ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Matuschik-Weiss, Tobias

Article — Published Version

Requirements, Design Principles & Design Features zur Entwicklung von nutzerzentrierten Energy Information Systems im Privatkundenbereich

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:
Springer Nature

Suggested Citation: Matuschik-Weiss, Tobias (2023) : Requirements, Design Principles & Design Features zur Entwicklung von nutzerzentrierten Energy Information Systems im Privatkundenbereich, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Vol. 60, Iss. 4, pp. 872-891, https://doi.org/10.1365/s40702-023-00989-7

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/309283

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik (2023) 60:872–891
https://doi.org/10.1365/s40702-023-00989-7

SCHWERPUNKT

Requirements, Design Principles & Design Features zur Entwicklung von nutzerzentrierten Energy Information Systems im Privatkundenbereich

Tobias Matuschik-Weiss

Eingegangen: 31. März 2023 / Angenommen: 30. Mai 2023 / Online publiziert: 5. Juli 2023
© Der/die Autor(en) 2023

Zusammenfassung Dieser Artikel zeigt die positiven Wirkeffekte des gezielten Einsatzes von Data Analytics im Umfeld von Energiedaten auf, um ein nutzerzentriertes Energy Information System (EIS) für Privatkunden zu designen. Auf Basis der Methode des Design Science Research wurden aus realen Nutzerproblemen literaturbasiert 30 Meta-Requirements abgeleitet, die als Ausgangslage für 5 Design Principles (DP) zur Lösung dieser praxisrelevanten Problemstellung dienen. Diese führen anschließend zur Erstellung von 17 Design Features (DF) als konkrete Anweisungen für die Implementierung eines EIS. Zur Evaluation wurden die DPs und DFs mit der Methode des Analytic Hierarchy Process (AHP) bewertet und in eine Rangfolge gebracht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Implementierung von Standardfunktionen zur Deckung des Informationsbedarfs von Privatkunden (DP 1) die höchste Priorität haben sollte, gefolgt von der Zerlegung des Energieverbrauchs eines Haushaltes bis hin zu einzelnen Geräten (DP 4). Auch die Priorisierung der DFs liefern unmittelbare Hinweise für die praktische Umsetzung eines EIS, in Form einer Neuimplementierung oder Erweiterung von bestehenden Systemen, und geben ebenfalls eine Indikation welche DFs nicht mit höchster Priorität umgesetzt werden müssen bzw. obsolet sind. Die erzeugten Erkenntnisse sind dabei generalisierungsfähig und auch auf andere Domänen anwendbar.

Schlüsselwörter Energieinformationssysteme · Smart Metering · Energiewirtschaft · Datenvisualisierung · AHP · Design Principles · Design Features · Anforderungsanalyse · Design Science Research

✉ Tobias Matuschik-Weiss
Professur für Wirtschaftsinformatik, insb. Informationssysteme in Industrie und Handel, Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden, Deutschland
E-Mail: tobias.weiss@tu-dresden.de

Requirements, Design Principles & Design Features for the Development of User-centric Residential Energy Information Systems

Abstract This article shows the positive effects of the usage of data analytics in the context of energy data in order to design a user-centered Energy Information System (EIS) for private customers. Based on the method of Design Science Research, 30 meta-requirements were derived from real user problems based on literature, which serve as a starting point for 5 Design Principles (DP) to solve this relevant problem. These subsequently lead to the creation of 17 Design Features (DF) as concrete instructions for the implementation of an EIS. For evaluation, the DPs and DFs were evaluated and ranked using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The results show that the implementation of standard functions to meet the information needs of residential customers (DP 1) should have the highest priority, followed by the decomposition of a household's energy consumption down to individual appliances (DP 4). The prioritization of the DFs also provide direct indications for the practical implementation of an EIS, in the form of a new implementation or extension of existing systems, and also give an indication of which DFs do not need to be implemented with the highest priority or are obsolete. The findings can be generalized and applied to other domains.

Keywords Energy Information System · Smart Metering · Energy · Data Visualization · AHP · Design Principles · Design Features · Requirement Analysis · Design Science Research

1 Einleitung und Hintergrund

Das Thema Nachhaltigkeit im Energiekontext bestimmt in den letzten Jahren zunehmend die öffentlichen Diskussionen. Smart-Home-Anwendungen im privaten Kontext steigen in ihrer Verbreitung, werden einfacher anwendbar und preiswerter. Andauernde Krisen in der Welt, wie bspw. die Klimaerwärmung oder die zutiefst bestürzenden Kriegszustände in der Ukraine, sorgen für ein Umdenken im Kontext der Erzeugung und des Verbrauchs von Energie. Die resultierenden Dynamiken auf den Energiemärkten betreffen nun unmittelbar den Energieverbrauch von privaten Haushalten und finden auch in den Breitenmedien ihr Echo.

1.1 Grundsätzliches zum deutschen Energiemarkt

Innerhalb der letzten Jahrzehnte hat der Energiewirtschaftsmarkt in Deutschland einen Wandel durchlaufen. Im Rahmen der Liberalisierung wurden die Märkte geöffnet, der Wettbewerb um den begehrten privaten Endkunden stieg. Dies ist auch mit positiven Effekten für den Kunden verbunden, wie bspw. deutlich vereinfachte Wechselprozesse, kompetitive Angebote und Belohnungen für Neukunden. Wahrzunehmen sind demnach beständig steigende Wechselzahlen, die sich mittlerweile auf einem Niveau um 4,5–4,8 Mio. Lieferantenwechsel pro Jahr eingependelt haben (Statista 2022).

Energieversorgungsunternehmen im Wandel Für Energieversorgungsunternehmen geht dies mit steigenden Herausforderungen einher. Bedingt durch den zunehmenden Wettbewerb mit neuen und innovativen Marktteilnehmern, tendenziell niedrigeren Margen und einer stagnierenden Nachfrage im privaten Bereich (bspw. durch erhöhte Energieeffizienz) ist eine hohe Kundenbindung für einen wirtschaftlichen Betrieb enorm relevant (Monitor Deloitte 2018; Umweltbundesamt 2020a).

Smart Metering als neue Datenquelle Smart Metering kann daher eine wichtige Datenquelle für neue Geschäftsmodelle darstellen (BSI 2020). Als Grundlage für eine verbesserte initiale Kundenansprache, und im Laufe der Customer Journey zur Hinterlegung von Zusatznutzen während der Vertragsbeziehung. Daten aus dem Smart Metering dienen als Enabler für neue Dienste, wie bspw. zur Unterstützung des Kunden bei der datengetriebenen, automatisierten Identifikation von „Energiefressern“ und Auswahl lohnenswerter Ersatzbeschaffungen (Aichele 2012; Monitor Deloitte 2018; Doleski 2019; Chasin et al. 2020).

Im Kontext des Rollouts der erforderlichen Datengrundlage, die sog. Smart Meter, bestehen in Deutschland seit vielen Jahren Diskussionen. Grundsätzlich wird darunter ein digitaler Stromzähler verstanden, welcher über ein Display zur Zählerstandsanzeige verfügt und optional auf Funktionen zur Fernablesbarkeit beinhaltet. Die zugrundeliegenden Technologien und Funktionen sind standardisiert (Bundesnetzagentur 2020a). Mit Startschuss zum 31.01.2020 findet nun ein verpflichtender Rollout mit stufenweiser Umsetzung zunächst bei Kunden mit einem Verbrauch ab 6000 kWh p. a. statt. Bis 2032 ist der Abschluss für alle Haushalte geplant (Bundesnetzagentur 2020a; BSI 2020). Damit ist Deutschland europaweit eines der Schlusslichter (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. 2020). Um eine mögliche Beschleunigung herbeizuführen, erfolgte durch das Bundeskabinett der Beschluss für einen Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GNDEW), welcher bspw. eine Deckelung der entstehenden Kosten beinhaltet und den stockenden Smart-Meter-Rollout anschieben soll (BMWK 2023).

