatur an. Genauer leiten sich hieraus sechs Untersuchungsfelder für unsere Analyse ab, welche identifiziert, getrennt, aber auch übergreifend behandelt wurden:

- Ausgestaltung der Startseite
- Farbauswahl der Angebote
- Rolle von Nudging
- Rolle von Communities
- Kennzahlen
- Visualisierungen

Bevor die Analyse der verschiedenen Anwendungen beginnt, soll mit der Beschreibung von Grundelementen der Energiemonitoringanbieter in Abbildung 4.2 ein Gefühl für das Sample vermittelt werden. Es wurden 19 Angebote von 17 Unternehmen analysiert, neun als Webanwendungen und zehn als Apps. Zwei der Unternehmen sind mit jeweils beiden Angeboten inkludiert. Die große Mehrheit dieser Anbieter ist öffentlich frei mit Demo-Zugang verfügbar, nur bei einem Viertel wurde ein Demo-Zugang privat erfragt. Da die meisten Hersteller zusätzlich, oder vor allem, Hardwareprodukte, wie z. B. Batteriespeicher oder Wechselrichter anbieten, steht dieser Zugang für Kund*innen bei 16 von 19 Angeboten kostenlos mit einem solchen Kauf zur Verfügung. Nur bei drei Angeboten gilt das Energiemonitoringsystem selber als eigentliches Produkt und ist somit gegen Gebühr erhältlich. Auch die Zielgruppe der Angebote unterscheidet sich, da rund ein Drittel ebenso für professionelle oder kommerzielle Anlagenbesitzer wirbt, zwei Drittel aber nur für private Haushalte und Smart Home Besitzer*innen, dabei meistens auch Personen mit Eigenheim statt Mieter*innen, gedacht ist.



Abbildung 4.2: Diagramme zur Übersicht des analysierten Sample (eigene Darstellung)

Alle Anwendungen beinhalten Funktionalitäten zur PV-Anlage, während nur 15 von 19 auch eine Batterie oder Speicher für den selbstproduzierten Strom vorzeigen. Bei nur sieben der Anbieter können Nutzer*innen zusätzlich das E-Auto vernetzen, bei vier zusätzlich die Wärmepumpe. Die meistgenutzten Tariftypen der Anwendungen sind Einzel- und Doppeltarife, letzteres auch als

HT/NT bekannt. Für einige wenige Anbieter sind zusätzlich dynamische oder variable Tarife möglich, wobei ihr Einfluss auf das Energieverbrauchsverhalten nicht abschließend geklärt ist. Mit der Verpflichtung zum Anbieten von variablen Tarifen in 2024, ist aber zu erwarten, dass der Anteil hier steigt. Letztlich gibt es noch weitere besondere Funktionalitäten, wie gerätescharfe und minütliche Verbrauchsmessung oder tagesabhängige Optimierung der PV-Erzeugung.

Die Detailanalyse beginnt mit einem ersten Blick auf die Startseite der Anwendungen, bei der besonders auf die „User Experience“ (dt. Benutzererfahrung) eingegangen wird. Dann werden die Anbieter auf das Instrument des Nudging und die Plattformen für Communities untersucht. Den Kern der Recherche bildet die Analyse der verschiedenen Kennzahlen und zugehörigen Visualisierungen. Dabei wurden auch die verschiedenen Farbcodierungen der Anbieter behandelt, sind aber mangels klarer Muster und einheitlicher Verwendung nicht separat dargestellt. Die einzige erkennbare Regel ist, dass die Solarerzeugung und/oder der Verbrauch oft in orange oder rot abgebildet sind. Zusätzlich zur Analyse der verfügbaren Demozugänge, wird ein kurzer Blick auf sieben weitere Angebote von Energiemonitoringsoftware gewagt, bei denen nur öffentlich verfügbare Screenshots untersucht wurden. Obwohl diese Anbieter dadurch nicht ausreichend analysiert werden konnten, tragen dokumentierte Auffälligkeiten der Screenshots dazu bei, ein breiteres Bild der Anbieter zu vermitteln. Interessanterweise ähneln sich die sieben zusätzlichen Anwendungen, welche alle appbasiert sind und als Zielgruppe private Eigenheimbesitzer*innen haben, stark den näher analysierten Anbietern, besonders hinsichtlich der typischen Kennzahlen und Visualisierungen von Ersparnissen. Das deutet darauf hin, dass mit den untersuchten Angeboten die Breite der Angebote gut abgedeckt ist.

4.2 Startseite und User Experience

Beim ersten Blick auf die Startseite fällt bei knapp der Hälfte der Anbieter eine Form von Energie-Fluss-Grafiken auf, bei dem die Aufteilung der Produktion und des Verbrauchs von Energie mit zugehörigen Richtungen der Energie-Flüsse dargestellt ist. Auch in den sieben über Screenshots analysierten Angeboten finden sich Formen der Energie-Fluss-Grafiken auf der Start- oder Hauptseite. Es ist damit eine wesentliche Informationsquelle für Prosumer, die sowohl zu erhöhtem Verbrauch und Eigenverbrauch als auch suffizienterem Verhalten führen kann. Bei den Energie-Fluss-Grafiken steht typischerweise der gesamte Haushaltsverbrauch in der Mitte, von dem sich die verschiedenen Quellen von Energiebezug, Energieproduktion und Energieverbrauch abzweigen. Die gängigsten Unterscheidungen sind hierbei der Graustrom oder Netzbezug, PV-Anlage, Batterie mit Ladestatus und möglicherweise auch Wärmepumpe und Wallbox für das E-Auto.

