



Data Unlocked – Ein Modell zur anwendungsübergreifenden Nutzung persönlicher Daten im Smart-Living-Kontext

Tobias Dreesbach · Léon Dankert · Jonas Ruhe · K. Valerie Carl · Oliver Hinz · Oliver Thomas

Eingegangen: 14. Februar 2025 / Angenommen: 2. Juni 2025
© The Author(s) 2025

Zusammenfassung Wohnungen und Gebäude werden nach und nach intelligenter, anpassungsfähiger und effizienter. Der rasante Fortschritt der Smart-Living-Technologie führt zur immer umfassenderen digitalen Steuerung von Wohnumgebungen sowie der Analyse von Verbrauchsdaten. Aufgrund verschiedener technischer und organisatorischer Barrieren können Daten aus Anwendungen jedoch nicht ohne Weiteres auf andere Anbieter oder unabhängige Lösungen übertragen werden, um sie flexibel einzusetzen oder Synergien in der Datenerhebung zu nutzen. Dadurch stehen Privatpersonen der Herausforderung entgegen, das Potenzial ihrer Daten aus Smart-

✉ Tobias Dreesbach · Léon Dankert · Jonas Ruhe · Oliver Thomas
Forschungsbereich Smart Enterprise Engineering, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Hamburger Straße 24, 49084 Osnabrück, Deutschland
E-Mail: tobias.dreesbach@dfki.de

Léon Dankert
E-Mail: leon.dankert@dfki.de

Jonas Ruhe
E-Mail: jonas.ruhe@dfki.de

Oliver Thomas
E-Mail: oliver.thomas@dfki.de

K. Valerie Carl · Oliver Hinz
Professur für Wirtschaftsinformatik und Informationsmanagement, Goethe Universität Frankfurt, Theodor-W.-Adorno-Platz 4, 60629 Frankfurt am Main, Deutschland

K. Valerie Carl
E-Mail: kcarl@wiwi.uni-frankfurt.de

Oliver Hinz
E-Mail: ohinz@wiwi.uni-frankfurt.de

Oliver Thomas
Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik, Universität Osnabrück, Hamburger Straße 24, 49084 Osnabrück, Deutschland

Living-Anwendungen vollständig zu nutzen und diese unabhängig und plattformübergreifend einzusetzen. Dieser Beitrag untersucht die beidseitigen Anforderungen an Anwendungsanbieter und Privatpersonen, um Daten aus einer Anwendung im Smart-Living-Bereich für andere datenbasierte Angebote zu öffnen. Aus den Ergebnissen wird ein Modell für den Abruf und die Nutzung der eigenen Daten von Privatpersonen abgeleitet. Das Modell zeigt auf, welche Mehrwerte sich aus einer interoperablen Datennutzung ergeben und in welchen Fällen auch Serviceanbieter von der aktiven Teilnahme an einer Datenweitergabe profitieren können. Es dient als Referenz innerhalb und außerhalb des Bereichs Smart Living.

Schlüsselwörter Datennutzung · Datenbereitstellung · Datenraum · Smart Living · Datenbasierte Services · Persönliche Daten

Data Unlocked – A Model for the Use of Personal Data Across Applications in the Smart Living Context

Abstract Apartments and buildings are gradually becoming smarter, more adaptable and more efficient. The rapid progress of smart living technology is leading to broader digital control of living environments and the analysis of consumption data. However, due to various technical and organizational barriers, data from applications cannot be easily transferred to other providers or independent solutions to use them flexibly or exploit synergies in data collection. As a result, private individuals face the challenge of fully exploiting the potential of their data from smart living applications and using it independently and across platforms. The article examines the mutual influencing factors for data-based service providers and private individuals to make data from an application in the smart living sector usable for other data-based services. A model for the retrieval and use of private individuals' own data is derived from the results. The model shows the added value that results from the comprehensive use of data and in which cases service providers can also benefit from active participation in data sharing. The model serves as a reference within and outside the smart living sector.

Keywords Data Usage · Data Exchange · Data Space · Smart Living · Data-based Services · Personal Data

1 Einleitung

Durch den technologischen Fortschritt des Internet of Things (IoT) und der zunehmenden Digitalisierung von Wohnraum gewinnt der Bereich Smart Living fortschreitend an Bedeutung. Verschiedene IoT-Geräte und Sensoren nehmen verstärkt Einzug in Gebäude und Wohnungen und machen diese zu intelligenten Wohnumgebungen (Leelaarporn et al., 2021). Elektronische Geräte im Haus können lokal oder über das Internet verwaltet, gesteuert oder sogar automatisiert werden (Samuel, 2016). Aufbauend auf die Vernetzung der Geräte und Sensoren erfassen zahlreiche Smart-

Living-Anwendungen die Zustände der Wohnumgebung und bieten Datenanalysen an, um Geräte optimal zu steuern oder Energieverbräuche zu prognostizieren (Carl und Mihale-Wilson, 2020). Als Folge ergibt sich (potenziell) eine optimierte Effizienz der Wohnumgebung und es werden Kosten gesenkt, Umweltauswirkungen minimiert und der Wohnkomfort gesteigert (Gubbi et al., 2013; Leelaarporn et al., 2021).

Herausforderungen bei der Verarbeitung von Daten entstehen jedoch, wenn die strukturierten Daten aus den Haushalten herstellerübergreifend genutzt werden sollen. Denn oft werden erfasste und verarbeitete Daten isoliert innerhalb einer Anwendung oder eines Hersteller-Datenökosystems vorgehalten und werden an die Anwendung oder Plattform gebunden, die für die Erfassung der Daten genutzt wurde. Die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) sieht zwar das Recht auf Datenübertragbarkeit vor, doch in der Praxis ist es oft schwer durchzusetzen. Häufig werden die Daten bereitgestellt, ohne dass eine problemlose Übertragung in andere Systeme gewährleistet ist – sei es aufgrund von Kompatibilitätsproblemen, unterschiedlichen Datenformaten oder Herausforderungen bei der Wiederintegration, etwa durch abweichende Benennungen in der Datenstruktur. Die Daten lassen sich in vielen Fällen folglich nicht in Systeme anderer Anbieter übertragen, die für ergänzende Anwendungsfälle ebenfalls von den Daten profitieren könnten. Beispielsweise könnten die Verbrauchsdaten eines Haushalts für unterschiedliche Anwendungen verschiedener Anbieter relevant sein (z.B. für die Optimierung von selbsterzeugtem Strom, für eine automatisierte Steuerung oder eine Kostenkontrolle). Je nach Anwendungsfall beruht die eingeschränkte Bereitschaft zur Unterstützung von Datenportabilität auf den divergierenden Interessen von Herstellern, die einer Weitergabe der Daten entgegenstehen.

Für das Gewährleisten einer interoperablen Nutzung der eigenen Daten über eine Vielzahl datenbasierter Anwendungen hinweg und somit auch dem effektiven Einsatz von offenen Daten (Open Data) sind neben den Interessen der einzelnen Anbieter diverse Faktoren zu berücksichtigen (Zuiderwijk et al., 2012). Dazu zählt es, Interoperabilität zwischen Anwendungen durch geeignete Datenzugriffsmechanismen zuzulassen (Gubbi et al., 2013). Für die Kompatibilität von Schnittstellen und bei uneinheitlichen Datenformaten muss auch ein Konvertierungsaufwand mit einbezogen werden. Somit sind leicht verständliche und innovative Lösungen für eine herstellerübergreifende Datennutzung notwendig, die beidseitig die Anforderungen an Anwendungsanbieter und Privatpersonen betrachten. Ziel des Beitrags ist daher die Entwicklung eines Modells für den Abruf und die Nutzung der eigenen Daten von Privatpersonen für eine Vielzahl von Anwendungen in digitalen Ökosystemen. Das Modell soll als Referenz dienen, welche Mehrwerte sich aus einer interoperablen Datennutzung ergeben und in welchen Fällen Serviceanbieter von der aktiven Teilnahme an einer Datenweitergabe sogar profitieren können. Die beiden zugrunde liegenden Forschungsfragen lauten:

- FF1: *Welche Anforderungen müssen bei der Datenbereitstellung berücksichtigt werden, um Daten aus einer Anwendung im Smart-Living-Bereich für andere datenbasierte Anwendungen zu öffnen?*

- **FF2: Welche Möglichkeiten bestehen für Privatpersonen, ihre Daten anwendungsübergreifend zu verwenden?**

Neben den technischen Einflüssen für die Abfrage und Bereitstellung von Daten über unterschiedliche Anwendungen hinweg werden zur Beantwortung der Forschungsfragen auch Datenräume und aktuelle Datenstandards des Smart-Living-Bereichs diskutiert, die den Abruf und die Nutzung persönlicher Daten aus verschiedenen Anwendungen erleichtern. Neben der Erläuterung bisheriger Ansätze im zweiten Kapitel werden im dritten Kapitel Anforderungen an die interoperable Datennutzung erarbeitet, die die Grundlage für das entwickelte Modell bilden und der Beantwortung von FF1 dienen. Das vierte Kapitel erläutert darauf aufbauend das finale Modell und fasst damit die relevanten Anforderungen aus Abschn. 3 zusammen, insbesondere zur Beantwortung von FF2. Die Ergebnisse werden im fünften Kapitel im Hinblick auf die praktischen und theoretischen Implikationen diskutiert und es wird ein Ausblick für zukünftige Forschung gegeben. Im letzten Kapitel folgt eine Schlussfolgerung.

2 Grundlagen zur interoperablen Datennutzung im Smart-Living-Bereich

Die domänenspezifischen Herausforderungen im Smart-Living-Bereich erfordern es, mit heterogenen Informationen umzugehen und interdisziplinäre Aspekte bei der Datenerfassung, dem Datenmanagement und der Datenaggregation zu berücksichtigen (Bianchini et al., 2018). Um trotz der heterogenen Daten und interdisziplinären Aspekte eine Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen und Anwendungen im Smart-Living-Bereich zu ermöglichen, muss sich deren Gestaltung an den jeweiligen Anforderungen und den Bedürfnissen der Endnutzenden orientieren (Adje et al., 2023; Bianchini et al., 2018). Auch die Frage nach dem Eigentum der Daten und individuelle Datenschutzanforderungen gehören zu den Herausforderungen des Datenmanagements im Bereich Smart Living (Bianchini et al., 2018; Rebstadt et al., 2021). Durch die Tatsache, dass Daten aus dem Smart-Living-Bereich häufig mit einer hohen Sensibilität verbunden sind, wird dem Datenschutz und der Datensicherheit eine wesentliche Bedeutung beigemessen (Carl und Mihale-Wilson, 2020).

Die europäische Initiative Gaia-X ist von zentraler Bedeutung, um Datenräume zu schaffen und eine Abhängigkeit von einzelnen Anbietern zu vermeiden. Sie bietet Open-Source-basierte Komponenten und Frameworks für die Entwicklung einer offenen, interoperablen und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur, die auf gemeinsamen europäischen Werten basiert¹. Durch den Einsatz von Komponenten, wie dem Eclipse Dataspace Connector (EDC)² zur Verbindung von Organisationen über standardisierte Schnittstellen oder einem föderierten Katalog, über den eigene Angebote bzw. „Services“ innerhalb des Datenraums verzeichnet werden, kann ein Datenraum

¹ Eclipse Foundation: <https://gitlab.eclipse.org/eclipse/xfsc/>.

² Eclipse Foundation: <https://projects.eclipse.org/projects/technology.edc>.

in Form einer föderierten Infrastruktur realisiert werden. Dabei betreibt jede Organisation eigene Konnektoren und behält die Kontrolle über ihre Daten, die nur bei Bedarf für die Nutzung eines Services freigegeben werden. Ein herstellerübergreifender Datenraum entsteht im Projekt SmartLivingNext. Der Datenraum basiert auf einer föderierten Infrastruktur, bei der jedes Unternehmen die Kontrolle über die eigenen Daten behält. Er gewährleistet einen kontrollierten Zugriff sowie die Einhaltung von Datenschutzbestimmungen und ermöglicht somit den sicheren Austausch von Daten oder die Nutzung datenbasierter Services zwischen Organisationen.

Mit der Entwicklung des Datenraums soll sowohl die Nutzung von Sensordaten aus den Haushalten vereinfacht werden als auch die nachhaltige Entwicklung von Angeboten, die Künstliche Intelligenz (KI) beinhalten. KI eröffnet durch die Verarbeitung großer Datenmengen und das Erkennen von Mustern, z.B. in Bezug auf die Gewohnheiten von Personen, neue innovative Möglichkeiten zur Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung in privaten Wohnumgebungen (Brîncoveanu et al., 2024). Wenn keine ausreichende Menge an Daten in hoher Qualität vorliegt, um KI-basierte Systeme zu entwickeln und zu betreiben, können Datenportale im Internet (einschließlich entsprechender Big-Data- oder Open-Data-Portale) den Zugang zu standardisierten und offenen Daten ermöglichen (Adje et al., 2023). Standards wie Matter³ unterstützen den Abbau von Barrieren für die uneingeschränkte Wieder- bzw. Weiterverwendung von Daten. Denn Standards lassen Geräte verschiedener Hersteller über definierte Kommunikationsprotokolle miteinander kommunizieren und unterstützen die Interoperabilität zwischen Geräten. Die auf Geräteebene erfassten Daten werden für die Portabilität zwischen Anwendungen und die Darstellung in Applikationen oder Webanwendungen anschließend üblicherweise in ein kompaktes und strukturiertes Format umgewandelt (z.B. JSON). Diese Umwandlung ermöglicht es, die gesammelten Daten für weiterführende Analysen, Automatisierungen oder die Integration in Plattformen oder Cloud-basierte Dienste effizient zu nutzen.

3 Anforderungen an eine interoperable Datennutzung

Um Anforderungen an eine interoperable Datennutzung zu identifizieren, sollen sowohl relevante Faktoren aus der Forschung extrahiert als auch Erkenntnisse aus der Praxis herangezogen werden. Entsprechend wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um bisherige theoretische Erkenntnisse in Bezug auf Datenbereitstellung und Weitergabe zusammenzufassen. Um auch praxisgetriebene Anforderungen zu erfassen, wurden ein exploratives Gespräch (unter anderem mit einem potenziell in Zukunft beteiligten App-Anbieter) geführt, Anforderungen aus der Gesetzgebung analysiert sowie aktuelle Standardisierungsinitiativen einbezogen.

3.1 Literaturergebnisse zur Datenbereitstellung und Weitergabe

Die Datenbereitstellung zwischen Anwendungen wird in der Literatur primär aus Unternehmenssicht betrachtet. Um die Anforderungen von Privatpersonen zu be-

³ Matter-Smarthome: <https://matter-smarthome.de>.

rücksichtigen, wurden im ersten Schritt mittels einer systematischen Literaturrecherche Anforderungen aus bisherigen Anwendungsfällen oder Konzepten identifiziert, in denen Privatpersonen aktiv mit ihrer Zustimmung in die Freigabe von Daten im Smart-Living-Bereich involviert werden. Der Suchbegriff wurde so gewählt, dass eine Einbeziehung relevanter Studien gewährleistet ist, die eine Datenfreigabe an der Schnittstelle zwischen Privatpersonen und Anbietern fokussieren. Folgender Suchbegriff wurde dazu verwendet: (*"Data Usage" OR "Data Sharing" OR "Data Market*" OR "Data Space*" OR "Data Management" OR "Data Ecosystem*" OR "Data Platform"*) AND (*"Personal" OR "Sensitive" OR "Private"*) AND *"Consent"* AND (*"Smart Home" OR "Smart Living" OR "Smart Building"*). Für die Literaturrecherche wurden die sechs thematisch einschlägigen Forschungsdatenbanken SpringerLink, AISEL, Wiley, IEEE, JSTOR und ACM durchsucht, gefolgt von einer Rückwärtssuche von Quellen innerhalb der identifizierten Beiträge. Von den initialen 989 Treffern wurden zunächst Duplikate entfernt und die übrigen Beiträge in einem ersten Auswahlprozess nacheinander anhand ihrer Titel, Abstracts und Volltexte ausgewertet (vom Brocke et al., 2009). Dabei wurden themenfremde Beiträge entfernt, insbesondere Beiträge ohne Bezug zur Smart-Living-Domäne oder Beiträge, die sich nicht explizit mit dem Datentransfer im Kontext von Smart Living befassen. Im zweiten Auswahlschritt wurden alle Beiträge ausgeschlossen, die keine konkreten Anforderungen in Bezug auf die Beteiligung von Privatpersonen thematisierten. Die verbleibenden 19 Beiträge wurden inhaltlich analysiert, um zu untersuchen, wie die Datenfreigabe zwischen Anwendungen und beteiligten Akteuren gestaltet ist und inwieweit Endnutzende Kontrolle über ihre Daten behalten. Aus der Analyse ergab sich eine induktive Ableitung von vier Kategorien, die zentrale thematische Schwerpunkte der Literatur zur Beteiligung von Privatpersonen im Smart-Living-Kontext im Hinblick auf Datenbereitstellung und Weitergabe zusammenfassen:

Datenschutzbedenken und -präferenzen von Anwendungsnutzenden bei der Verarbeitung von personenbezogenen Daten: Die Ergebnisse befassen sich mit den Unterschieden in der Einstellung von Endkonsumierenden zur Erfassung, Speicherung und Analyse persönlicher Daten im Smart-Living-Bereich (Schomakers et al. 2020; Wilkowska et al. 2020). In den Studien wurden teils geringere und teils stärkere Datenschutzbedenken festgestellt (Schomakers et al., 2020), wobei regelmäßig auf eine Präferenz für hohe Anforderungen an den Datenschutz und die Datensicherheit hingewiesen wird (Harper et al. 2021; Wilkowska et al. 2020). Der gesamte Datenzyklus – von der Erhebung bis zur Nutzung – erfordert mehr Transparenz, um dem Eindruck entgegenzuwirken, dass die Erfassung personenbezogener Daten zu Überwachung und Verfolgung führen könnte (Wilkowska et al., 2020).

Mechanismen der Datensicherheit in IoT-Umgebungen: Die identifizierten Beiträge dieser Kategorie untersuchen Herausforderungen des Datenschutzes (Lipford et al. 2022; Rajadorai et al. 2021) oder analysieren bestehende Datenschutzprinzipien (Loukil et al., 2017; Poletti, 2022) innerhalb von IoT-Umgebungen. Andere fokussieren sich auf die sichere Datenhaltung und Zugriffsmechanismen (Bertino und Ferrari 2018; Varadharajan und Bansal 2016) oder entwickeln Technologien zur Verbesserung der Privatsphäre (Malina et al. 2019; Ulbricht und Pallas 2018).

Entwicklung von Prototypen in IoT-Umgebungen unter Einhaltung der DSGVO-Anforderungen: Vier der Beiträge zeigen die Entwicklung von Prototy-

pen für die Verwaltung personenbezogener Daten für das Zustimmungsmanagement oder eine transparente Datenverarbeitung für Smart-Living-Anwendungen (Allegue et al. 2020; Bauer et al. 2022; Huertas Celdrán et al. 2019; Rantos et al. 2019). Ein weiterer Prototyp, entwickelt von Sousa et al. (2020), umfasst eine Middleware-Lösung für IoT-Geräte, die darüber hinaus sogar die Kontrolle der Daten von IoT-Geräten ermöglicht. Der Zugriff auf die erzeugten Daten erfolgt entweder direkt über die Schnittstellen der IoT-Geräte oder über den Router. Das Smartphone dient als Konfigurationscontroller zur Festlegung von Regeln und Berechtigungen für die erzeugten Daten. Eine Datenbank kann die vom Gerät erzeugten Daten speichern. Der Datenverkehr, den ein Gerät durch die Konfiguration des Herstellers standardmäßig erzeugt, kann zugelassen oder blockiert werden. Neben der Freigabe von Daten ermöglicht die Middleware-Lösung den Nutzenden auch eine Option, bestimmte Daten an interessierte Dritte zu verkaufen. Die Plattform ermöglicht Nutzenden somit die aktive Teilnahme am Datenmarkt, indem die Nutzung der eigenen Daten überwacht, kontrolliert und ausgehandelt werden kann.

Empfehlungen für die interoperable Nutzung von Daten: Die vierte Kategorie umfasst sowohl einen Beitrag zur Einordnung von Datenmarktplätzen als auch Beiträge, in denen Privatpersonen einen direkten Einfluss auf ihre erzeugten Daten erhalten. Abraham et al. (2023) präsentieren eine Taxonomie zur Einordnung der Datenverwaltung auf Datenmarktplätzen. Die Taxonomie gibt einen Überblick über Mechanismen in Bezug auf Datenqualität, Datensicherheit, Datenarchitektur, Metadaten, Datenlebenszyklus, Datenspeicherung und Datenpreisgestaltung. Anhand der Merkmale der Taxonomie können die Entscheidungsbereiche der Data Governance von Datenmarktplätzen eingeordnet werden, u. a. die Möglichkeit des Zugriffs auf Daten und der gewählte Ansatz zum Speichern der Daten (Abraham et al., 2023). Wickramasinghe (2023) gibt Best-Practice-Empfehlungen für eine Freigabe von Daten, die kontextsensitive Faktoren und Datenschutzpräferenzen von vergangenen Aktivitäten berücksichtigt sowie die Anforderungen der DSGVO erfüllt. Nutzende erhalten durch das aufgestellte Modell die Kontrolle über den gesamten Prozess der Datenerfassung, -speicherung und -weitergabe in ihrer Smart-Home-Umgebung mit einem Minimum an notwendigen Eingriffen. Das Modell bezieht sich vorrangig auf die Automatisierung der Auswahl von Präferenzen bei einer Datenweitergabe von Smart-Home-Objekten.

3.2 Einblicke aus der Perspektive eines App-Anbieters

Um weitere Einflüsse zu identifizieren, wurde Ende des Jahres 2024 ein exploratives Gespräch mit drei Expert:innen geführt, darunter Mitarbeitende eines App-Herstellers, der Smart-Living-Anwendungen entwickelt und sich besonders auf die Erfassung von Verbrauchsdaten in den Bereichen Heizung, Wasser und Strom spezialisiert hat. Im Mittelpunkt des etwa einstündigen Gesprächs standen die Voraussetzungen, die es Nutzenden ermöglichen, die in den Apps generierten Daten zu erhalten, wiederzuverwenden und für andere Anwendungen verfügbar zu machen. Dabei wurde ein leitfadengestütztes Gesprächsdesign verwendet, um eine systematische Erhebung relevanter Themen zu gewährleisten (Eisenhardt, 1989). In dem Gespräch wurden sechs Themenblöcke diskutiert: (a) Möglichkeit des Datenexports

aus Smart-Living-Applikationen, (b) Potenziale und Herausforderungen der freien Nutzung und Weitergabe eigener Daten durch Nutzende, (c) Voraussetzungen, für die Nutzung von Daten in anderen datenbasierten Anwendungen, (d) Potenzielle andere Anwendungen, die von einer interoperablen Datennutzung profitieren, (e) Situation standardisierter Schnittstellen, um Daten für andere Angebote nutzen zu können, und (f) Sonstige Einflussfaktoren. Die Gesprächsinhalte wurden protokolliert und anschließend induktiv in Unterthemen gegliedert und zusammengefasst. Für die Auswertung wurde dann ein deduktiver Ansatz angewendet, bei dem die Ergebnisse mit den vier entwickelten Kategorien basierend auf bisheriger Forschung (s. Abschn. 3.1) abgeglichen wurden (vgl. Eisenhardt 1989).