1.2 Verbrauchstransparenz als wesentliches Kundenbedürfnis

Dass die Bedürfnisse von Privatkunden im Energiemarkt ein zunehmendes Maß an Diskurs erfordern, zeigt auch eine aktuelle Befragung des Bitkom. Mit über 2000 Mitgliedsunternehmen handelt es sich dabei um den größten Branchenverband der deutschen Digitalindustrie. In einer repräsentativen Befragung wurden 1006 Menschen befragt, mit einem besonderen Fokus auf folgende zwei Aspekte (Bitkom e. V. 2022):

1. **Transparenz des eigenen Energieverbrauchs:**

   „Demnach wüssten 88 % der Deutschen gern auf einen Blick, wie hoch ihr Energieverbrauch gerade ist und wo sie noch sparen können.“

2. **Beachtung von Kundenbedürfnissen:**
   „78 % wünschen sich dazu in ihrer Wohnung bzw. ihrem Haus einen intelligenten Stromzähler und 73 % brauchen generell mehr Informationen und Tipps dazu, wie sie ihren Energieverbrauch schnell senken können."

Damit ist festzustellen: den Konsumenten dürstet es nach Informationen, nach der erforderlichen Transparenz und nach wertvollen Hinweisen zur Regulierung der eigenen Energieverbräuche (insb. Strom) (Shirani et al. 2020). Konsumenten adressieren dabei insbesondere folgende Motivationen:

- Herstellung von voller Transparenz als Ausgangslage zur gezielten Identifikation von „Stromfressern" und zur Verhaltensanpassung (Darby 2010; Bugden und Stedman 2019; Geelen et al. 2019)
- Realisierung von finanziellen Einsparungen, besonders im Zuge der dramatisch gestiegenen Preise (Darby 2010; Buchanan et al. 2014; Fettermann et al. 2020)
- Aufgrund des gestiegenen Bewusstseins als Grundlage für ökologisch nachhaltiges Agieren im privaten Kontext (Bugden und Stedman 2019; Umweltbundesamt 2020b)

Status Quo nicht hinreichend Die Standardauswertungen der Energieversorgungsunternehmen, auf der Basis der im Rollout befindlichen Smart-Meter-Technologien, werden dies absehbar nicht bieten können (Bitkom e. V. 2022). Status Quo ist vielerorts weiterhin die manuelle Erfassung des Zählerstandes und Kommunikation der Abrechnungsergebnisse im Jahres-Zyklus, da ein Großteil der Smart Meter überhaupt nicht an das Internet angeschlossen sind. Der Rollout entsprechender Geräte ist erst ab besagten 6000 kWh p. a. verpflichtend, darunter werden meist einfachere Systeme verbaut (sog. „Moderne Messeinrichtungen"). Zum Vergleich liegt der durchschnittliche Jahresverbrauch eines Dreipersonenhaushaltes bei 2600 kWh – deutlich unter der vorgesehenen Schwelle (co2online gemeinnützige GmbH 2019; Bundesnetzagentur 2020b). Weiterführende Anwendungen zur Auswertung des Energieverbrauchs sind im Markt stellenweise vorhanden, jedoch nicht in der Breite etabliert. Hinsichtlich der Verbreitung von Energieversorger-Kundenportalen zu Auswertungszwecken kann grundsätzlich eine positive Entwicklung festgestellt werden. Nahezu ¾ der untersuchten Versorger bieten solche Portale an. Limitierend wirkt jedoch der angebotene Funktionsumfang: Es fehlen häufig innovative Features (bspw. Verbrauchsanalysen), und der Fokus liegt auf (einfachen) Self-Service-Anwendungen (bspw. Zählerstandsübermittlung, Umzugsmeldung oder Rechnungabruf) (Weiss 2021). Dass neue Lösungen auch weiterhin akuter als zuvor gefragt sind, bestärkt auch der Bitkom:

> „Der Druck auf die Haushalte ist hoch. *Transparenz und bessere Verbrauchsinformationen in Echtzeit sind unabdingbar, damit die Menschen gezielt Energie sparen können*. Nur wenn man weiß, wie hoch der eigene Verbrauch ist und welche Geräte die größten Stromfresser sind, kann man effektive Maßnahmen treffen" (Bitkom-Hauptgeschäftsführer Dr. Bernhard Rohleder (Bitkom e. V. 2022)

2 Energy Information Systems zur Unterstützung von privaten Anwendern

Energy Information Systems (kurz: EIS) bieten Lösungen für die Herausforderungen der privaten Endkunden und ebenso eine passende Plattform für Energieversorgungsanbieter um den geforderten Kundennutzen zur Verfügung zu stellen. Es agiert als Enabler um die Konsumenten durch volle Transparenz initial in die Lage zu versetzen aktiv den eigenen Verbrauch des Haushaltes zu verstehen und zu steuern.

2.1 Status Quo der Energy Information Systems

Im Bereich der wissenschaftlichen Literatur findet sich ein umfassender Bestand an unterschiedlichen Studien zur Wirksamkeit bestimmter Darstellungsformen von Energieverbräuchen in privaten Haushalten. Für einen ersten Überblick und Einstieg sind systematische Literaturreviews empfehlenswerte Quellen (Abrahamse et al. 2005; Hargreaves et al. 2010; Karjalainen 2011; Vassileva et al. 2012; Ableitner et al. 2017). Aufbauend darauf wurde durch den Autor dieses Artikels eine weitere Untersuchung aufgesetzt, und auf der Basis identifizierter Einzelelemente und gezielte Kombinationen ein durch den privaten Nutzer präferiertes Energie-Dashboard als Vorschlag identifiziert. Diese sog. Conjoint-Analyse wurde mit über 1000 Befragungsteilnehmern durchgeführt (Weiss et al. 2016).

Gegenstand weiterer Untersuchungen ist die Fragestellung, über welchen Kanal die Informationen idealerweise an den Empfänger übermittelt werden können. Zahlreiche Publikationen der Vergangenheit haben bspw. die Wirksamkeit fest installierter Displays im Haushalt untersucht (Anderson and White 2009; Darby 2010; Buchanan et al. 2014), aktuellere fokussieren zunehmend auf Online bzw. Webinterfaces sowie Smartphone-Apps (Geelen et al. 2019; Daziano 2020). Letztgenanntes Medium ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Smartphone-Apps genießen über alle Alterssegmente und Bevölkerungsgruppen hinweg eine zunehmende aktive Nutzung und Verbreitung (95 % Abdeckung in der Altersgruppe 14–49) (Statista 2020). Folgende technische Eigenschaften zeichnen Apps bei der Nutzung zur Interaktion mit Energiedaten besonders aus (Wang et al. 2011; Tiefenbeck et al. 2016; Medienkraft 2020):

- Verfügbarkeit direkt am Nutzer, unabhängig vom Aufenthaltsort
- Push-Tauglichkeit, Informationen können dem Nutzer gezielt präsentiert werden
- Nahezu völlige Freiheit bei der Aufbereitung und Visualisierung von Informationen
- Hohe Nutzerakzeptanz bei sensiblen Daten

Smartphone-Apps bieten daher technologisch die weitreichendste Flexibilität und werden somit als primärer Kanal zur Übermittlung von Energiedaten an den privaten Endverbraucher definiert.