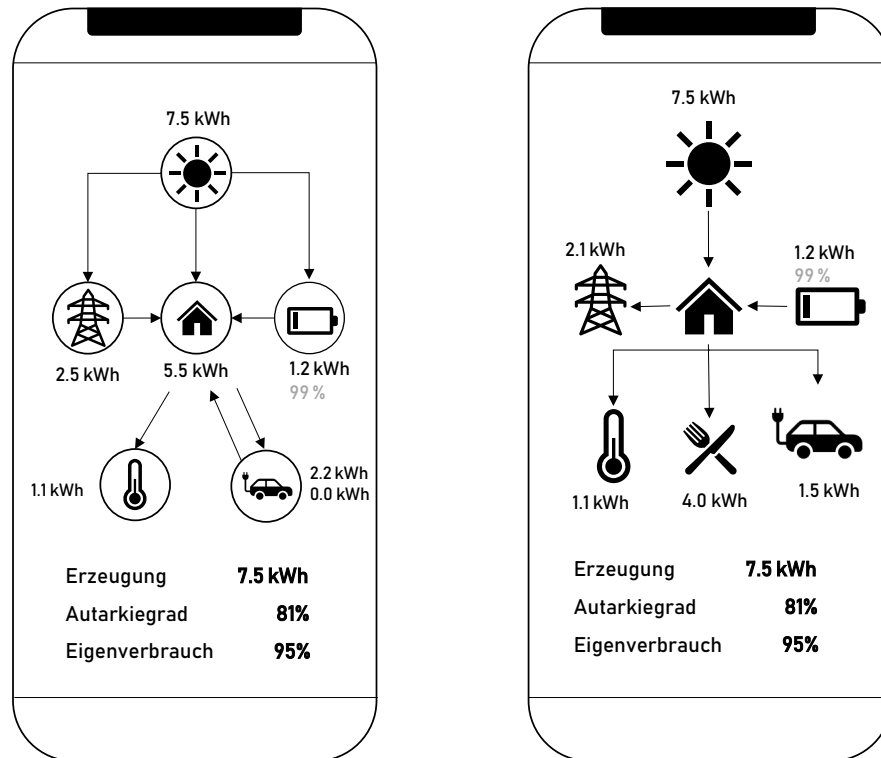


Abbildung 4.3: Nachbau zweier typischer Energie-Fluss-Grafiken (eigene Darstellung)

In Abbildung 4.3 sind beispielsweise zwei Versionen typischer Energie-Fluss-Grafiken dargestellt. Die linke Grafik führt den Fluss des produzierten PV-Stroms zum Netz (Netzeinspeisung), Haushalt (Eigenverbrauch) und zur Batterie (Batteriebeladung). Gleichzeitig ist auch der weitere Zulauf von Strom aus dem Netz (Netzbezug) und der Batterie (Batterieentladung), sowie zu und aus dem E-Auto bei directionalem Laden eingezeichnet. Lediglich die Wärmepumpe zieht alleine den Strom aus dem Haushaltsverbrauch. Bei der rechten Grafik liegen dieselben Daten zugrunde, allerdings ist hier die typische Form einer einzelnen Pfeilrichtung des überwiegenden Stromflusses gewählt. Wird in dem Moment der Aufzeichnung mehr Strom eingespeist oder Batterie entladen, drehen sich die Pfeile entsprechend. Auch der gesamte Verbrauch ist hier auf den allgemeinen Haushaltsverbrauch, z. B. Küche, Wärmepumpe und E-Auto aufgeteilt. Wie in den beiden Grafiken in Abbildung 4.3, gehören die PV-Erzeugung, der Eigenverbrauch und der Gesamtautarkiegrad zu den wichtigsten Zahlen auf der Startseite. Der Eigenverbrauch misst den Anteil der Stromproduktion, welcher selbst verbraucht wird, d. h. direkt in den Haushalt fließt, während der Autarkiegrad den Anteil des PV-Stroms am Gesamtverbrauch misst.

Für die andere Hälfte der Anbieter ohne Energie-Fluss-Grafik stehen meist Diagramme und Tagesverläufe zu PV-Erzeugung oder der Energiebilanz im Vordergrund. Dazu werden Nutzer*innen über technische Details, wie z. B. dem Anteil an Gleichstrom und Wechselstrom, oder Werbeprodukte der Anbieter informiert. Weitere Zahlen, die bei allen Angeboten oft auf der ersten Seite und prägnant im Mittelpunkt stehen sind der Tages- oder Gesamtumsatz (in Euro) der jeweiligen PV-Anlage. Der allgemeine Fokus auf der Startseite scheint dadurch deutlich auf der PV-Erzeugung oder aber neutral, also gleichermaßen auf der Erzeugung und dem Verbrauch, zu liegen. Allerdings nie nur auf dem Verbrauch. Aus Suffizienz Sicht könnte gerade der Fokus auf den Umsatz oder die Erzeugung und die fehlende Aufmerksamkeit für den Verbrauch zu nachteiligen Folgen im Verhalten der Prosumer führen.