Zu Beginn des Gesprächs berichtete ein Experte, dass (a) der Anwendungsanbieter zur Erfassung von Verbrauchsdaten in den Bereichen Heizung, Wasser und Strom bereits einen manuellen Export für eigene Verbrauchsdaten anbietet. Der manuelle Export greift zentrale Anforderungen von Bertino und Ferrari (2018) auf, nach denen Zugriffsmechanismen kontextsensitiv und nutzerzentriert gestaltet sein müssen. Darüber hinaus wird an einer Schnittstelle für den Abruf der Daten aus anderen Anwendungen gearbeitet. Varadharajan und Bansal (2016) betonen die besonderen sicherheitstechnischen Herausforderungen solcher Schnittstellenabrufe. Sie empfehlen unter anderem eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung, flexible Zugriffskontrollrichtlinien sowie die manipulationssichere Protokollierung von Zugriffen. Sowohl ein manueller Export der Daten als auch die geplante Freigabe der eigenen Daten erfüllen jedoch die Transparenzanforderungen nach Wilkowska et al. (2020), da die Nutzenden ihre Daten selbst aktiv freigeben müssen. Potenziale und Herausforderungen in einer offenen Datenzugänglichkeit (b) sehen die Expert:innen darin, zusätzliche Daten oder Services von Drittanbietern in die eigene Anwendung einzubinden. Die Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen von Zuiderwijk et al. (2012), nach denen ein offener Datenansatz für Unternehmen einen zusätzlichen Mehrwert durch die Kombination mit Angeboten von Drittanbietern generieren kann. Die von Bianchini et al. (2018) identifizierten Herausforderungen im Datenmanagement wurden von den Expert:innen aufgrund der Sorge vor unterschiedlichen Datenformaten, Schnittstellen und Protokollen beim Datentransfer zwischen verschiedenen Systemen untermauert. Die Expert:innen berichten darüber hinaus, dass eine Interoperabilität von Daten in ihrer Anwendung Haushalte potenziell motiviert, mehr und häufiger Daten zu erfassen.

Als Voraussetzung (c) für eine verbesserte Kontrolle der Daten bei der interoperablen Nutzung wurde eine Zweckbindung für die von der Anwendung freigegebenen Datensätze diskutiert. Im Falle einer Zweckbindung muss jedoch eindeutig kommuniziert werden, welche Rechte bestehen und wie die Rechte sich bei der interoperablen Nutzung der Daten ändern (vgl. Folgekapitel 3.3 zu legislativen Anforderungen).

Im Rahmen des vierten Themas (d) wurde über Angebote diskutiert, die von der interoperablen Datennutzung profitieren. In der Gruppe wurde die Annahme formuliert, dass im Smart-Living-Bereich zukünftig ein Trend zu mehr datenbasierten Angeboten zu erwarten ist. Denn Verbrauchsdaten in Haushalten werden zukünftig zunehmend über Smart Meter erfasst. Der Einsatz von intelligenten Zählern eröffnet eine Reihe von Nutzungsmöglichkeiten für die erfassten Haushaltsdaten. Als Bei-

spiel wurde genannt, dass Stromanbieter durch den Einsatz von intelligenten Zählern zunehmend Tarife anbieten können, die sich am Echtzeit-Strompreis an der Börse orientieren. Die Verbraucher können ihren Verbrauch somit an günstige Zeiten anpassen und Kosten sparen. Dynamische Tarife ermöglichen auch die Einspeisung von selbst erzeugtem Strom aus Photovoltaikanlagen in das Netz zu Echtzeit-Strompreisen. Analog zu dem diskutierten Beispiel stellt auch die von Sousa et al. (2020) entwickelte Middleware erfasste Haushaltsdaten für den potenziellen Verkauf auf Datenmarktplätzen bereit.

Bezüglich der Situation standardisierter Schnittstellen (e) wurde festgehalten, dass es derzeit viele verschiedene Datenstandards auf dem Markt gibt. Taxonomien wie die von Abraham et al. (2023) helfen, Mechanismen zur Datenverwaltung transparenter zu gestalten. In der Praxis wäre es zielführend, einen einheitlichen Standard zu etablieren, die unterschiedlichen Interessen zahlreicher Marktteilnehmer stehen dem aber im Weg. Es wird daher notwendig sein, Daten vorzuverarbeiten und anzupassen, um diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Neben den Best-Practice-Empfehlungen von (Wickramasinghe, 2023) für die Umsetzung einer automatisierten Freigabe von Daten sind entsprechend auch praxisnahe Richtlinien hinsichtlich einer systematischen Standardisierung von Daten zu berücksichtigen (vgl. Folgekapitel 3.4 zur Standardisierung des Datenaustauschs).

Als sonstige Einflussfaktoren (f) bestehen die rechtlichen Gegebenheiten für den Übergang zwischen datengestützten Anwendungen. Die rechtlichen Anforderungen müssen sich in der Praxis noch bewähren und ihre Wirksamkeit unter Beweis stellen.

Das aus dem Gespräch hervorgegangene firmeninterne Expert:innenwissen verdeutlicht, dass die Zustimmung der Anwendungsanbieter zur Datenweitergabe sowie deren Kooperation in der Praxis nahezu unumgänglich ist, um externe Angebote nutzen zu können. Dies ist erforderlich, damit nicht nur Rohdaten, sondern auch generierte Daten bereitgestellt werden – und zwar in einem standardisierten Format über interoperable Schnittstellen, sodass Privatpersonen sie mit angemessenen Aufwand übertragen können.

3.3 Legislative Anforderungen

Die 2024 in Kraft getretene EU-Datenverordnung (Data Act) legt grundlegende Anforderungen an die Beschreibung von Datenstrukturen, Datenformaten und weiteren technischen Details für deren Nutzung fest. Der Data Act gibt u.a. vor, dass der Inhalt von Datensätzen grundsätzlich ausreichend beschrieben werden muss. Um dem rechtlichen Rahmen beim Datenaustausch gerecht zu werden und Unsicherheit aller Akteure innerhalb des Datenraums zu verringern bzw. Transparenz zu schaffen, sollten von Anwendungsanbietern Informationen über die Weiterleitung von Daten sowie über die Herkunft der Daten und mögliche Datenqualität bereitgestellt werden (Rebstadt et al., 2021). Die Transparenz von Datenflüssen und die technische Austauschbarkeit von Servicekomponenten sind zentrale Merkmale für die Weiterleitung von Daten zwischen Anwendungsanbietern untereinander und zwischen Anwendungsanbietern und Endnutzenden (Rebstadt et al., 2021). Der rechtliche Rahmen für die Verarbeitung von Daten fokussiert sich in diesem Zusammenhang jedoch verstärkt auf personenbezogene Daten. Bei personenbezogenen Rohdaten,

wie Standort, Aktivitätsmuster oder Nutzereingaben, liegt das Eigentum in der Regel bei den Nutzenden, sie werden aber oft in der Anwendung gespeichert. Um volle Kontrolle über die Verwendung ihrer personenbezogenen Daten zu wahren, sollten Nutzende festlegen können, welche sensiblen Daten verarbeitet werden dürfen, welche Organisationen sie verwalten dürfen, wo Organisationen die sensiblen Daten speichern dürfen, wie lange Organisationen die Daten verarbeiten dürfen und wie die Daten von den Organisationen verwaltet werden müssen (Huertas Celdrán et al., 2019). Die Nutzenden bleiben Eigentümer:innen ihrer personenbezogenen Daten, während die Anwendungsanbieter sie nur verarbeiten dürfen. Daher haben Nutzende durch Art. 15 der DSGVO ein Auskunftsrecht, ihre personenbezogenen Daten und weitere Informationen zur Verarbeitung, wie den Zweck oder die Empfänger, zu erhalten (Herfurth, 2022). Die Datenportabilität gemäß Art. 20 der DSGVO sieht darüber hinaus vor, dass die erhaltenen personenbezogenen Daten auch anderen übermittelt werden dürfen (Herfurth, 2022). Dieses Recht ist jedoch auf personenbezogene Daten beschränkt und gilt nicht für alle generierten Daten (Buchner, 2016). Denn generierte Daten ohne Personenbezug, wie Analysen, Vorhersagen oder aggregierte Daten, die sich aus der Verarbeitung ergeben, können rechtlich oder technisch als Eigentum des Anwendungsanbieters angesehen werden (Buchner, 2016).

Neben dem europäischen Data Act und der DSGVO regeln außerdem noch der EU Data Governance Act und der EU AI Act den Umgang mit elektronischen Daten. Der Data Governance Act konzentriert sich lediglich auf den Zugang und die Weitergabe nicht personenbezogener Daten und fördert die Schaffung von Datenräumen. Der EU AI Act beschäftigt sich stattdessen mit der Regulierung von KI, und somit mit den verarbeiteten Resultaten aus erhobenen Daten. Dementsprechend ergeben sich aus diesen beiden Gesetzgebungen keine weiteren direkten Vorgaben für das Bereitstellen personenbezogener Daten.