2.2 Anwendungskontext zur Entwicklung von Energy Information Systems

Zunächst soll der Anwendungskontext von Energy Information Systems beschrieben werden. Aufbauend auf den geschilderten Kundenmotivationen sollen EIS die folgenden Zielstellungen erfüllen (Geelen et al. 2019; Bitkom e. V. 2022):

- **Bereitstellung von vergangenheitsbasierten Feedback-Informationen**: Auswertung des Energieverbrauchs zur Erzeugung von Transparenz und Sichtbarmachung des „Informations-Vakuums". Das System erzeugt dabei Bewusstsein und stellt eine Verknüpfung zwischen Aktivität und Auswirkung her. Das bislang schwer greifbare Commodity-Produkt „Strom" erhält damit einen Kontext. Diese Analyse erfolgt reaktiv, auf Basis der Vergangenheit (Buchanan et al. 2014; Podgornik et al. 2016).
- **Bereitstellung von zukunftsgerichteten Feedforward-Informationen:** Während es sich bei Feedback um ein reaktives System handelt, wirkt Feedforward proaktiv mit Hinweisen für die Zukunft zur strategischen Vorausplanung. Es stellt Impulse und konkrete Empfehlungen bereit, wie Verhaltensanpassungen erfolgen können, um Nutzwerte zu erzielen. Beispiel: Energiesparempfehlungen bzgl. der Reduktion von Standby-Geräteverbräuchen, um einen Betrag x € perspektivisch jeden Monat einsparen zu können (Åström and Murray 2008; Goldsmith 2012; Podgornik et al. 2016).

Energy Information Systems kombinieren diese beiden Dimensionen in ein ganzheitliches System und zahlen damit letztendlich auch auf ökologische Aspekte ein. Dies bestätigen auch neue Studien, in denen ökologisches Bewusstsein und Transparenz stärkere Motivatoren sind, als die reinen monetären Einsparungen (Geelen et al. 2019). Eine zielführende Anwendung dieser Informationen kann dann zur Steigerung der Nachhaltigkeit im privaten Umfeld führen, indem bspw. ineffiziente alte Geräte gezielt detektiert und ersetzt werden. Die Einsparpotentiale bewegen sich zwischen 4–20 % (je nach Rahmenbedingungen der Studie). Wichtig ist dabei ein zeitlich enger Zusammenhang, sprich: insb. Feedback-Informationen müssen direkt mit der laufenden Handlung zu verknüpfen sein (Bspw.: welche finanziellen/ökologischen Auswirkungen hat das Backen eines Kuchens). Dies erfordert entsprechend fortschrittliche Smart-Metering-Infrastrukturen für einen Datenfluss in möglichst kurzen Intervallen (ideal: Nah-Echtzeit) (Burgess und Nye 2008; Hargreaves et al. 2010; Schleich et al. 2013; Chen et al. 2015).

2.3 Motivation des Forschungsvorhabens und Methodik

Im Markt ist eine starke Zunahme von Smartphone-Apps und weiteren Anwendungen im Kontext der Auswertung von Energiedaten zu beobachten (bspw. Dienste wie Discovery oder Enlow). Auf der einen Seite der Wirkkette ist ein gesteigertes Nachhaltigkeitsbewusstseins der Kunden und Gesellschaft im Allgemeinen zu finden sowie zunehmende ökonomische Gründe durch enorm gestiegene Kosten. Daraus resultieren ganz konkrete Erwartungshaltungen an entsprechende Lösungen und Services. Auf der anderen Seite findet sich eine besonders herausfordernde Situation bei Energieversorgungsunternehmen, in Form sinkender Kundenbindung, vielen neuen

Marktteilnehmern und gesunkene Margen in einem hart umkämpften Marktumfeld. Daher ist es umso relevanter, eine positive Beziehung zum Kunden durch attraktive Zusatzleistungen und positive Touchpoints aufzubauen.

Dabei handelt es sich um Herausforderungen, die wir mit Business Intelligence bzw. Data Analytics aktiv unterstützen können. Erfahrungen aus bestehenden Anwendungsszenarien lassen sich auf die Energiewirtschaft transferieren. Die Motivation des Beitrags ist demnach das Design eines Energy Information Systems zur nutzerzentrierten Anwendung im Privatkundenbereich mit dem konkreten Forschungsziel: **Entwicklung und Evaluation von Design Features zur Gestaltung eines nutzerzentrierten Energy Information Systems für den Privatkundenbereich.**

Abb. 1 gibt einen Gesamtüberblick über das Forschungsvorhaben.

Zunächst muss eine Erarbeitung von Requirements erfolgen, welche aus den kommunizierten, basalen (Sub) Issues der Anwender bestehen. Nach Durchführung einer Konsolidierung erfolgt im nächsten Schritt die Ableitung von Design Principles, welche für eine nutzerfreundliche Gestaltung zielführend sind und die unterschiedlichen Facetten des Gesamtsystems wiedergeben. Hilfreich für die Umsetzung des Systems sind die daraus abgeleiteten Design Features, welche die konkreten Funktionen, Architekturen oder User-Interface-Bestandteile beschreiben und mit Literatur fundiert hinterlegt sind (Koppenhagen et al. 2012; Morana et al. 2014, 2019; Gregor et al. 2020).

Um die Menge an abgeleiteten Design Features zu sortieren, erfolgt eine Evaluation mittels der Methode „Analytical Hierarchy Process“ (AHP) mit dem Ziel der Identifikation der Wichtigkeit der einzelnen Features aus Anwendersicht (Karlsson et al. 1998; Feine et al. 2020). Die Durchführung der Forschung an sich erfolgt auf der Basis von Design Science Research (Hevner et al. 2004; Vaishnavi und Kuechler 2004; Venable 2006; Peffers et al. 2007).

Die komplexe Fragestellung der Realisierung eines Energy Information Systems, welches beim Anwender auf Zustimmung stößt und tatsächlich aktiv genutzt wird,

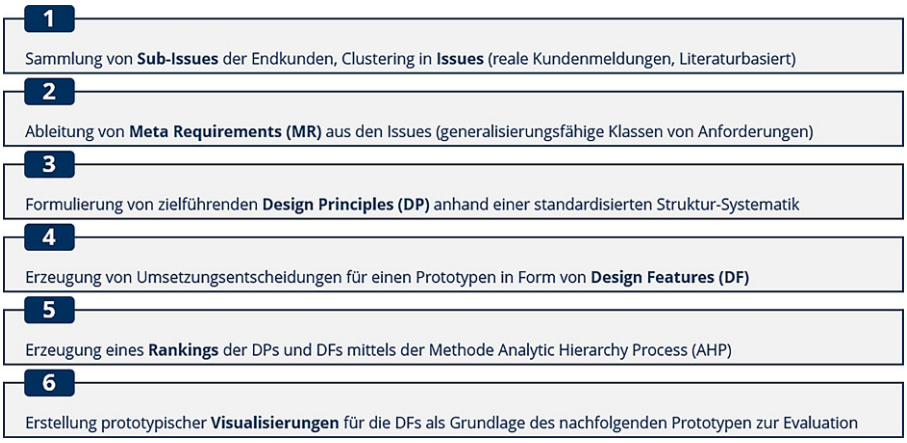

Abb. 1 Gesamtüberblick über das Forschungsvorhaben

wird somit in Einzelbestandteile zerlegt (sog. Dekomposition) und diese wiederum bewertet. Es resultiert ein unmittelbarer Mehrwert für die Wissenschaft und für Praktiker, die ein solches System anhand von fundierten Erkenntnissen konzipieren und umsetzen wollen.

3 Design des Energy Information Systems

3.1 Sammlung von Sub-Issues und Clustering in Issues

Die erste Phase startet mit der Sammlung von Sub-Issues, welche aus der Literatur abgeleitet werden. Diese Sub-Issues sind im Kontext der Forschung zu Informationssystemen definiert als „dokumentierte physische oder funktionale Bedürfnisse, die ein bestimmtes Produkt oder Service erfüllen muss“ (Koppenhagen et al. 2012).

Dabei handelt es sich in vielen Fällen um Protokolle aus Interviews mit Kunden, welche sich einer Studie zur Untersuchung der Wirksamkeit von Analysen zu Smart Metering unterzogen haben (bspw. Installation eines In-Home-Displays im Haushalt und Untersuchung der Einspareffekte) (Morana et al. 2019). Der wesentliche Aufsatz basiert auf bestehenden Artikeln, die eine Zusammenstellung geleistet haben (maßgeblich eine Konzeptmatrix mit literaturbasiert erhobenen Kundenanforderungen) sowie auf einer eigenen Befragung des Autors. Darüber hinaus wurde zur erforderlichen Detaillierung dennoch ein Rückgriff auf die aktuellsten Primärquellen geleistet.