4.3 Nudging und Communities

Da Nudging sich in der Literatur als eine gute Möglichkeit zur Senkung des Energieverbrauchs gezeigt hat, ist die Frage, welche Formen von Nudges in den untersuchten Angeboten es gab und mit welchem Ziel diese eingesetzt wurden. Die Analyse zeigt, dass nur zwei Anbieter von sozialem Vergleich als Nudge Gebrauch machen, trotz der dokumentierten Wirkung in der Verringerung des Energieverbrauchs. Wie eine oder mehrere Formen des sozialen Vergleiches aussehen könnten, ist in Abbildung 4.4 zu sehen. Hier wird sowohl mit der eigenen Leistung zu einem vergangenen Zeitraum, als auch mit ähnlichen Haushaltstypen verglichen, um einen zeitlich und demografisch motivierten Vergleichsmaßstab zu haben. In unserem Beispiel werden Nutzer*innen besonders zu einer Verringerung des Verbrauchs und einer Erhöhung der Netzeinspeisung des PV-Stroms ermuntert, mit einem Gamification-Ansatz zur Erreichung der Meilensteine. Auch innerhalb der Meilensteine hilft es sich mit ähnlichen Nutzer*innen zu vergleichen, um die eigenen Fortschritte einordnen zu können und bei Bedarf einen Ansporn zu bieten. Dies kann wie in Abbildung 4.4 durch einen Vergleich in der Schnelligkeit der erstrebten Ziele erfolgen. Eine Besonderheit findet sich hier in den sieben über Screenshots analysierten Angeboten, bei dem ein sozialer Vergleich in Verbrauch oder Erzeugung zu den eigenen vergangenen Werten verfügbar ist. Als „Comparative Production“ oder „Tagestrend“, werden dabei die PV-Erzeugung, bzw. der Tagesverbrauch, mit den Haushaltswerten der letzten Woche, des letzten Monats, Quartals oder der Vorjahresergebnisse verglichen. Dabei wird auch eine Farbcodierung genutzt, welche Steigerungen im Verbrauch mit rot und daher negativ kennzeichnet, während Senkungen mit grün und deshalb positiv bewertet werden.

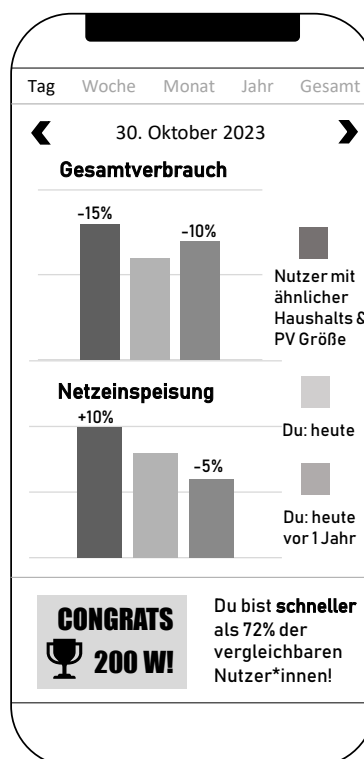


Abbildung 4.4: Nachbau eines Nudges mit sozialem Vergleich (eigene Darstellung)

Knapp vier der 19 Anwendungen bieten auch Tipps zum Energiesparen an, welche kostenlos und frei verfügbar in der App oder auf der Website die Nutzer*innen zu weniger Verbrauch anregen sollen. Beispiele der Energiespartipps könnten energiesparende Maßnahmen in der Küche, wie z. B.

das Nutzen des Wasserkochers statt des Herdes, oder das Reinigen des Flusensiebs im Trockner sein. Gamification wird hierbei kaum genutzt außer wenn die Tipps mit anderen Nudges wie Alerts oder Meilensteine kombiniert werden. Abbildung 4.4 stellt auch dar, wie leicht mehrere Formen von Nudging miteinander verknüpft werden können, oder sogar sollten. Die guten Kombinationsmöglichkeiten erklären auch, warum Nudging, wenn es verwendet wird, meist gleich in mehrfacher Form auftritt. Allerdings bleibt unklar, warum nur so wenig Anbieter überhaupt von Nudging Gebrauch machen.

Communities können eine große Rolle in der Veränderung des allgemeinen Verhaltens und insbesondere des Energieverbrauchsverhaltens von Menschen spielen. Als Communities verstehen wir das Zusammenkommen von Nutzer*innen, und manchmal auch Herstellern oder Installateuren, um Themen innerhalb des Energiemonitorings zu diskutieren und sich über den eigenen Energiekonsum auszutauschen und zu vergleichen. Daher werden auch in dieser Analyse solche Communities in der Steigerung oder Verringerung des Energiekonsums einbezogen. Dabei wird zwischen internen und externen Communities unterschieden. Interne Communities sind definiert als solche, die direkt von Herstellern über die Anwendung oder ihre eigene Internetseite angeboten werden, in Form von Foren, Blogs oder Chats, in denen sich Nutzer*innen aktiv beteiligen und austauschen können. Hierbei ist explizit nicht ein „Chat Support“ gemeint, welcher Hilfe zur Installation eigener Produkte offeriert. Rund ein Viertel der analysierten Anbieter stellen solch eine Plattform ihren Nutzer*innen und Mitarbeitenden zur Verfügung.

Externe Communities befinden sich in öffentlichen Foren oder freizugänglichen Gruppen auf Telegram und Facebook, d. h. außerhalb der eigenen Herstellerseite. Manche Anbieter haben dabei spezifische Gruppen für ihre Produkte und sind selber durch Mitarbeitende am Austausch beteiligt, während andere externe Communities nur zwischen Kund*innen existieren. Bei öffentlichen Foren, wie z. B. dem Photovoltaikforum, werden besonders über Hardwareprobleme und Anleitungen gesprochen, weshalb gerade Firmen, die sich auf Energiemonitoringsoftware spezialisieren, weniger Communities im Internet vorzuweisen haben. Solange allerdings ein Austausch in den sogenannten „Threads“ zwischen Kund*innen und/oder Herstellern existiert, gilt es in dieser Analyse als externe Community, auch wenn sich nicht zwangsläufig über Verbrauchszahlen und Meilensteine unterhalten wird. So ist es wenig verwunderlich, dass rund zwei Drittel der Anbieter externe Communities als Gruppen auf Facebook oder Telegram vorzeigen können, während alle außer einer auch in öffentlichen Foren präsent sind. Aus Suffizienz Sicht sollten daher diese bestehenden Communities stärker genutzt werden um den Austausch zu Hinweisen im Energiesparen und niedrigerem Energieverbrauch anzuregen. Dies kann sowohl von Herstellerseite, als auch zwischen Nutzer*innen, besonders solchen mit Erfahrung im PV-Monitoring, erfolgen.