3.4 Standardisierung als Treiber für den interoperablen Datenaustausch

Die digitale Transformation des Wohnumfelds durch Smart-Living-Technologien führt zu einer kontinuierlichen Generierung heterogener Datenströme aus verteilten Quellen wie Sensoren, Aktoren und vernetzten Haushaltsgeräten. Um diese Daten effektiv nutzen zu können, ist eine systematische Standardisierung erforderlich, wobei insbesondere die Interoperabilität zwischen verschiedenen IoT-Systemen eine zentrale Herausforderung darstellt (Noura et al. 2019). Die sogenannten FAIR-Prinzipien definieren fundamentale Anforderungen an Daten: Sie müssen auffindbar (Findable), zugänglich (Accessible), interoperabel (Interoperable) und wiederverwendbar (Reusable) sein (Wilkinson et al., 2016). Für die praktische Umsetzung dieser Prinzipien wurden Reifegradmodelle entwickelt, die eine systematische Bewertung der FAIR-Implementierung ermöglichen (Bahim et al., 2020). Die konkrete Implementierung erfordert dabei eine sorgfältige Berücksichtigung verschiedener technischer und organisatorischer Aspekte (Jacobsen et al., 2020). Die technische Basis bildet jedoch die Standardisierung auf der Datenebene. Das World Wide Web Consortium (W3C) hat sich dabei als maßgebendes Standardisierungsgremium etabliert und treibt die Entwicklung technischer Spezifikationen durch einen community-getriebenen Prozess voran. Das W3C empfiehlt JSON-LD und Resource Description

Framework (RDF)-Serialisierungen als Standardformate für die strukturierte Erfassung und Verarbeitung von Daten (Kellogg et al. 2019). Für die Beschreibung von Sensormessungen stellt das W3C die Semantic Sensor Network (SSN) Ontologie bereit (Haller et al., 2018), während Data Catalog Vocabulary (DCAT) als Standard für Datenkataloge dient (Albertoni et al., 2020). Diese Standards gewährleisten, dass erhobene Daten in einem System bei allen Beteiligten in einer einheitlichen und semantisch interpretierbaren Form vorliegen. Für das Erstellen von Meta-Daten zu einem Datensatz umfasst DCAT konkret die Dokumentation von Datensatzeigenschaften, die Definition von Qualitätsmetriken, die Bereitstellung von Provenienzinformationen und die Angabe von Nutzungsbedingungen (Albertoni et al., 2020) und ermöglicht im Smart-Living-Kontext somit beispielsweise die einheitliche Beschreibung und Auffindbarkeit von Energieverbrauchsprofilen oder Aktivitätsprotokollen in Datenkatalogen.

Die Web of Things (WoT) Architecture enthält darüber hinaus Richtlinien, um Daten standardisiert über gängige Web-Protokolle auszutauschen. Ein zentrales Element der Richtlinien ist die Thing Description, die Geräte mit ihren Eigenschaften und Schnittstellen unabhängig vom Protokoll beschreibt (Charpenay et al., 2022). Eine praktische Umsetzung und Erweiterung dieser Architektur stellt das SenseWoT-Framework dar, das zusätzlich die semantische Bedeutung der Geräteeigenschaften und Schnittstellen enthält, um die kontextuelle Interpretation der ausgetauschten Daten zu ermöglichen. Diese semantische Ebene erlaubt die kontextbewusste Interpretation der Smart-Living-Daten, beispielsweise ob ein Wert die Temperatur eines Raumes misst und wie er zur Steuerung der Heizung genutzt wird.

4 Modell zur anwendungsübergreifenden Nutzung persönlicher Daten

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass Datensouveränität, Transparenz und Interoperabilität grundlegende Prinzipien sind, damit Privatpersonen die Kontrolle über ihre Daten behalten (vgl. Abschn. 3.2 und 3.4). In den in der Literatur beschriebenen Zugriffsmechanismen oder prototypischen Lösungen für IoT-Umgebungen wird meist lediglich das Zustimmungsmanagement für die Weitergabe von Daten betrachtet (vgl. Abschn. 3.1). Anwendungen müssen klar kommunizieren, wie die Daten verwendet werden und einheitliche Standards für den Datenaustausch unterstützen (vgl. Abschn. 3.2). Datenschutzbedenken und -präferenzen von Anwendungsnutzenden müssen für die Weitergabe von Daten stets berücksichtigt werden (vgl. Abschn. 3.3). Darüber hinaus fordern die Anforderungen von Anwendungen wegen unterschiedlicher Datenformate, Schnittstellen und Protokolle oft eine Vorverarbeitung von Daten (vgl. Abschn. 3.4). Die Standardisierung auf Datenebene kann daher, genauso wie Thing Descriptions – die Geräte mit ihren Eigenschaften und Schnittstellen unabhängig vom Protokoll beschreiben – zu einer interoperablen Nutzung von Daten beitragen.

Das interoperable Freigeben standardisierter Daten in einem offenen Ökosystem bildet die Grundlage für innovative datenbasierte Services zur Optimierung des Energieverbrauchs, zur Steigerung des Wohnkomforts oder für KI-basierte Auswertungen. Auch Datenmarktplätze und Datenräume spielen eine wichtige Rolle

bei der interoperablen Weitergabe von Daten (vgl. Abschn. 3.1). Bislang fehlen jedoch Konzepte, insbesondere um Privatpersonen in Datenräume einzubinden. Der anbieterseitige Datenaustausch impliziert nicht zwangsläufig, dass Privatpersonen die Möglichkeit haben, ihre Daten eigenständig an Anwendungen ihrer Wahl zu übermitteln. Privatpersonen können ihre Daten aus Anwendungen nur selten in einem geeigneten Format extrahieren, wodurch ihnen unter anderem der Zugang zu Datenmarktplätzen oder Datenräumen verwehrt bleibt (vgl. Abschn. 3.1 und 3.2). In der Literatur gibt es zwar erste Ansätze, wie Privatpersonen über Middleware-Lösungen die Kontrolle über ihre Daten übernehmen können (Sousa et al., 2020), für den niedrigschwelligen Zugriff von Privatpersonen auf ihre Smart-Living-Daten sind jedoch Schnittstellen zur Datenabfrage notwendig (vgl. Abschn. 3.1). Durch geeignete Schnittstellen könnten Privatpersonen ihre Smart-Living-Daten entweder direkt an Drittanwendungen weiterleiten oder sie aggregieren ihre Datensätze aus unterschiedlichen Anwendungen durch lokale Server, private Cloud-Lösungen oder kommerzielle Anbieter.

Für Anwendungsanbieter liegt das Potenzial der Datenweitergabe darin, durch die Datenintegration von Drittanbietern zusätzliche Services oder Daten auch in die eigene Anwendung einzubinden und Haushalte dazu zu motivieren, vermehrt und regelmäßiger Daten zu erfassen (vgl. Abschn. 3.2). Eine Zweckbindung und Nachverfolgbarkeit der Daten könnte die Bereitswilligkeit von Herstellern und Anwendungsanbietern erhöhen, Daten vermehrt bereitzustellen (vgl. Abschn. 3.2). Abb. 1 illustriert ein Modell, das die zentralen Herausforderungen der Smart-Living-Domäne adressiert, insbesondere die heterogene Datenlandschaft sowie die Anforderungen an Datenschutz und Compliance. Das Modell baut auf den in Abschn. 3 herausge-