Im Ergebnis konnten 119 Sub-Issues in 29 Literaturquellen identifiziert werden. Diese wurden als Hilfestellung in 14 Clustern weiterführend sortiert, und darauf aufbauend 14 Issue-Beschreibungen zur Strukturbildung erarbeitet. In Abb. 2 sind diese aufgelistet und nach Häufigkeit der Literaturnennungen sortiert. Die Darstellung zeigt bereits die Schwerpunkte aus Kundensicht, an welchen Stellen aktuell die Informationsbasis als schlichtweg unzureichend eingeschätzt wird. Die Dokumentation der Beziehungen zwischen den Elementen erfolgte in Excel.

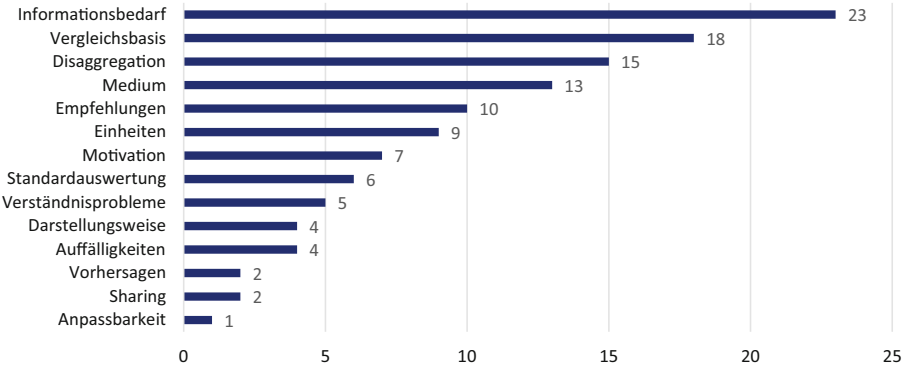

Abb. 2 Häufigkeit der Sub-Issues in den Literaturquellen

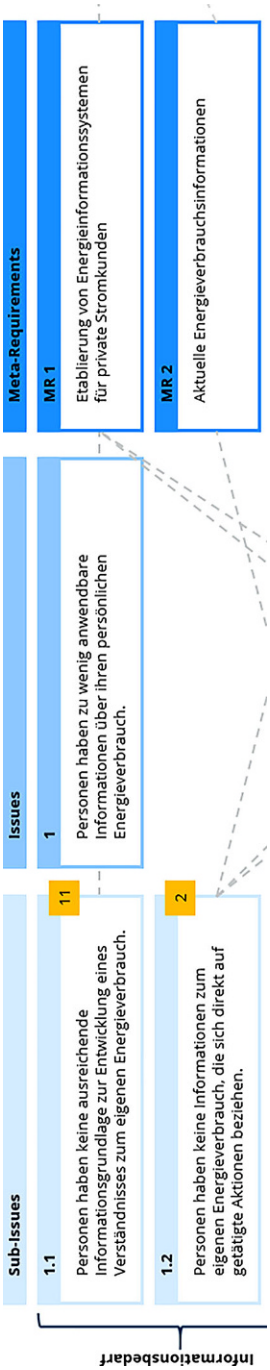

Abb. 3 Exemplarische SI, I und MR der Issue-Kategorie „Informationsbedarf", mit Vernetzungen (*gestrichelte Linien*) und Angabe zu der Quellenanzahl (*gelbe Kästchen*)

3.2 Ableitung von Meta Requirements (MR)

Es folgt in der zweiten Phase die Ableitung von Meta-Requirements an das künftige Energy Information System. Ziel ist die Erzeugung von aggregierten, trennscharfen MRs auf der Basis von 1-*n* thematischen Issues und damit die Erzeugung von generalisierungsfähigen Klassen von Anforderungen (vgl. Morana et al. 2014, Koppenhagen et al. 2012).

Im Zwischenergebnis konnten 30 MRs an das künftige Energy Information System gebildet werden. In ihrer Formulierung dokumentieren sie erste Lösungswege für die identifizierten Issues, häufig jeweils anhand der Literatur (welche neben den Issues in etlichen Fällen auch Lösungsansätze aufzeigen). Beispielhaft zeigt Abb. 3 den Zusammenhang zwischen Sub-Issues, Issues und MRs.

Eine Auflistung aller MRs erfolgt in Form der finalen Übersicht im *Anhang A*.

3.3 Formulierung von Design Principles (DP)

In der dritten Phase erfolgt die Formulierung von Design Principles (DP) auf der Basis der soeben hergeleiteten MRs. Unter DPs sind dabei beschreibbare Leitlinien, die Orientierung bei der Lösung von konkreten (praxisrelevanten) Problemstellungen bieten, zu verstehen. Dabei handelt es sich auch um eine wesentliche Charakteristik der zugrundeliegenden Forschungsmethodik der Design Science Research. DPs werden als Abstraktion behandelt, die generalisierungsfähig auch auf ähnliche Fragestellungen bzw. auf andere Instanziierungen angewendet werden können (Morana et al. 2014, 2019; Gregor et al. 2020).

Zur Formulierung der DPs wird durch Gregor et al. eine standardisierte Struktur vorgeschlagen. Sie enthält folgende Bausteine: Aim/Implementer/User, Context, Mechanism sowie Rationale (Gregor et al. 2020). Initial wurden 6 DPs formuliert, in einem weiteren Schritt auf 5 DPs verdichtet. Zur sinnvollen Formulierung wurden bestehende Erkenntnisse der Literatur insbesondere in Context und Rationale eingeflochten. Im Folgenden ein Beispiel für die Formulierung eines DP (Tab. 1).

Tab. 1 Exemplarische Darstellung DP4 zur Verdeutlichung der strukturellen Aufbereitung (Gregor et al. 2020)

DP 4: Disaggregation des Energieverbrauchs zur Darstellung von Einzelgeräten
Aim, Implementer, User Um den privaten Stromverbrauchern Informationen auf Einzelgerätebasis zukommen zu lassen ...
Context unter Vorhandensein eines Energieinformationssystems mit Standardauswertungen und insbesondere hochauflösenden Datengrundlagen (Echtzeitdatenfluss) ...
Mechanism soll die Integration von Verbrauchsdarstellungen auf der Granularität der einzelnen Geräte eines Haushaltes erfolgen ...
Rationale da diese Informationen durch den Nutzer zur Identifikation von sog. „Stromfressern“ eingesetzt werden können, Investitionsentscheidungen für effizientere Geräte ermöglichen und damit zur Verbrauchssenkung beitragen

Tab. 2 Übersicht aller DPs in verkürzter Darstellung

# DP	Beschreibung Design Principle (verkürzt)	Link zu Meta Requirements
1	Implementierung eines Energieinformationssystems mit Standardfunktionen zur Erfüllung des Informationsbedarfs von Privatkunden	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 22, 24, 25, 28
2	Geeignetes Medium zur Realisierung des Energieinformationssystems für Privatkunden	16, 17, 18
3	Zusatzauswertungen zur Erweiterung des Energieinformationssystems um aktionsbezogene und anwendbare Informationen	10, 11, 12, 13, 29, 30, 31, 32
4	Disaggregation des Energieverbrauchs zur Darstellung von Einzelgeräten	14, 15
5	Bereitstellung von Empfehlungen und Anreizsetzung im Kontext des privaten Energieverbrauchs	19, 20, 21, 23

Folgende DPs wurden aus den MRs abgeleitet (verkürzte Darstellung in Tab. 2). Eine Auflistung aller DPs, ebenfalls in Bezug zu den zugrundeliegenden MRs, erfolgt im Anhang A.