4.4 Kennzahlen und Visualisierungen

Im Kapitel 4.2 zur Startseite wurden bereits einige der wichtigsten Kennzahlen mit besonderer Berücksichtigung der Wirkung auf die „User Experience“ der Nutzer*innen vorgestellt. Um zu differenzieren, welche Wirkung die Kennzahlen haben und in welcher Form sie auftreten, wird zwischen technischen, monetären und ökologischen Kennzahlen differenziert. Vorkommen und Erscheinungsbild werden dafür separat untersucht und in Abbildung 4.5 und Abbildung 4.6 dargestellt. Die wichtigste technische Kennzahl, die Erzeugung der PV-Anlage gemessen in Kilowattstunden (kWh), ist bei jedem Anbieter einsehbar. Mehr als zwei Drittel bieten zudem eine prozentuale Angabe der Solarproduktion an der gesamten Energiemenge (zuzüglich Batterie und Netzeinspeisung) an. Alle Anbieter außer vier geben zusätzlich den Autarkiegrad, das heißt den Anteil der PV-Erzeugung am Gesamtverbrauch, als kWh oder prozentual an, während nur ein Anbieter

gerätespezifische Autarkiegrade zur Geräteoptimierung anbietet. Bei 15 Angeboten finden sich Kennzahlen des Eigenverbrauchs, die als Anteil der eigens konsumierten PV-Erzeugung berechnet wird. Ferner sind bei mehr als der Hälfte der Anwendungen Zahlen zu Netzeinspeisung und Netzbezug, in kWh oder prozentual, ablesbar. Einzelne Systeme stellen zusätzlich weitere Kennzahlen, wie z. B. den Batteriebezug, eine PV-Einspeisebegrenzung, Prognosen für die PV-Erzeugung oder eine Darstellung des PV-Überschusses bzw. PV-Defizits zur Verfügung. Bei Letzterem handelt es sich oft um eine farblich markierte Zahl, welche einen Überschuss an Solarenergie hervorhebt im Vergleich zum Verbrauch mit grün und ein Defizit mit rot. Solche Farbcodierungen mögen auch bei Nutzer*innen eine Veränderung des Energieverbrauchsverhaltens auslösen.

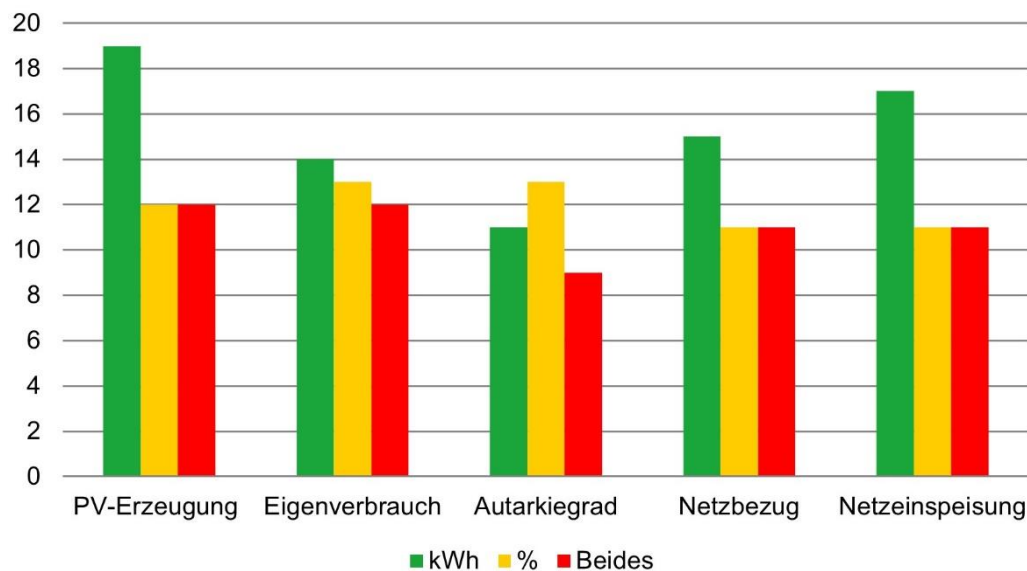


Abbildung 4.5: Die wichtigsten technischen Kennzahlen im Sample (eigene Darstellung)

Wie schon in der Literatur beschrieben, können monetäre und ökologische Kennzahlen das Energiekonsumverhalten verschiedener Typen beeinflussen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass mehr als zwei Drittel der Anbieter monetäre Ersparnisse darstellen, als verdienten Geld oder als Stromeinsparungen. Beim verdienten Geld handelt es sich um die häufigste und einfachste Kennzahl, die mithilfe von Einspeisevergütungen berechnet wird. Eingesparte Stromkosten beziehen sich wiederum auf die Menge an produziertem PV-Strom, welcher nicht mehr vom Stromnetz bezogen werden muss und mit den gängigen Stromkosten berechnet wird. Hierbei kann sowohl ein Hoch- und Niedertarif, als auch ein einfacher oder dynamischer Stromtarif zugrunde liegen. Da der Strompreis pro kWh bis zu fünfmal so hoch ist wie die Einspeisevergütung⁷, fallen die Stromeinsparungen meistens deutlich höher aus als das verdiente Geld. Wenn beide nebeneinander angezeigt werden, kann dadurch auch der Eindruck entstehen, dass es aus finanzieller Sicht lohnenswerter wäre, den Überschuss selbst zu konsumieren statt einzuspeisen. Interessanterweise bieten nur 7 von 19 Anwendungen beide dieser monetären Sichtweisen an, und häufig erklärt sich die Berechnung des gesamten „Gewinns“, wenn überhaupt nur nach langer Suche. Gleichzeitig präsentieren manche zusätzliche Kennzahlen, wie z. B. den „return on investment“ (zu dt. Kapitalrendite), welcher die Rentabilität der investierten Solaranlage aufzeigt. Andere fokussieren sich auf den Unterschied zwischen einem herkömmlichen Durchschnittstrompreis und dem der Prosumer,