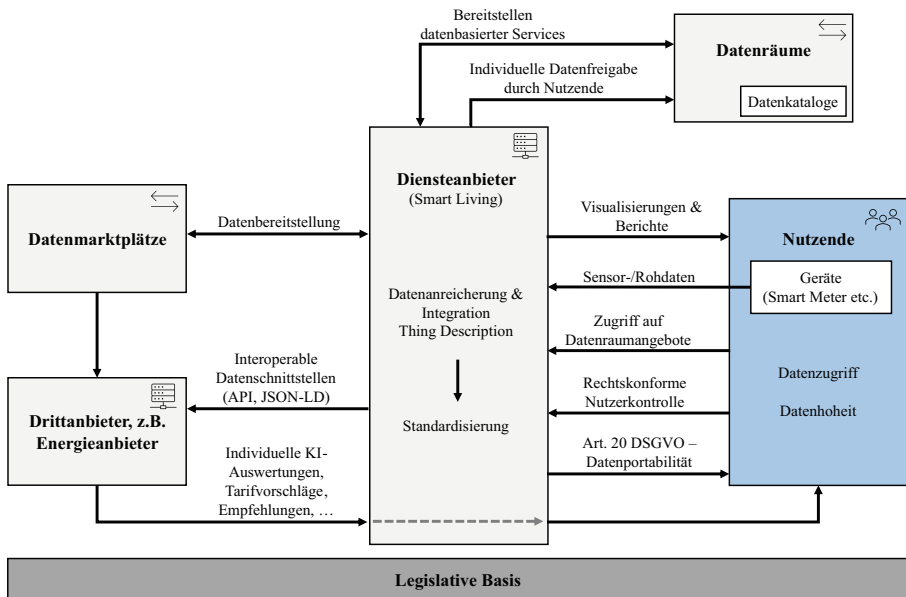


Abb. 1 Modell zur anwendungsübergreifenden Nutzung persönlicher Daten

arbeiteten Anforderungen aus Sicht von Praxis und Forschung auf und orchestriert die bisher zumeist isolierten Aspekte der Datenbereitstellung.

Im Hinblick auf ein konkretes Anwendungsszenario soll zur Erläuterung des Modells im Folgenden beispielhaft ein fiktiver App-Anbieter im Bereich Smart Living betrachtet werden, der eine App zur Überwachung und Optimierung des Raumklimas entwickelt. Neben der App vertreibt der Anbieter auch eigene Sensoren zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Konzentration. Auf Geräteebene in einem Haushalt (rechts in Abb. 1) erfassen die Sensoren zunächst Rohdaten über standardisierte Protokolle wie Matter oder ZigBee. Der App-Anbieter (in der Mitte in Abb. 1) nutzt Thing Descriptions nach dem W3C Web of Things-Standard, um sowohl eigene als auch fremde Geräte standardisiert zu beschreiben und in das System einzubinden. Dadurch entsteht eine gemeinsame Sprache für unterschiedlichste Sensoren und Aktoren und es wird sichergestellt, dass auch Sensoren anderer Hersteller nahtlos in die App integriert und deren Daten genutzt werden können. Eine semantische Anreicherung der Daten durch SenseWoT ermöglicht es, neben den reinen Messwerten auch Kontextinformationen wie Standort, Messgenauigkeit und Zeitstempel zu erfassen.

In der App wird den Nutzenden angeboten, die angereicherten Daten über eine interoperable Schnittstelle (links in Abb. 1) oder einen Service im Datenraum (oben rechts) zur Nutzung weiterer Angebote zur Verfügung zu stellen. Eines der Angebote ist der Service eines Drittanbieters im Datenraum, der aggregierte und anonymisierte Daten aus verschiedenen Haushalten nutzt, um Vergleichswerte oder KI-basierte Empfehlungen zu generieren – beispielsweise zur durchschnittlichen CO₂-Belastung in vergleichbaren Wohnsituationen oder zur optimierten Steuerung der Lüftungsanlage. Auf dieser Grundlage kann der App-Anbieter über die Oberfläche der eigenen App regionale Benchmarks und personalisierte Empfehlungen anbieten.

Um die Auffindbarkeit und Nachnutzbarkeit der Daten zu gewährleisten, werden diese in einem DCAT-konformen Katalog dokumentiert (oben rechts in Abb. 1). Die Katalogeinträge enthalten unter anderem Lizenzinformationen, Zugriffsmechanismen und persistente Identifikatoren. Auf diese Weise wird die Interoperabilität zwischen Systemen gestärkt, die Einhaltung der FAIR-Prinzipien unterstützt und gleichzeitig sichergestellt, dass die Anforderungen der DSGVO erfüllt werden. KI-relevante Meta-Informationen zu Datensätzen werden in den Katalogen zusätzlich hinterlegt, um den Anforderungen des EU AI Acts gerecht zu werden.

5 Diskussion

Sousa et al. (2020) haben mit ihrer Middleware-Lösung für IoT-Geräte bereits gezeigt, dass Datenverkehr von IoT-Geräten überwacht, kontrolliert und in einer eigenen Datenbank gespeichert werden kann. Die Weitergabe dieser Daten ermöglicht eine potenzielle Beteiligung von Privatpersonen an Datenmärkten oder die Nutzung ergänzender Angebote. Ein sicherer, standardisierter Prozess erfordert darüber hinaus, dass Smart-Living-Anwendungen die kontrollierte Weitergabe ihrer erzeugten Daten direkt unterstützen. Datenräume, wie etwa im Rahmen der Entwicklung von Gaia-X, bieten eine dafür geeignete und übergeordnete Infrastruktur, die es erlaubt,

Daten aus verschiedenen Anwendungen transparent und sicher zu verwalten. Datenräume stellen somit ein zentrales Element bei der Schaffung vertrauenswürdiger Datenökosysteme dar, um Daten kontrolliert zu teilen. Mit Blick auf zukünftige Entwicklungen ist zu erwarten, dass Datenräume sich zunehmend etablieren.

Damit sich die anwendungsübergreifende Nutzung persönlicher Daten im Smart-Living-Kontext in der Praxis nachhaltig etablieren kann, sind jedoch auch ökonomische Anreize für Anwendungsanbieter essenziell. Eine Voraussetzung für die Schaffung von Mehrwerten für Anbieter sind eindeutige Governance-Strukturen und interoperable Standards, um plattformspezifische Netzwerkeffekte zu nutzen und neue Partnerschaften im Smart-Living-Ökosystem aufzubauen. Offenere Datenstrategien können die Wettbewerbsfähigkeit von Anbietern stärken, da neue Geschäftsmodelle Daten zunehmend als Wirtschaftsgut nutzen (Spiekermann, 2019). Sie ermöglichen den Zugang zu komplementären Services und erhöhen dadurch die Attraktivität der eigenen Produkte. Beispielsweise können Wohnumgebungen übergreifend und zusammenhängend ausgewertet werden. Es entstehen neue Potenziale, wie eine Optimierung von Energieverbräuchen oder personalisierte Dienstleistungen. Weiterhin eröffnet die kontrollierte Herausgabe verarbeiteter Anwendungsdaten den Anbietern die Möglichkeit, neue Einnahmequellen zu erschließen. Etwa indem der Zugang zu individuell verarbeiteten Daten im benötigten Format vergütet wird. Insbesondere Datenräume bieten für diesen Fall einen rechtssicheren und effizienten Rahmen für einen Datenaustausch. In einem Datenraum könnten Anwendungsanbieter als Mittler agieren, indem sie dort im Auftrag der Privatpersonen gegen eine Gebühr die Bereitstellung der Daten für Services übernehmen.

Wissenschaftlich betrachtet eröffnen die Ergebnisse neue Forschungsfelder, insbesondere im Bereich der Datensouveränität und Datenräume. Die aufgezeigten Anforderungen eröffnen insbesondere das Potenzial für weitere Ansätze, in denen Privatpersonen ihre Smart-Living-Daten souverän verwalten können. Zukünftige Forschungsarbeiten müssen konkrete Mechanismen untersuchen, um einen intuitiven und vereinfachten Zugriff von Privatpersonen sowohl auf Angebote von Drittanbietern als auch auf verfügbare Services in Datenräumen zu ermöglichen. Weiterhin geben die Ergebnisse Impulse für KI-spezifische Anwendungsfälle. Eine Untersuchung von Berente et al. (2021) über das Management von KI in Informationssystemen hat bereits die Relevanz einer geregelten Weitergabe von Daten verdeutlicht. Daten werden in der Praxis aus unterschiedlichsten verfügbaren Datenquellen extrahiert (Berente et al., 2021). Für die Entwicklung von KI-Modellen gelten jedoch hohe Anforderungen an die Datenqualität und die Berücksichtigung ethischer Faktoren. Die Verwendung der Daten, die von Privatpersonen über Anwendungen oder Datenräume bereitgestellt werden, kann die Datenqualität verbessern. Diese Daten verfügen in der Regel über eine einheitliche Struktur, eine höhere Aktualität und durch den Kontext der Erfassung auch über eine Transparenz hinsichtlich der Herkunft.