3.4 Erzeugung von Umsetzungsentscheidungen in Form von Design Features (DF)

Die vierte Phase kommt inhaltlich nun der Umsetzung des gewünschten Systems näher. Nachdem DPs abgeleitet wurden, erfolgt mit Design Features (DF) die Formulierung von Anweisungen zur Implementierung des spezifischen Software-Artefakts. Dies können Use Cases, Instanziierungen, Funktionen oder Features, Architekturkomponenten oder Elemente des User Interfaces sein. DFs stellen damit den letzten Schritt der Konzeptualisierung des Energy Feedback Systems dar (Koppenhagen et al. 2012; Meth et al. 2015; Morana et al. 2019; Feine et al. 2020).

Aus den finalen 5 DPs wurden initial 19 DFs, nach Iteration bzw. Verdichtung final 17 DFs, abgeleitet. Die Dokumentation erfolgt auch hier nach einer spezifischen Logik, wie in Feine et al. vorgeschlagen. So argumentiert Rupp, dass jedes Design Feature folgende Elemente enthalten sollte (sog. Funktions-Master) (Feine et al. 2020; Rupp and SOPHIST-Gesellschaft für Innovatives Software-Engineering 2021):

- Beschreibung des Systems (bspw. „EIS“)
- Rechtliche Bindung (bspw. „sollte“)
- Aktivität (bspw. eine gewünschte Nutzerinteraktion oder Systemfunktion)
- Objekt (auf dieses wird Bezug genommen)

Unterstützt wurde diese Gestaltungsaufgabe durch vorherige Forschungsaktivitäten, wie bspw. eine umfassende Analyse der existierenden App-Landschaft im Bereich der Energiedatenauswertung, sowie durch eine durchgeführte Dashboard-Evaluation mittels Conjoint-Analyse (Weiss et al. 2016; Weiß und Strahringer 2021; Tab. 3).

Exemplarisch werden 5 DFs präsentiert. Eine Auflistung aller DFs in Bezug zu den DPs erfolgt im Anhang A.

Tab. 3 Exemplarische Auswahl von DFs

# DF	Beschreibung Design Feature	Link zu Design Principle
2	Das EIS sollte dem Nutzer eine Auswahl aus verschiedenen, verständlichen Einheiten bieten (respektive: kWh, kW, Euro, Preis pro kWh)	DP 1 (Standardfunktionen)
5	Das EIS sollte in Form einer mobilen Smartphone App (iOS & Android) implementiert sein	DP 2 (Medium)
8	Das EIS sollte dem Nutzer als Vergleichsgrundlage einen Normverbrauch für den spezifischen Haushalt darstellen können	DP 3 (Zusatzauswertungen)
14	Das EIS sollte dem Nutzer eine Darstellung zu den Verbräuchen einzelner Geräte des Haushaltes bieten	DP 4 (Disaggregation)
15	Das EIS sollte dem Nutzer individualisierte und kontextsensitive Energiesparempfehlungen anzeigen	DP 5 (Empfehlungen)

3.5 Ranking der DPs und DFs mittels Analytic Hierarchy Process (AHP)

Methodik Generell wird unter Analytic Hierarchy Process (AHP) eine Methode verstanden, die in der Lage ist komplexe Entscheidungsprobleme in Bestandteile zu zerlegen bzw. hierarchische Strukturen zu bilden. Das Problem wird dabei in seiner Gänze erfasst (bspw. Ziel des Aufbaus eines Energy Information Systems), jedoch in den Einzelbestandteilen bewertet (bspw. welche Einzelelemente sind besonders wirksam, sog. Dekomposition) (Gussek 1992; Forman und Selly 2001).

Generell wenden wir AHP in dieser Untersuchung an, um ein Ranking der DPs und DFs umzusetzen. Dies erfolgt mittels paarweiser Vergleiche von Items (hier: DP/DF) mit dem Ziel folgende Inhalte herauszufinden (Karlsson et al. 1998; Feine et al. 2020):

a) a) Welches der beiden Items aus Anwendersicht eine höhere Priorität aufweist
b) b) Und um wie viel höher diese Priorität ist

Entsprechend sind, je nach Anzahl der Items, zahlreiche Paarvergleiche durchzuführen:

- 10 Paarvergleiche für die erste Befragungsreihe zu den DPs
- 136 Paarvergleiche für die zweite Befragungsreihe zu den DFs (Abb. 4)

Das erzeugte Ranking dient als nachfolgende Guidance zur Erstellung eines ganzheitlichen Prototyps für ein Energy Information System (siehe Ausblick im

10 paarweise(r) Vergleich(e). Bitte vergleiche alle Kriterien Paare. Wenn fertig, klicke auf *Berechne* zur Anzeige der resultierenden Prioritäten.

AHP Skala: 1- Gleich wichtig, 3- Etwas wichtiger, 5- Deutlich wichtiger, 7- Sehr viel wichtiger, 9- Extrem wichtiger (2,4,6,8 Zwischenwerte).

Mit Bezug auf *Energy Information System (EIS)*, welches Kriterium ist wichtiger, und um wieviel auf einer Skala von 1 bis 9?

	A - bzgl. Energy Information System (EIS) - oder B?		Gleich	Um wieviel mehr?
1	◉ (DP 1) Standardfunktionen	○ (DP 2) Medium	◉ 1	○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○ 9
2	◉ (DP 1) Standardfunktionen	○ (DP 3) Zusatzauswertungen	◉ 1	○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○ 9

Abb. 4 Logik der AHP-Befragung im Online-Tool (Goepel 2018)

Abschn. 3.6). Die Befragung wurde realisiert mit AHP-OS, einem frei verfügbaren, webbasierten Befragungstool (Goepel 2018). Es wurden also stets zwei DP/DF nebeneinandergestellt, und die Teilnehmenden mussten auf einer Skala von 0 (beide Elemente sind gleichwertig wichtig) bis 9 (ein Element ist extrem wichtiger) eine Priorisierung vornehmen. Neben der toolgestützten Paarvergleichslogik wurden ergänzend die genauen Beschreibungen der DPs schriftlich bereitgestellt und initial mündlich in ihrer Bedeutung erläutert (analog den im Anhang A bereitgestellten Übersichten). Vor der eigentlichen Befragung wurde ein Pretest durchgeführt, um die Verständnisebene testen zu können.

Teilnehmer In der praktischen Umsetzung wurde die Evaluation mit volljährigen Privatpersonen durchgeführt, welche im Haushalt mit dem Thema Energieabrechnung betraut sind, Smart Metering in der Begrifflichkeit und Wirkungsweise bereits kennen, und eine Affinität zu Smart-Home-Technologien aufweisen. Sie sind demnach überdurchschnittlich vertraut mit den Vorteilen einer gewissen Verbrauchstransparenz. Da der Fokus von AHP auf der Qualität des Entscheidungsprozesses liegt, und nicht auf der Quantität an Befragungsteilnehmern, wurde explizit darauf geachtet einen guten Fit in Bezug auf das zu diskutierende Entscheidungsproblem zu haben.

Zunächst wurden 15 Befragungsteilnehmer zur Partizipation eingeladen. Dabei konnte mit 11 Teilnehmern ein erfolgreicher, vollständiger Durchlauf der ersten Befragungsreihe (DPs) mit jeweils 10 Paarvergleichen durchgeführt werden. Die zweite Befragungsreihe mit jeweils 136 Paarvergleichen konnte, aus zeitlichen Gründen, nur noch durch 4 Teilnehmern erfolgreich vollständig durchlaufen werden. Obschon des Verlusts ist zu beachten, dass AHP hinsichtlich der Sample Size schon mit geringen Teilnehmerzahlen valide, nützliche und aussagekräftige Ergebnisse erzeugen kann. Zahlreiche Studien bestätigen in der Meta-Analyse von Darko et al. eine optimale Sample Size von 4–9 Teilnehmern (Second University of Naples et al. 2016; Darko et al. 2019; ISAHP 2016).