⁷ Die PV-Einspeisevergütung für Anlagen bis 10 Kilowattpeak (kWp) bei Teileinspeisung ist 8,2 Cent pro kWh, bis 40 kWp bei Teileinspeisung 7,1 Cent pro kWh (Hamdan 2023). Der durchschnittliche Strompreis für Haushalte in Deutschland lag im Juli 2023 bei 46,26 Cent pro kWh (bdew 2023).

welcher aufgrund der PV-Anlage immer niedriger ausfällt. Durch diese Darstellungen werden Nutzer*innen nicht zu suffizientem Verhalten angeregt, da weiterer Netzbezug statt stärkerer Netzeinspeisung lukrativer erscheint und ein solcher Anreiz fehlt.

Aus Suffizienz Sicht sind allerdings die ökologischen Kennzahlen besonders relevant. Insgesamt bieten 11 von 19 Anwendungen ökologische Kennzahlen in Form von CO₂-Einsparungen an. Dabei variieren allerdings sowohl die Berechnungen dieser Zahlen, als auch die bildliche Darstellungsform und Transparenz für die Nutzer*innen. Eine häufige Form der Berechnung ist die der PV-Erzeugung – im Tages-, Wochen-, Monats- oder Gesamtverlauf – multipliziert mit einem gewissen CO₂-Faktor, welcher dem deutschen oder europäischen Strommix zu entnehmen ist. Die CO₂-Einsparung beläuft sich hierbei auf den gesparten Netzstrom durch die eigene Stromproduktion. Eine weitere Form der Berechnung ist die des PV-Überschusses (Erzeugung minus Verbrauch), welche mit einem CO₂-Faktor bestimmt wird. Hierbei beläuft sich die ökologische Einsparung eher auf die Einspeisung in das deutsche Stromnetz, und bietet somit ein anderes Narrativ als die obige Berechnung. Daher ist auch die „User Experience“ der Nutzer*innen mit dieser Intransparenz von großer Bedeutung, wie es sich bereits in bekannten Foren abzeichnet.⁸ Auch auf den Webauftritten einiger Hersteller finden sich zu den Berechnungstypen und CO₂-Faktoren keine expliziten Erklärungen, besonders wenn es um die Inklusion des gesparten und eingespeisten Stroms geht.

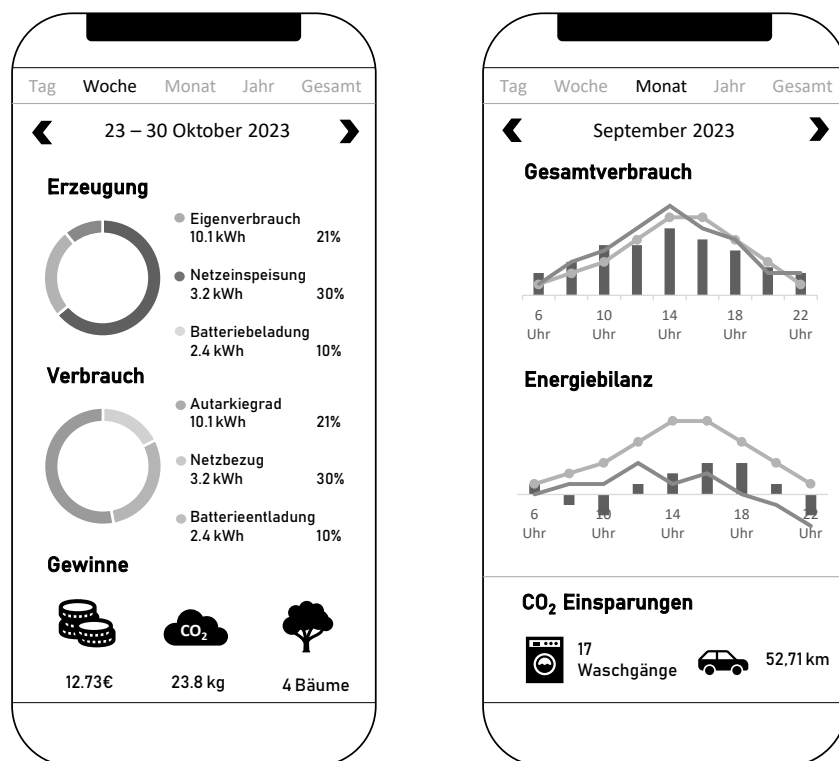


Abbildung 4.6: Nachbau typischer Kennzahlen und Visualisierungen (eigene Darstellung)

Die ökologischen Kennzahlen werden meist mit wirksamen Bildern und Piktogrammen visualisiert. Dabei kommen bei zwei Dritteln der Anbieter Bäume oder Blätter als Natursymbol vor, während einige weitere Fabriken, Kohle oder Wolken als Negativsymbole und Handyaufladungen oder

⁸ Solche Beispiele finden sich für die Anwendungen des Solarweb von Fronius (www.photovoltalkforum.com/thread/160758-solarweb-co2-ersparnis), des iSolarCloud von Sungrow (www.photovoltalkforum.com/thread/206404-sungrow-sammelthread-beta-test-neue-isolarcloud-app) und der SMA Energy App (<https://www.photovoltalkforum.com/thread/147719-die-neue-sma-energy-app/>) im Photovoltaikforum.