Zur Weiterentwicklung des in Abb. 1 vorgestellten Modells sollten zukünftig noch die Perspektiven weiterer relevanter Akteursgruppen – wie etwa Gerätehersteller oder Verbände – gezielter in den Blick genommen werden. Eine weitere Limitation der Ergebnisse besteht darin, dass bislang nur mit einem einzelnen Applikationshersteller gesprochen wurde, was die Perspektive und Anforderungen anderer Anbieter

noch nicht vollständig einbezieht. Besonders für spezifische Anwendungsfälle können weitere rechtliche und technische Anforderungen durch sektorspezifische Regelungen entstehen. Ein Beispiel dafür ist die Kompatibilität neu entwickelter IoT-Geräte in der Energiewirtschaft mit den standardisierten Tarifierungsanwendungsfällen (TAF 1–14), insbesondere TAF 14, im Kontext des § 14a Energiewirtschaftsgesetz. Diese Regelungen verdeutlichen exemplarisch, dass datenverarbeitende Systeme flexibel und erweiterbar gestaltet sein müssen, um auf neu entstehende branchenspezifische Anforderungen reagieren und diese rechtskonform integrieren zu können.

6 Zusammenfassung

Technische und organisatorische Barrieren führen dazu, dass Daten aus Smart-Living-Anwendungen bisher nur eingeschränkt geteilt werden können, um sie für andere Anwendungen einzusetzen oder Synergien in der Datenerhebung zu nutzen. Die maßgeblichen Anforderungen sind sowohl die Standardisierung von Daten als auch die Gesetzgebung, die einen Rahmen für das Zustimmungsmanagement, für die Verarbeitung von Daten sowie Vorgaben zum Eigentum der Daten vorgibt. In dem vorliegenden Beitrag wurde aufgezeigt, dass existierende Standards die einheitliche Erfassung und Verarbeitung sowie eine semantische Anreicherung von Sensordaten bereits ermöglichen. Darüber hinaus wurde aufgezeigt, dass Privatpersonen ihre Daten aus Anwendungen in Zusammenarbeit mit den Anwendungsanbietern auf der einen Seite zwar potenziell sicher und anwendungsübergreifend nutzen können. Auf der anderen Seite ist die breite Nutzung der diskutierten Ansätze derzeit jedoch noch eingeschränkt. Wenngleich bereits datenbasierte Angebote im Smart-Living-Kontext existieren, so ist das verfügbare Angebot an interoperablen Datenschnittstellen zu Drittanbietern oder verfügbaren Services in Datenräumen doch noch begrenzt. Zukünftig kann insbesondere die Zunahme von Datenräumen eine übergeordnete Infrastruktur schaffen, um dem Problem entgegenzuwirken, z. B. durch Gaia-X. Datenräume erlauben es, Daten aus verschiedenen Anwendungen transparent und sicher zu verwalten. Sie schaffen weiterhin Mechanismen und Governance-Strukturen, um zu gewährleisten, dass Nutzende die Kontrolle über ihre Daten behalten und entscheiden, welche personalisierten Services oder Angebote Zugriff auf diese Daten haben. Essenziell notwendige monetäre Anreize für Anwendungsanbieter können in diesem Zusammenhang in der Bereitstellung von generierten und individuell verarbeiteten Daten oder in der Integration weiterer Services in die eigene App-Oberfläche liegen. Das entwickelte Modell beschreibt die Zusammenhänge der interoperablen Nutzung von Daten beidseitig für Privatpersonen und Anwendungsanbieter und zeigt auf, welche Mehrwerte sich aus der interoperablen Datennutzung ergeben bzw. wie diese umgesetzt werden können.

Danksagung Das Projekt COMET wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Technologieprogramms „SmartLivingNEXT - Künstliche Intelligenz für nachhaltige Lebens- und Wohnumgebungen“ gefördert.

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

- Abraham R, Schneider J, vom Brocke J (2023) A taxonomy of data governance decision domains in data marketplaces. *Electron Markets* 33(1):22. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00631-w>
- Adje KDC, Letaifa AB, Haddad M, Habachi O (2023) Smart city based on open data: a survey. *IEEE Access* 11:56726–56748. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3283436>
- Albertoni R, Browning D, Cox S, Beltran AG, Perego A, Winstanley P (2020) Data Catalog Vocabulary (DCAT)—Version 2. W3C Recommendation 4 February 2020. W3C. <https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-2/>
- Allegue S, Rhahla M, Abdellatif T (2020) Toward GDPR Compliance in IoT Systems. In: Yangui S, Bouguettaya A, Xue X, Fati N, Gaaloul W, Yu Q, Zhou Z, Hernandez N, Nakagawa EY (Hrsg) *Service-Oriented Computing – ICSSOC 2019 Workshops*, Bd. 12019. Springer, S 130–141 https://doi.org/10.1007/978-3-030-45989-5_11
- Bahim C, Casorrán-Amilburu C, Dekkers M, Herczog E, Loozen N, Repanas K, Russell K, Stall S (2020) The FAIR data maturity model: an approach to harmonise FAIR assessments. *Data Sci J*. <https://doi.org/10.5334/dsj-2020-041>
- Bauer J, Wichert R, Konrad C, Hechtel M, Dengler S, Uhrmann S, Ge M, Poller P, Kahl D, Ristok B, Franke J (2022) Foresight—user-centered and personalized privacy and security approach for smart living. In: Streitz NA, Konomi S (Hrsg) *Distributed, ambient and pervasive interactions. Smart living, learning, well-being and health, art and creativity*. Springer, S 18–36 https://doi.org/10.1007/978-3-031-05431-0_2
- Berente N, Gu B, Recker J, Santhanam R (2021) Managing artificial intelligence. *MISQ* 45(3):1433–1450. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/16274>
- Bertino E, Ferrari E (2018) Big data security and privacy. In: Flesca S, Greco S, Masciari E, Saccà D (Hrsg) *A comprehensive guide through the Italian database research over the last 25 years*. Springer, S 425–439 https://doi.org/10.1007/978-3-319-61893-7_25
- Bianchini D, De Antonellis V, Melchiori M, Bellagente P, Rinaldi S (2018) Data management challenges for smart living. In: Longo A, Zappatore M, Villari M, Rana O, Bruneo D, Ranjan R, Fazio M, Massonet P (Hrsg) *Cloud infrastructures, services, and IoT systems for smart cities*, Bd. 189. Springer, S 131–137 https://doi.org/10.1007/978-3-319-67636-4_15
- Brîncoveanu C, Carl KV, Binz S, Weiher M-A, Thomas O, Hinz O (2024) Artificial intelligence-based assistance systems for environmental sustainability in smart homes: a systematic literature review on requirements and future directions. *INFORMATIK 2024*, S 1165–1182. https://doi.org/10.18420/inf2024_103
- Buchner B (2016) Grundsätze und Rechtmäßigkeit der Datenverarbeitung unter der DSGVO. *Datenschuttsicherh* 40(3):155–161. <https://doi.org/10.1007/s11623-016-0567-0>
- Carl V, Mihale-Wilson C (2020) Consumer privacy concerns and preferences for certification and accreditation of intelligent assistants in the internet of things. *Open Identity Summit 2020*. S 157–162. https://doi.org/10.18420/ois2020_13
- Charpenay V, Zimmermann A, Lefrançois M, Boissier O (2022) Hypermedea: a framework for web (of things) agents. In: *Companion Proceedings of the Web Conference 2022*, S 176–179 <https://doi.org/10.1145/3487553.3524243>
- Eisenhardt KM (1989) Building theories from case study research. *Acad Manag Rev* 14(4):532–550. <https://doi.org/10.2307/258557>
- Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M (2013) Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. *Future Gener Comput Syst* 29(7):1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>