Ergebnisse Im ersten Schritt werden die Ergebnisse der ersten Befragungsreihe zu DPs ausgewertet und die sog. „Globalen Prioritätswerte“ (Glb Prio.) interpretiert. Sie basieren auf den paarweisen Vergleichen zwischen den Elementen, und stellen die Gesamtbedeutung des Elements im Entscheidungsprozess dar. Einfach: je höher der Wert ist, desto wichtiger ist das Element (Abb. 5).

Abb. 5 Ergebnisse der ersten Befragungsreihe zu DPs mit Globalen Prioritätswerten im Online-Tool (Goepel 2018)

Entscheidungs Hierarchie		
Ebene 0	Ebene 1	Glb Prio.
Energy Information System (EIS)	(DP 1) Standardfunktionen 0.395	39.5%
	(DP 2) Medium 0.083	8.3%
	(DP 3) Zusatzauswertungen 0.144	14.4%
	(DP 4) Disaggregation 0.217	21.7%
	(DP 5) Empfehlungen und Anreize 0.161	16.1%
		1.0

Der CR-Wert („Consisteny Ratio“) wird nun zur Messung der Konsistenz der Entscheidungsmatrix einbezogen. Wenn die Entscheidungsmatrix inkonsistent sein sollte, so deutet dies auf unstimmige Präferenzen der Probanden hin. Für diese Befragungsreihe liegt er bei CR = 0,8 % (0,008), demnach höher als 10 % bzw. 0.1, und deutet daher auf eine hohe Konsistenz hin. Der AHP-Gruppenkonsens liegt bei 81,8 % (high). In der Interpretation der Ergebnisse ist festzustellen, dass Standardfunktionen (DP 1) in ihrer Wichtigkeit stark überwiegen. Die Teilnehmer haben einen hohen Bedarf an Basisfunktionalitäten, welche das Bedürfnis nach Verbrauchstransparenz erfüllen. Danach folgen Disaggregations-Funktionen (DP 4), welche einen tieferen Einblick in die Datenwelten ermöglichen und ein Herunterbrechen des Stromverbrauchs bis auf einzelne Geräte erlauben. Zusatzauswertungen (DP 3) und Empfehlungs- bzw. Anreizfunktionen (DP 5) liegen im Mittelfeld. Die Wichtigkeit des Mediums (DP 2) ist bei den Teilnehmern offenbar nicht im Schwerpunkt des Entscheidungsprozesses, ggf. weil Smartphone-Apps in ihrer Verbreitung mittlerweile eine hohe Reife erreicht haben und nicht mehr in Frage gestellt werden.

Die zweite Befragungsreihe zu den DFs weist einen CR von 2,8 % (0,028) auf und ist damit relativ konsistent sowie unter dem Schwellwert von 10 %. Der AHP-Gruppenkonsens liegt bei 94,7 % (very high). Auch diese Ergebnisse sind demnach nutzbar, wenn auch die geringe Teilnehmerzahl als mögliche Limitation im Hinterkopf zu beachten ist (Abb. 6).

Die höchsten Wichtigkeiten werden durch folgende DFs erzielt:

- Auswahl von Zeiträumen, mit 10,4 % (DF 3)
- Auswahl verständlicher Einheiten, mit 9,8 % (DF 2)
- Anzeige aktueller Stromverbrauch und Verlauf, mit 9,6 % (DF 1)
- Darstellung von Einzelgeräteverbräuchen, mit 9,5 % (DF 14)

Sowie erweiternd:

- Energiesparempfehlungen, mit 8,3 % (DF 15)
- Vorhersage des Energieverbrauchs, mit 8,0 % (DF 11)
- Darstellung historischer Energieverbräuche, mit 7,3 % (DF 6)
- Ökologische Auswirkungen des Energieverbrauchs, mit 6,3 % (DF 10)
- Mobile Smartphone-App, mit 5,7 % (DF 5)
- Einsparziele, mit 5,3 % (DF 16)
- Vergleich mit anderen Haushalten, mit 5,1 % (DF 7)

Abgesehen von der Bereitstellung von Daten in hoher Auflösung (DF 4) finden sich demnach alle DFs vom ebenfalls am höchsten priorisierten DP 1 (Standardauswertungen) auch in dieser AHP-Befragungsreihe. Es schließt sich sachlogisch das Disaggregierungs-Feature (DF 14) an, welches DP 4 zugehörig ist und auf Platz 2 priorisiert wurde. Interessant ist in diesem Kontext, dass die notwendigen technischen Features (als Enabler) durch die Anwender sehr niedrig priorisiert wurden (bspw. DF 13). Der Zusammenhang zwischen diesen Elementen scheint daher für den Anwender nicht klar zu sein bzw. es wurde eine rein nutzenorientierte Betrachtung vorgenommen. Ebenfalls schlecht platziert wurde DF 12 als Funktion zum Teilen in sozialen Netzwerken. Im Mittelfeld finden sich Features für zahlreiche

Entscheidungs Hierarchie		
Ebene 0	Ebene 1	Glb Prio.
Energy Information System (EIS)	(DF 1) Aktueller Stromverbrauch und Verlauf 0.096	9.6%
	(DF 2) Auswahl verständliche Einheiten 0.098	9.8%
	(DF 3) Auswahl von Zeiträumen 0.104	10.4%
	(DF 4) Daten in hoher Auflösung / Echtzeit 0.017	1.7%
	(DF 5) Mobile Smartphone-App 0.057	5.7%
	(DF 6) Historische Energieverbräuche 0.073	7.3%
	(DF 7) Vergleich mit anderen Haushalten 0.051	5.1%
	(DF 8) Vergleich mit Normenergieverbrauch 0.038	3.8%
	(DF 9) Konfigurationsoptionen Merkmale Hausha 0.014	1.4%
	(DF 10) Ökologische Auswirkungen Energieverbr 0.063	6.3%
	(DF 11) Vorhersage des Energieverbrauchs 0.080	8.0%
	(DF 12) Teilen in sozialen Netzwerken 0.017	1.7%
	(DF 13) Logik zur Identifikation Einzelgeräte 0.019	1.9%
	(DF 14) Darstellung Einzelgeräte 0.095	9.5%
	(DF 15) Energiesparempfehlungen 0.083	8.3%
	(DF 16) Einsparziele 0.053	5.3%
	(DF 17) Anomalieerkennung 0.041	4.1%
		1.0

Abb. 6 Ergebnisse der zweiten Befragungsreihe zu DFs mit Globalen Prioritätswerten im Online-Tool (Goepel 2018)

Zusatzauswertungen und weiterführende Energiesparempfehlungen (Bezug zu DP 3 und DP 5).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Beitrag zeigt auf, welche positiven Wirkeffekte durch den gezielten Einsatz von Analytics im Umfeld von Energiedaten realisierbar sind. Mittels der Herausarbeitung von Meta Requirements auf der Basis von realen Issues der Anwender, der Ableitung von DPs und Erzeugung von generalisierungsfähigen DFs zur tatsächlichen Realisierung werden Implikationen für die Praxis geboten. Darüber hinaus wird die Hierarchie zwischen den erzeugten DPs und DFs aufgezeigt, welche im Gegensatz zu den im Markt vorhandenen Applikationen wissenschaftlich fundiert erhoben und evaluiert werden. Dabei werden folgende Schlussfolgerungen abgeleitet:

Grundsätzliche Herleitung Aus Sub-Issues und Issues werden 30 Meta-Requirements an das künftige System abgeleitet. Diese dienen als Ausgangslage für die 5 abgeleiteten Design Principles, welche eine erste Orientierung bei der Lösung der konkreten, praxisrelevanten Problemstellungen bieten. Im folgenden Schritt wurden 17 Design Features mit Anweisungen zur Implementierung des spezifischen Software-Artefakts erzeugt. Zu jedem Design Feature besteht mindestens eine prototypische Visualisierung als Grundlage für eine nachfolgende Survey und Evaluation des Energy Information Systems in Gänze.