Autoreichweiten als Vergleichssymbole des eingesparten CO₂-Ausstosses nutzen. In Abbildung 4.6 sind beispielhaft manche dieser Visualisierungen gezeigt. Die gleichen Ersparnisse können hierbei unterschiedlich ausgedrückt werden. Als positive Ausdrücke gelten Aussagen wie z. B. „Abholzung vermieden“ und „Bäume gerettet“, während die Darstellung als „Bäume, die hierfür hätten gepflanzt werden müssen“ ein negativer Ausdruck der gleichen Kennzahl ist.

Eine zukünftige Forschungsfrage ist deshalb, in welchem Ausmaß diese unterschiedlichen Framings eine Wirkung auf den Energieverbrauch von Prosumern erzielen. Eine weitere Frage vermag den Ausdruck ökologischer Kennzahlen in konsumbezogene Einheiten, wie z. B. die Zahl an gesparten Handyaufladungen oder Kilometern eines E-Autos, auf die potenzielle Folge zusätzlichen Energieverbrauchs untersuchen. Hierfür sind in Abbildung 4.6 exemplarisch CO₂-Einsparungen aufgezeigt. In diesem Fall hätten die ökologischen Visualisierungen genau die gegenteilige Wirkung aus Effizienz- und Suffizienz Sicht. Auch in den öffentlich verfügbaren Screenshots sind weitere Visualisierungen zu Kennzahlen und Ersparnissen im ökologischen Framing auffällig. Ein Beispiel dafür ist der Kennzahlen-Vergleich der PV-Erzeugung mit der Anzahl an Nächten, die eine gewöhnliche 100 Watt Glühbirne mit derselben Energie leuchten könnte. Auch hier besteht die Gefahr, dass ein solcher Vergleich Prosumer zu weiterem Verbrauch anregt, da sie ein geläufiges Maß des Stromverbrauchs angeboten bekommen. Es unterstützt somit Narrative der kostenlosen und autarken Energie und steht konträr zu möglichen Suffizienz-Strategien.

Ein weiteres Beispiel eines ökologischen Framings ist die Visualisierung von Stromersparnissen als die Anzahl geretteter Eimer Arktiseis durch den verringerten Verbrauch an Graustrom aus dem Netz. Hier wird ähnlich wie bei der Nutzung von Baumsymbolen oder Kohle, eine emotionale Verbindung zu schmelzenden Eisschollen durch den Klimawandel suggeriert. Allerdings ist es wie bei anderen Anbietern fraglich, mit welchen Formeln solche Ersparnisse berechnet wurden und auf welcher Basis das Schmelzen des Arktiseis einbezogen wurde. Es ist wichtig festzuhalten, dass diese Zahlen und Bilder in den Angeboten weit verbreitet sind, obwohl die Intransparenz in der Berechnung den Kund*innen bewusst ist.

5 Zusammenfassung und Fazit

Allgemein bietet die Studie einen umfassenden Blick auf die wachsende Landschaft der Energiemonitoringsysteme in Deutschland, mit einem Fokus auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Angeboten. Sie zeigt auf, wo Nutzer*innenerfahrung und Transparenz verbessert werden müssten, um suffizientes Verhalten zu fördern und Rebound-Effekte zu minimieren. Es existiert aus dieser Sicht ein nicht unbeachtliches Potenzial im Energiemonitoring, um die Energiewende von Seiten der Prosumer effizienter voranzubringen. Die Studie trägt auch zu einer Reihe an offenen Forschungsfragen bei. Dazu gehört die Rolle variabler Tarife und das Auftreten sogenannter Flexumer, ebenso wie die Anwendung ökologischer oder monetärer Framings und Feedbackinstrumente auf Prosumer-Haushalte. Besonders die breite Literatur zu Nudging und Gamification als verhaltensökonomische Maßnahme wird hier mit der Praxis bei Prosumern abgeglichen, wobei auch unterschiedliche Narrative der Anbieter, unbewusst oder gewollt, deutlich werden.

Die Ergebnisse der Analyse lassen besonders auf fehlende Effizienz- oder Suffizienz-Narrative in der Darstellung von Informationen der Nutzer*innen schließen. Die Startseiten bieten oft sogenannte Energie-Fluss-Grafiken, die die Verteilung von Energieerzeugung und -verbrauch visualisieren. Dabei steht hier gewöhnlich die PV-Erzeugung alleine oder zusammen mit dem Gesamt- und Eigenverbrauch im Vordergrund. Eine zusätzliche Betonung auf den Umsatz mittels Einsparung