- Haller A, Janowicz K, Cox SJD, Lefrançois M, Taylor K, Le Phuoc D, Lieberman J, García-Castro R, Atkinson R, Stadler C (2018) The modular SSN ontology: A joint W3C and OGC standard specifying the semantics of sensors, observations, sampling, and actuation. *Semantic Web* 10(1):9–32. <https://doi.org/10.3233/SW-180320>
- Harper S, Mehrnezhad M, Mace JC (2021) User privacy concerns and preferences in smart buildings. In: Groß Viganò TL (Hrsg) *Socio-technical aspects in security and trust*, Bd. 12812. Springer, S 85–106 https://doi.org/10.1007/978-3-030-79318-0_5
- Herfurth C (2022) Anforderungen der Datenschutz-Grundverordnung. In: *Big Data—Big Accountability: Erkennung von Versicherungsbetrug mit Big Data nach der Datenschutz-Grundverordnung*. Springer, Wiesbaden, S 128–342 https://doi.org/10.1007/978-3-658-39287-1_6
- Huertas Celdrán A, Pérez GM, Mlakar I, Alcaraz Calero JM, García CFJ, Martínez PG (2019) A management platform for citizen's data protection regulation. In: Wang G, El Saddik A, Lai X, Martinez GP, Choo K-KR (Hrsg) *Smart city and Informatization*. Springer, S 60–72 https://doi.org/10.1007/978-981-15-1301-5_6
- Jacobsen A, de Miranda Azevedo R, Juty N, Batista D, Coles S, Cornet R, Courtot M, Crosas M, Dumontier M, Evelo CT, Goble C, Guizzardi G, Hansen KK, Hasnain A, Hettne K, Heringa J, Hooft RWW, Imming M, Jeffery KG, Schultes E (2020) FAIR Principles: Interpretations and Implementation Considerations. *Data Intell* 2(1–2):10–29. https://doi.org/10.1162/dint_r_00024
- Kellogg G, Champin P-A, Longley D (2019) JSON-LD 1.1 – A JSON-based Serialization for Linked Data (Technical Report). W3C. <https://hal.science/hal-02141614>
- Leelaarporn P, Wachiraphan P, Kaewlee T, Udsa T, Chaisaen R, Choksatchawathi T, Laosirirat R, Lakhan P, Natnithikarat P, Thanontip K, Chen W, Mukhopadhyay SC, Wilaiprasitporn T (2021) Sensor-driven achieving of smart living: a review. *IEEE Sensors J* 21(9):10369–10391. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3059304>
- Lipford HR, Tabassum M, Bahirat P, Yao Y, Knijnenburg BP (2022) Privacy and the Internet of things. In: Knijnenburg BP, Page X, Wisniewski P, Lipford HR, Proferes N, Romano J (Hrsg) *Modern Socio-technical perspectives on privacy*. Springer, S 233–264 https://doi.org/10.1007/978-3-030-82786-1_11
- Loukil F, Ghedira-Guegan C, Benharkat AN, Boukadi K, Maamar Z (2017) Privacy-aware in the IoT applications: a systematic literature review. In: Panetto H, Debruyne C, Gaaloul W, Papazoglou M, Paschke A, Ardagna CA, Meersman R (Hrsg) *On the move to meaningful Internet systems OTM 2017 Conferences*. Springer, S 552–569
- Malina L, Srivastava G, Dzurenda P, Hajny J, Ricci S (2019) A Privacy-Enhancing Framework for Internet of Things Services. In: Liu JK, Huang X (Hrsg) *Network and System Security*, Bd. 11928. Springer, S 77–97 https://doi.org/10.1007/978-3-030-36938-5_5
- Noura M, Atiquzzaman M, Gaedke M (2019) Interoperability in Internet of things: taxonomies and open challenges. *Mob Networks Appl* 24(3):796–809. <https://doi.org/10.1007/s11036-018-1089-9>
- Poletti D (2022) IoT and Privacy. In: Senigaglia R, Irti C, Bernes A (Hrsg) *Privacy and data protection in software services*. Springer, S 175–185 https://doi.org/10.1007/978-981-16-3049-1_15
- Rajadorai KP, Hameed VA, Samuel S (2021) Data protection and data privacy act for BIG DATA governance. In: Das PK, Tripathy HK, Mohd Yusof SA (Hrsg) *Privacy and security issues in big data: an analytical view on business intelligence*. Springer, S 189–211 https://doi.org/10.1007/978-981-16-1007-3_11
- Rantos K, Drosatos G, Demertzis K, Ilioudis C, Papanikolaou A, Kritsas A (2019) ADvoCATE: a consent management platform for personal data processing in the IoT using blockchain technology. In: Lanet J-L, Toma C (Hrsg) *Innovative security solutions for information technology and communications*. Springer, S 300–313 https://doi.org/10.1007/978-3-030-12942-2_23
- Rebstadt J, Kortum H, Hagen S, Thomas O (2021) Towards a transparency-oriented and integrating service registry for the smart living ecosystem, S 1425–1438 (<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/37623>)
- Samuel SSI (2016) A review of connectivity challenges in IoT-smart home. 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), S 1–4 <https://doi.org/10.1109/ICBDSC.2016.7460395>
- Schomakers E-M, Lidynia C, Zieffle M (2020) All of me? Users' preferences for privacy-preserving data markets and the importance of anonymity. *Electron Markets* 30(3):649–665. <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00404-9>
- Sousa PR, Martins R, Antunes L (2020) Empowering users through a privacy middleware watchdog. In: Gritzalis S, Weippl ER, Kotsis G, Tjoa AM, Khalil I (Hrsg) *Trust, privacy and security in digital business*, Bd. 12395. Springer, S 156–170 https://doi.org/10.1007/978-3-030-58986-8_11

- Spiekermann M (2019) Data marketplaces: trends and monetisation of data goods. *Intereconomics* 54(4):208–216. <https://doi.org/10.1007/s10272-019-0826-z>
- Ulbricht M-R, Pallas F (2018) YaPPL—A lightweight privacy preference language for legally sufficient and automated consent provision in IoT scenarios. In: Garcia-Alfaro J, Herrera-Joancomartí J, Livraga G, Rios R (Hrsg) *Data privacy management, cryptocurrencies and blockchain technology*, Bd. 11025. Springer, S 329–344 https://doi.org/10.1007/978-3-030-00305-0_23
- Varadharajan V, Bansal S (2016) Data security and privacy in the Internet of things (IoT) environment. In: Mahmood Z (Hrsg) *Connectivity frameworks for smart devices: the Internet of things from a distributed computing perspective*. Springer, S 261–281 https://doi.org/10.1007/978-3-319-33124-9_11
- vom Brocke J, Simons A, Niehaves B, Niehaves B, Riemer K, Plattfaut R, Cleven A (2009) Reconstructing the giant: on the importance of rigour in documenting the literature search process. *ECIS 2009 proceedings*. <https://aisel.aisnet.org/ecis2009/161>
- Wickramasinghe CI (2023) Best-practice-based framework for user-centric privacy-preserving solutions in smart home environments. In: Longfei S, Bodhi P (Hrsg) *Mobile and ubiquitous systems: computing, networking and services*. Springer, S 101–120 https://doi.org/10.1007/978-3-031-34776-4_6
- Wilkinson MD, Dumontier M, Aalbersberg IJ, Appleton G, Axton M, Baak A, Blomberg N, Boiten J-W, da Silva Santos LB, Bourne PE, Bouwman J, Brookes AJ, Clark T, Crosas M, Dillo I, Dumon O, Edmunds S, Evelo CT, Finkers R, Mons B (2016) The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3(1):160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Wilkowska W, Offermann-van Heek J, Colonna L, Ziefle M (2020) Two faces of privacy: legal and human-centered perspectives of lifelogging applications in home environments. In: Gao Q, Zhou J (Hrsg) *Human aspects of IT for the aged population. Healthy and active aging*, Bd. 12208. Springer, S 545–564 https://doi.org/10.1007/978-3-030-50249-2_39
- Zuiderwijk A, Janssen M, Choenni S, Meijer R, Alibaks RS (2012) Socio-technical impediments of open data. *Electron J E Government* 10(2):156–172

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.