Ranking der Design Principles Mittels der Methode Analytic Hierarchy Process (AHP) wurde mit 11 Teilnehmern ein erstes Ranking der identifizierten Design Principles erarbeitet. Dabei ist festzuhalten, dass mit Priorität Standardfunktionen zur Erfüllung des Informationsbedarfs von Privatkunden (DP 1) umgesetzt werden sollten (Prioritätswert von 39,5 %). Mit Abstand dahinter folgt die Disaggregation des Energieverbrauchs zur Darstellung von Einzelgeräten (DP 4) mit 21,7 %. Die Implementierung von Zusatzauswertungen zur Erweiterung des Energy Information System um aktionsbezogene und anwendbare Informationen (DP 3) sowie die Bereitstellung von Empfehlungen und Anreizsetzung im Kontext des privaten Energieverbrauchs (DP 5) sollte bei Implementierungsprojekten nach derzeitigem Analysestand in zweiter Iteration umgesetzt werden, da der Fokus bei den Anwendern zunächst auf DP 1 und DP 4 liegt. Hinsichtlich des Mediums (DP 2) sollte die Nutzung von Smartphone-Apps aufgrund der Funktionsvielfalt, Verbreitung und Präsenz, sowie anhand vorangegangener Studien als gegeben angesehen werden.

Ranking der Design Features Bei einem nachfolgenden Ranking der identifizierten Design Features hat sich die Priorität der Standardfunktionen von DP 1 bestätigt. Schwerpunktmäßig landeten DFs aus diesem DP in den oberen Prioritätsrängen (DF 1, 2, 3), kombiniert mit dem Wunsch eine Darstellung auf Einzelgerätebasis zu haben (DP 4 bzw. DF 14). Eine geeignete Implementierungsreihenfolge bzw. Prioritätssetzung ist aus den vorläufigen Ergebnissen der AHP daher gut ableitbar, wenn auch die bis dato geringe Anzahl an Teilnehmern als Limitation betrachtet werden muss. Des Weiteren ist gut ersichtlich, dass einige DFs (bspw. Teilen in sozialen Netzwerken (DF 12)) offenbar keine Relevanz bei den Anwendern genießen. Technische DFs (DF 13, 4) müssen bei folgenden Befragungen nicht aufgenommen werden, da mutmaßlich den Anwendern der Zusammenhang nicht klar ist (Beispiel: zur Realisierung von DF 14 zur Einzelgerätedarstellung ist selbstverständlich eine passende Logik erforderlich (DF 13) und idealerweise auch Daten in einer hohen Auflösung (DF 4)).

Auf Basis dieser Informationen können die geschilderten Kundenmotivationen bzw. Wünsche an ein Energy Information System mittels neuen Implementierungen oder Erweiterung von bestehenden Systemen erfüllt werden (Geelen et al. 2019; Bitkom e. V. 2022). Die Wirksamkeit des ganzheitlichen Lösungsvorschlags vor realen Endkunden (bspw. hinsichtlich der wahrgenommenen Nützlichkeit, Informationsgehalt etc.) wird in einer nachfolgenden Untersuchung evaluiert. Die bis dato identifizierten DFs sind mögliche Einzelbestandteile des Zielsystems und per Design der Methode generalisierungsfähig auch in anderen Kontexten einsetzbar. Es resultiert

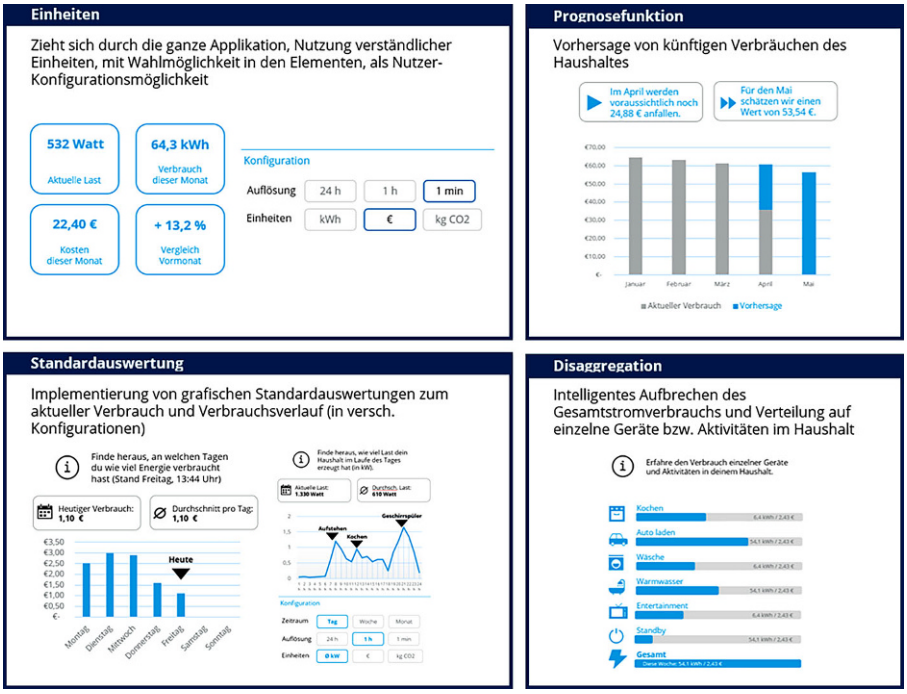

Abb. 7 Exemplarische Visualisierungen für ausgewählte DFs

ein unmittelbarer Mehrwert für die Wissenschaft und für Praktiker zur Gestaltung eines Energy Information Systems anhand von fundierten Erkenntnissen.

Ausblick: Erstellung prototypischer Visualisierungen In Folgeforschungen soll die Nutzung der DFs zum Aufbau eines umfassenden Prototyps für eine Smartphone-App für ein Energy Information System mittels grafischer Prototypen, sog. Mock-Ups, erfolgen. Die Elemente leiten sich aus jedem Design Feature (ganzer App Screen oder Baustein) ab. Zur besseren Vorstellung werden in Abb. 7 ausgewählte Beispiele präsentiert.

Zusatzmaterial online Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (https://doi.org/10.1365/s40702-023-00989-7) enthalten.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung

nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

Ableitner L, Tiefenbeck V, Hosseini S et al (2017) Real-world impact of Information Systems: the effect of seemingly small design choices. In: Workshop on Information Technology and Systems (WITS)

Abrahamse W, Steg L, Vlek C, Rothengatter T (2005) A review of intervention studies aimed at household energy conservation. J Environ Psychol 25:273–291. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002

Aichele C (2012) Smart Energy: von der reaktiven Kundenverwaltung zum proaktiven Kundenmanagement. Springer Vieweg, Wiesbaden

Anderson W, White V (2009) Exploring consumer preferences for home energy display functionality

Åström KJ, Murray RM (2008) Feedback systems: an introduction for scientists and engineers. Princeton University Press, Princeton

Bitkom e. V. (2022) Energiekrise: Haushalte wollen besseren Überblick über eigenen Verbrauch. https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Energiekrise-Haushalte-wollen-besseren-Ueberblick-ueber-Verbrauch. Zugegriffen: 15. Nov. 2022

BMWK (2023) In: Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/01/20230111-kabinett-beschliesst-neustart-fur-die-digitalisierung-der-energiewende.html. Zugegriffen: 14. März 2023

BSI (2020) Allgemeinverfügung zur Feststellung der technischen Möglichkeit zum Einbau intelligenter Messsysteme. In: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bd. 5

Buchanan K, Russo R, Anderson B (2014) Feeding back about eco-feedback: How do consumers use and respond to energy monitors? Energy Policy 73:138–146. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.008

Bugden D, Stedman R (2019) A synthetic view of acceptance and engagement with smart meters in the United States. Energy Res Soc Sci 47:137–145. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.08.025

Bundesnetzagentur (2020a) Messeinrichtungen / Zähler. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/Metering/SmartMeter_node.html. Zugegriffen: 26. Aug. 2020