und Einspeisung, fördert Gedanken der Eigenverbrauchs- und Gewinnmaximierung, die potenziell im Konflikt mit suffizienten Strategien stehen. So können beispielsweise geringe Einspeisevergütungen und Eigenverbrauchsquoten auf der Startseite zu höherem Energieverbrauch bei Prosumern führen, da dies ökonomisch attraktiv erscheint. Anders als in der Literatur, kommen Nudges bei den Anbietern verhältnismäßig zu kurz und wirksame Maßnahmen wie der soziale Vergleich, Tipps zum Energiesparen, eigene Stromsparziele und Meilensteine bleiben weitgehend ungenutzt. Trotz idealer technischer Voraussetzungen mittels Smartphone- und Webanwendungen und seiner wachsenden Bedeutung in der Forschung, bieten die meisten Anwendungen auch kein Gamification an. In der Analyse wurden auch Vorschläge für die Umsetzung und Kombination dieser verhaltensökonomischen Maßnahmen gemacht. Die häufigsten Formen des Nudging bleiben demnach die einfach umzusetzenden Tipps zum Energiesparen sowie Meilensteine oder Alerts. Fast alle Anbieter stellen eine Form des Austausches zwischen Nutzer*innen und zwischen Nutzer*innen und Herstellern zur Verfügung. Bei rund ein Viertel der Angebote ist dabei sowohl die Kommunikation auf eigenen sowie öffentlichen Plattformen möglich. Im Bereich der Communities besteht allerdings noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Wirkung, die diese auf das Verhalten der Prosumer oder auch allgemeiner Konsument*innen haben.

Die wichtigsten Kennzahlen konzentrieren sich hauptsächlich auf die PV-Erzeugung und den wirtschaftlichen Nutzen, während der Verbrauch vor allem bei Angeboten mit Energie-Fluss-Grafiken Aufmerksamkeit erhält. Ökologische und monetäre Kennzahlen, die CO₂-Einsparungen und Geldersparnisse darstellen, variieren in der Berechnung und visuellen Darstellung, und wirken auf Nutzer*innen oft intransparent. So bleibt mal der Sprung zwischen eingesparten Stromkosten und verdientem Geld durch Einspeisevergütungen unerklärt, oder solche Beschriftungen fehlen gänzlich. Dadurch können bei Prosumern umweltschädliche Verhaltensmuster hinsichtlich ihres Verbrauchs und der Einspeisung generiert werden. Auch die Intransparenz in der Berechnung der ökologischen Einsparungen, die immerhin bei über der Hälfte der Angebote auftreten, kann eine Erklärung für den höheren Verbrauch von Prosumern liefern. Einfache aber verständliche Kennzahlen und Darstellungen könnten auch hier einen positiven Beitrag in Richtung Suffizienz leisten.

Aus den vorgelegten Ergebnissen entspringen auch Empfehlungen für die Politik. Denn die Grundlagen für die Verfügbarkeit von Daten als auch die Verfügbarkeit von Nudges könnten durch den Gesetzgeber gefördert werden. Dies ist insbesondere mit fortschreitendem Smart Meter Rollout zunehmend relevant, da hier große Datenmengen generiert werden und auch eine wichtige Kommunikationsschnittstelle zu den Haushalten entsteht. Mit den erhobenen Daten könnten unter anderem durchschnittliche Daten im Energieverbrauch von Haushalten öffentlich bereitgestellt werden, die einen sozialen Vergleich vereinfachen würden. Zudem könnte ähnlich wie es bei der Stromrechnung schon heute verpflichtend ist, auch bei Prosumern, oder allgemeiner, im Energiemonitoring, eine Einordnung des Verbrauchs verpflichtend werden.

6 Literaturverzeichnis

- Andor, Mark A. und Katja M. Fels (2018): Behavioral economics and energy conservation – a systematic review of non-price interventions and their causal effects. *Ecological economics* 148: 178–210.
- Bardhan, Ronita, Chaitra Bahuman, Imrankhan Pathan und Krithi Ramamritham (2015): Designing a game based persuasive technology to promote pro-environmental behaviour (PEB). In: *2015 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, S. 1–8. Cebu, Philippines.
- bdew [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.] (2023): BDEW-Strompreisanalyse Juli 2023. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/> (Zugriff: 15. November 2023).
- Brandsma, Jeroen S. und Julia E. Blasch (2019): One for all?–The impact of different types of energy feedback and goal setting on individuals' motivation to conserve electricity. *Energy Policy* 135: 110992.
- Bundesregierung (2023): So läuft der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland. *Die Bundesregierung*. 3. November. Website: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ausbau-erneuerbare-energien-2225808> (Zugriff: 7. November 2023).
- Bundesstelle für Energie Effizienz (2023): Energiedienstleistungen. Website: https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Energiemanagement/energiemanagement_node.html (Zugriff: 14. November 2023).
- Caballero, Nicolas und Matteo Ploner (2022): Boosting or nudging energy consumption? The importance of cognitive aspects when adopting non-monetary interventions. *Energy Research & Social Science* 91: 102734.
- Dehmel, Christian und Tobias Gumbert (2011): Der Einfluss von progressiven Tarifen auf den Stromkonsum in privaten Haushalten in Italien und Kalifornien. Transpose Working Paper. Münster: Universität Münster, FB Erziehungswissenschaft und Sozialwissenschaften, Institut für Politikwissenschaft; Freie Universität Berlin, Forschungsstelle für Umweltpolitik. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-257432> (Zugriff: 6. November 2023).
- Geelen, Daphne, David Keyson, Stella Boess und Han Brezet (2012): Exploring the use of a game to stimulate energy saving in households. *Journal of Design Research* 10, Nr. 1/2: 102–120.
- Goebel, Christoph, Hans-Arno Jacobsen, Victor Razo, Christoph Doblender, Jose Rivera, Jens Ilg, Christoph Flath, Hartmut Schneck, Christof Weinhardt und Daniel Pathmaperuma (2014): Energieinformatik. *Wirtschaftsinformatik*, Nr. 56: 31–39.
- Gustafsson, Anton, Magnus Bång und Mattias Svahn (2009): Power explorer: a casual game style for encouraging long term behavior change among teenagers. In: *Proceedings of the international conference on advances in computer entertainment technology*, S. 182–189.
- Hamdan, Nadia (2023): Wie hoch ist die Einspeisevergütung 2024? Der große Ratgeber mit Zahlen und Antworten. *Autarq*. Website: <https://www.autarq.com/de-de/magazin/solarpraxis/ratgeber-einspeiseverguetung-2024-83/> (Zugriff: 15. November 2023).
- Holden, Erling, Kristin Linnerud und Bente Johnsen Rygg (2021): A review of dominant sustainable energy narratives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 144: 110955.
- Kasperbauer, Tyler J. (2017): The permissibility of nudging for sustainable energy consumption. *Energy Policy* 111: 52–57.
- Kegel, Jan, Clara Lenk, Nesrine Ouanes, Jan Wiesenthal und Julika Weiß (2022): Prosumerverhalten und Energiewende. Wie wirken sich Verhaltensänderungen von Prosumerverhalten auf das Energiesystem aus? Arbeitsbericht des Forschungsprojekts EE-Rebound. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW).

- Knol, Erik und Peter W. De Vries (2011): EnerCities-A serious game to stimulate sustainability and energy conservation: Preliminary results. *eLearning Papers*, Nr. 25.
- Kroll, Tobias, Ute Paukstadt, Kseniya Kreidermann und Milad Mirbabaie (2019): Nudging People to Save Energy in Smart Homes with Social Norms and Self-Commitment. Research-in-Progress Papers. Veranstaltung: European Conference on Information Systems (ECIS), Stockholm & Uppsala, Sweden.
- Lenk, Clara, Lukas Torliene, Julika Weiß und Jan Wiesenthal (2022): Prosumerverhalten und Energiewende. Wie wirken Rebound-Effekte von Prosumern? Ökologische und ökonomische Bewertung auf Haushaltsebene. Arbeitsbericht des Forschungsprojekts EE-Rebound. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW).
- Liebe, Andrea, Stephan Schmitt und Matthias Wissner (2015): Quantitative Auswirkungen variabler Stromtarife auf die Stromkosten von Haushalten. Kurzstudie für Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv). Bad Honnef: WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste.
- Liu, Yefeng, Todorka Alexandrova und Tatsuo Nakajima (2011): Gamifying intelligent environments. In: *Proceedings of the 2011 international ACM workshop on Ubiquitous meta user interfaces*, S. 7–12.
- Morganti, Luca, Federica Pallavicini, Elena Cadel, Antonio Candelieri, Francesco Archetti und Fabrizia Mantovani (2017): Gaming for Earth: Serious games and gamification to engage consumers in pro-environmental behaviours for energy efficiency. *Energy Research & Social Science* 29: 95–102.
- Nestle, David, Jan Ringelstein und Patrick Selzam (2009): Integration dezentraler und erneuerbarer Energien durch variable Strompreise im liberalisierten Energiemarkt. *uwf UmweltWirtschaftsForum* 17: 361–365.
- Newell, Richard G. und Juha Siikamäki (2014): Nudging Energy Efficiency Behavior: The Role of Information Labels. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1, Nr. 4: 555–598.
- Orland, Brian, Nilam Ram, Dean Lang, Kevin Houser, Nate Kling und Michael Coccia (2014): Saving energy in an office environment: A serious game intervention. *Energy and Buildings* 74: 43–52.
- Quitow, Leslie (2023): Smart grids, smart households, smart neighborhoods—contested narratives of prosumage and decentralization in Berlin’s urban Energiewende. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 36, Nr. 1: 107–122.
- Ruokamo, Enni, Teemu Meriläinen, Santtu Karhinen, Jouni Rähkä, Päivi Suur-Uski, Leila Timonen und Rauli Svento (2022): The effect of information nudges on energy saving: Observations from a randomized field experiment in Finland. *Energy Policy* 161: 112731.
- Steinhorst, Julia, Christian A. Klöckner und Ellen Matthies (2015): Saving electricity – For the money or the environment? Risks of limiting pro-environmental spillover when using monetary framing. *Journal of Environmental Psychology* 43: 125–135.
- Strengers, Yolande und Larissa Nicholls (2017): Convenience and energy consumption in the smart home of the future: Industry visions from Australia and beyond. *Energy Research & Social Science* 32: 86–93.
- Thaler, Richard H. und Cass R. Sunstein (2009): *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin.
- Tiefenbeck, Verena, Lorenz Goette, Kathrin Degen, Vojkan Tasic, Elgar Fleisch, Rafael Lalive und Thorsten Staake (2018): Overcoming salience bias: How real-time feedback fosters resource conservation. *Management science* 64, Nr. 3: 1458–1476.
- Weiss, Markus, Claire-Michelle Loock, Thorsten Staake, Friedemann Mattern und Elgar Fleisch (2012): Evaluating mobile phones as energy consumption feedback devices. In: *Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services. MobiQutous 2010*, hg. v. P. Sénac, M. Ott, und A. Seneviratne, 73: S. 63–77. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29154-8_6.

Wemyss, Devon, Francesca Cellina, Evelyn Lobsiger-Kägi, Vanessa De Luca und Roberta Castri (2019): Does it last? Long-term impacts of an app-based behavior change intervention on household electricity savings in Switzerland. *Energy Research & Social Science* 47: 16–27.

Wirth, Harry (2023): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer ISE. <http://www.pv-fakten.de/> (Zugriff: 6. November 2023).

Wohlschlager, Daniela, Melanie Ostermayer, Simon Köppl und A. Neitz-Regett (2020): Ökologische Bewertung digitaler Energieinfrastruktur. In: 16. *Symposium Energieinnovation*. Graz, Österreich.

ADRESSE UND KONTAKT

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0

Telefax: + 49 – 30 – 882 54 39

E-Mail: mailbox@ioew.de

www.ioew.de