Bundesnetzagentur (2020b) Energie – Moderne Messeinrichtungen

Burgess J, Nye M (2008) Re-materialising energy use through transparent monitoring systems. Energy Policy 36:4454–4459. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.039

Chasin F, Paukstadt U, Ullmeyer P, Becker J (2020) Creating value from energy data: a practitioner's perspective on data-driven smart energy business models. Schmalenbach Bus Rev. https://doi.org/10.1007/s41464-020-00102-1

Chen VL, Delmas MA, Kaiser WJ, Locke SL (2015) What can we learn from high-frequency appliance-level energy metering? Results from a field experiment. Energy Policy 77:164–175. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.021

co2online gemeinnützige GmbH (2019) Stromspiegel für Deutschland 2019

Darby S (2010) Smart metering: what potential for householder engagement? Build Res Inf 38:442–457. https://doi.org/10.1080/09613218.2010.492660

Darko A, Chan APC, Ameyaw EE et al (2019) Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. Int J Constr Manag 19:436–452. https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452098

Daziano RA (2020) Flexible customer willingness to pay for bundled smart home energy products and services. Resour Energy Econ 61:101175. https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2020.101175

Doleski OD (2019) Realisierung Utility 4. 0 Band 1: Praxis der Digitalen Energiewirtschaft Von Den Grundlagen Bis Zur Verteilung Im Smart Grid. Springer Vieweg. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden

Feine J, Adam M, Benke I et al (2020) Exploring Design Principles for Enterprise Chatbots: An Analytic Hierarchy Process Study Kristiansand, Norway

Fettermann DC, Cavalcante CGS, Ayala NF, Avalone MC (2020) Configuration of a smart meter for Brazilian customers. Energy Policy 139:111309. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111309

Forman EH, Selly MA (2001) Decision by Objectives: How to Convince Others That You are Right. World Scientific. https://doi.org/10.1142/4281

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2020) Smart Metering in Europa – Was machen unsere Nachbarn? https://www.ffe.de/themen-und-methoden/digitalisierung/914-smart-metering-in-europa-was-machen-unsere-nachbarn. Zugegriffen: 18. Sept. 2020

Geelen D, Mugge R, Silvester S, Bulters A (2019) The use of apps to promote energy saving: a study of smart meter–related feedback in the Netherlands. Energy Effic 12:1635–1660. https://doi.org/10.1007/s12053-019-09777-z

Goepel KD (2018) Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). IJAHP. https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590

Goldsmith M (2012) Want to Give Feedback? Rather Try Feedforward!

Gregor S, Kruse L, Seidel S (2020) Research Perspectives: The Anatomy of a Design Principle. JAIS 21:1622–1652. https://doi.org/10.17705/1jais.00649

Gussek F (1992) Erfolg in der strategischen Markenführung. Gabler Verlag : Imprint, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Hargreaves T, Nye M, Burgess J (2010) Making energy visible: a qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors. Energy Policy 38:6111–6119. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.068

Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design science in information systems research. Mis Q 28:75. https://doi.org/10.2307/25148625

ISAHP (2016) ISAHP Article: A Style Guide for Paper Proposals To Be Submitted to the International Symposium of the Analytic Hierarchy Process London, U.K.

Karjalainen S (2011) Consumer preferences for feedback on household electricity consumption. Energy Build 43:458–467. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.10.010

Karlsson J, Wohlin C, Regnell B (1998) An evaluation of methods for prioritizing software requirements. Inf Softw Technol 39:939–947. https://doi.org/10.1016/S0950-5849(97)00053-0

Koppenhagen N, Gaß O, Müller B (2012) Design Science Research in Action—Anatomy of Success Critical Activities for Rigor and Relevance Karlsruhe

Medienkraft (2020) Mobile First ist vorbei, die Zukunft ist Mobile Only! https://www.medienkraft.at/mobile-first-mobile-only/. Zugegriffen: 15. Aug. 2020

Meth H, Mueller B, University of Groningen et al (2015) Designing a Requirement Mining System. JAIS 16:799–837. https://doi.org/10.17705/1jais.00408

Monitor Deloitte (2018) Umbau oder Neubau – Herausforderungen auf Profitabilitäts- und Vertriebsseite

Morana S, Schacht S, Scherp A, Maedche A (2014) Designing a Process Guidance System to Support User's Business Process Compliance

Morana S, Kroenung J, University of Mannheim et al (2019) Designing Process Guidance Systems. JAIS. https://doi.org/10.17705/1jais.00542

Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger MA, Chatterjee S (2007) A design science research methodology for information systems research. J Manag Inf Syst 24:45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Podgornik A, Sucic B, Blazic B (2016) Effects of customized consumption feedback on energy efficient behaviour in low-income households. J Clean Prod 130:25–34. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.009

Rupp C, SOPHIST-Gesellschaft für Innovatives Software-Engineering (2021) Requirements-Engineering und -Management: das Handbuch für Anforderungen in jeder Situation, 7., aktualisierte und erweiterte Auflage. Aufl. Hanser, München

Schleich J, Klobasa M, Gölz S, Brunner M (2013) Effects of feedback on residential electricity demand—Findings from a field trial in Austria. Energy Policy 61:1097–1106. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.012

Second University of Naples, Melillo P, Pecchia L, University of (2016) What is the appropriate sample size to run analytic hierarchy process in a survey-based research?

Shirani F, Groves C, Henwood K et al (2020) 'I'm the smart meter': Perceptions of smart technology amongst vulnerable consumers. Energy Policy 144:111637. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111637

Statista (2020) Smartphones – Absatz in Deutschland bis 2020 | Statista. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77637/umfrage/absatzmenge-fuer-smartphones-in-deutschland-seit-2008/. Zugegriffen: 15. Aug. 2020

Statista (2022) Anzahl der Stromanbieterwechsel durch Haushaltskunden in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2021. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/155539/umfrage/anzahl-der-versorgerwechsel-in-der-stromversorgung-seit-2005/#:~:text=Die%20Statistik%20zeigt%20die%20Anzahl,Millionen%20davon%20wechselten%20beim%20Einzug. Zugegriffen: 12. Febr. 2023

Tiefenbeck V, Götte L, Schöb S, Staake T (2016) Better get focused: How feedback on a specific behavior can reduce energy consumption. In: International Energy Policy & Programme Evaluation Conference (IEPPEC 2016)

Umweltbundesamt (2020a) Stromverbrauch. https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch. Zugegriffen: 21. Okt. 2020

Umweltbundesamt (2020b) Umweltbewusstsein und Umweltverhalten. In: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/umweltbewusstsein-umweltverhalten. Zugegriffen: 30. Sept. 2020

Vaishnavi V, Kuechler B (2004) Design Science Research in Information Systems

Vassileva I, Wallin F, Dahlquist E (2012) Understanding energy consumption behavior for future demand response strategy development. Energy 46:94–100. https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.069

Venable J (2006) A framework for design science research activities. Proceedings of the 2006 Information Resource Management Association Conference, S 184–187

Wang D, Park S, Fesenmaier D (2011) An examination of information services and smartphone applications

Weiss T (2021) Die Nutzung von Daten aus dem Smart Metering für innovative Zusatzprodukte – Eine angebots- und nachfrageseitige Analyse im deutschen Markt. Dresdner Beiträge zur Wirtschaftsinformatik, Bd. 72/21

Weiß T, Strahringer S (2021) Inhaltliche Analyse von Smartphone-Apps zur Auswertung des Stromverbrauchs privater Endverbraucher. Z Energiewirtsch 45:227–244. https://doi.org/10.1007/s12398-021-00306-z

Weiss T, Diesing M, Krause M et al (2016) Effective Visualizations of Energy Consumption in a Feedback System—A Conjoint Measurement Study. In: Abramowicz W, Alt R, Franczyk B (Hrsg) Business Information Systems. Springer, Cham, S 55–66