



Begleitende Studie

SET Pilot 3: Einflussfaktoren auf den Smart Meter Rollout

Ein Projekt der

dena

Impressum

Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Tel: +49 30 66 777-0
Fax: +49 30 66 777-699

E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autorinnen und Autoren:

Alexander Dregger, Forschungszentrum Informatik (FZI)
Natalja Kleiner, Forschungszentrum Informatik (FZI)
Tobias Riedel, Forschungszentrum Informatik (FZI)
Jennifer Sonneck, Forschungszentrum Informatik (FZI)
Dr. Susanne Kurowski, dena
Elias Schiafone, dena

Redaktion:

Natalja Kleiner, Forschungszentrum Informatik (FZI)
Rolli Vogel, dena

Stand:

10/2025

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2025) „SET Pilot 3: Einflussfaktoren auf den Smart Meter Rollout“



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die
Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung
der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der
Energiewende.

Inhalt

1 Einleitung	7
1.1 Hintergrund der Studie	7
1.2 Verbindung zum SET Hub Projekt	8
1.3 Zielsetzung und Vorgehen der Studie	8
2 Einflussfaktoren für den Rollout von iMSys(+)	10
2.1 Darstellung der Methodik zur Identifikation von Einflussfaktoren.....	10
2.2 Technisch-regulatorische Einflussfaktoren	11
2.2.1 Steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG	12
2.2.2 EEG-Erzeugungsanlagen über 7 kW Leistung	12
2.2.3 Flexibilitätsdienstleistungen nach § 14c EnWG und Regelenergie	13
2.2.4 1:n-Beziehungen	13
2.2.5 Kommunikationsanbindung	13
2.3 Einflussfaktoren durch innovative Geschäftsmodelle	14
2.3.1 Dynamische Stromtarife.....	14
2.3.2 Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung.....	15
2.3.3 Visualisierung des Energiebedarfs	15
2.3.4 Gebäude-Energiemanagementsysteme	15
2.4 Soziale Einflussfaktoren	16
2.4.1 Sozialpsychologische Einflussfaktoren.....	16
2.4.2 Soziodemographische Einflussfaktoren	17
2.5 Weitere Einflussfaktoren.....	18
3 Wirkung der Einflussfaktoren auf den iMSys(+) -Rollout	19
3.1 Darstellung der Methodik	19

3.1.1	Relevante Studien und Übersichtsarbeiten.....	19
3.1.2	Theoretische Grundlage des Fragebogens	20
3.1.3	Strukturmodell und die Hypothesen	22
3.1.4	Entwicklung des Fragebogens.....	25
3.1.5	Stichprobe und Datenerhebung.....	25
3.2	Deskriptive Ergebnisse.....	26
3.2.1	Soziodemographische Eigenschaften und Repräsentativität der Stichprobe.....	26
3.2.2	Wissen über iMSys(+) und Einbaubereitschaft	27
3.2.3	Ausgewählte deskriptive Ergebnisse.....	30
3.3	Hypothesenprüfung.....	32
4	Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen.....	37
5	Fazit	41
	Literaturverzeichnis	43
	Anhang	46

Executive Summary

Der Rollout intelligenter Messsysteme („Smart Meter“), gegebenenfalls plus Steuerungseinheit, ist von zentraler Bedeutung für die Energiewende. Diese kann nur gelingen, wenn die volatile Erzeugung erneuerbarer Energien und der Energieverbrauch intelligent aufeinander abgestimmt werden. Dabei ist es für die Messstellenbetreiber von entscheidender Bedeutung, den Rollout sorgfältig zu planen, Ressourcenbedarfe abzuschätzen und Ressourcenengpässe zu vermeiden. Da ihr Umfang im Voraus schlecht abschätzbar ist, erschweren insbesondere die über den Pflicht-Rollout hinausgehenden Einbaufälle die Rollout-Planung der Messstellenbetreiber.

Diese Studie soll die zentralen Einflussfaktoren auf den Rollout von intelligenten Messsystemen – insbesondere über die gesetzliche Einbauverpflichtung hinaus – systematisch identifizieren, analysieren und hinsichtlich ihrer quantitativen Wirkung bewerten. In dieser Studie werden die relevanten Einflussfaktoren mittels Literaturrecherche identifiziert, in Interviews validiert und den folgenden drei Kategorien zugeordnet: technisch-regulatorische Einflussfaktoren, durch innovative Geschäftsmodelle bedingte Einflussfaktoren sowie soziale Einflussfaktoren, die das Interesse und die Bereitschaft zum Einbau eines intelligenten Messsystems beeinflussen können. Anschließend werden relevante Einflussfaktoren, die in einer quantitativen Befragung von 392 Verbraucherinnen und Verbrauchern ermittelt wurden, hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Rollout bewertet.

Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen

Auf Basis der quantitativen Erhebung unter Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie der qualitativen Interviews mit Expertinnen und Experten lassen sich für die relevanten Akteurinnen und Akteure – z. B. Messstellenbetreiber, Anbieter dynamischer Tarife und die Politik – folgende Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Rollout-Beschleunigung ableiten:

(1) Einfache Nutzung und Prozesse: Die Risiken bei der Nutzung intelligenter Messsysteme, z. B. im Hinblick auf den Datenschutz, werden seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher als gering eingeschätzt. Positiv beeinflusst wird die Akzeptanz der intelligenten Messsysteme durch Faktoren wie den wahrgenommenen Nutzen und den einfachen Gebrauch. Diese Akzeptanz kann weiter gesteigert werden, indem Beantragung, Einbau und Nutzung der intelligenten Messsysteme von den Messtellenbetreibern möglichst einfach und benutzerfreundlich gestaltet werden. Hardware- und Softwareanbieter sollten gezielt Plug-and-Play-Lösungen mit offenen Schnittstellen entwickeln. So kann eine nahtlose und unkomplizierte Integration der intelligenten Messsysteme mit Verbrauchseinrichtungen, Erzeugungsanlagen und Gebäude-Energiemanagementsystemen erzielt werden. Dies gewährleistet eine höhere Nutzerfreundlichkeit und Kompatibilität.

(2) Kommunikation über intelligente Messsysteme: Die Verbraucherinnen und Verbraucher stehen dem Einbau von intelligenten Messsystemen grundsätzlich positiv gegenüber. Dennoch existiert eine skeptische Minderheit. Messstellenbetreiber und Anbieter von dynamischen Stromtarifen und Visualisierungslösungen sollten die Kommunikation zum Thema „Intelligente Messsysteme“ intensivieren. Dabei sollten insbesondere die möglichen Vorteile verständlich kommuniziert werden, die sich z. B. durch die Kombination des Einbaus eines intelligenten Messsystems mit dem Abschluss eines dynamischen Stromtarifs oder der Anschaffung eines Gebäude-Energiemanagementsystems ergeben.

(3) Gedeckelte Kosten für den Einbau auf Wunsch: Bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern besteht eine durchschnittliche Zahlungsbereitschaft von 52,37 € pro Jahr für die Nutzung eines intelligenten Messsystems. Dabei ist zu beachten, dass die Befragten kein fundiertes Wissen über intelligente Messsysteme und die damit verbundenen Zusatzprodukte und deren Kosten besaßen. Bei der Nutzung dynamischer Tarife sind für die Befragten finanzielle Vorteile im Sinne von Stromkosteneinsparungen zentral. Bei Einbaufällen, die durch innovative Geschäftsmodelle wie z. B. dynamische Tarife motiviert sind, könnte eine angemessene regulatorische Preisdeckelung für den Einbau auf Wunsch der Kundinnen und Kunden als verpflichtende Zusatzleistung der Messstellenbetreiber dazu beitragen, dynamische Tarife verstärkt als treibende Kraft für den Rollout einzusetzen.

(4) Steuerbare Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen als Treiber für Pflichtleinbaufälle: Ein Treiber für den Einbau von intelligenten Messsystemen könnte vor allem die Anschaffung und Nutzung von Elektro- oder Plug-in-Hybridfahrzeugen und die damit verbundene Installation von Ladestationen sein. Da sowohl Ladestationen und andere Verbrauchseinrichtungen als auch Erzeugungsanlagen mit bestimmten Eigenschaften zu einem Pflichtleinbau eines intelligenten Messsystems führen, haben diese Anschaffungsabsichten der Verbraucherinnen und Verbraucher eine erhebliche Relevanz für den Rollout und dessen Planung durch die Messstellenbetreiber. Letztere sollten entsprechende Entwicklungen solcher Anschaffungsabsichten der Verbraucherinnen und Verbraucher bei der Planung berücksichtigen.

(5) Technische Voraussetzungen und Netzabdeckung: Für den erfolgreichen Rollout von intelligenten Messsystemen ist eine flächendeckende und stabile Kommunikationsinfrastruktur essenziell. Neben dem Ausbau des Mobilfunknetzes sollten auch der Glasfaser- und Breitband-Powerline-Ausbau gezielt vorangetrieben werden. Gleichzeitig müssen genügend qualifizierte Fachkräfte für die Installation und Wartung der Systeme zur Verfügung stehen.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen den am Rollout beteiligten Akteurinnen und Akteuren – z. B. Messstellenbetreiber, Anbieter dynamischer Tarife und Politik – ist entscheidend, um technische Lösungen und regulatorische Anforderungen effektiv zu etablieren und umzusetzen. Nur so können diese noch verbraucherfreundlicher gestaltet werden. Daher sollten die Beteiligten aktiv in den Austausch treten und die Ausgestaltung von Hardware, Software und Prozessen gemeinsam – auch unter Einbeziehung der Perspektive der Verbraucherinnen und Verbraucher – vorantreiben.

1 Einleitung

Die Energiewende bedeutet eine Transformation von fossilen Energieträgern hin zu einer Stromversorgung, die auf fluktuierenden, dezentralen erneuerbaren Energien und Speichern basiert. Gerade der volatile Charakter erneuerbarer Energien erfordert jedoch eine intelligente Verknüpfung von Energieerzeugung und -verbrauch. Intelligente Messsysteme, auch Smart Meter genannt, die gegebenenfalls über eine Steuerungseinheit verfügen (iMSys(+)), sollen hierfür in Kombination mit intelligenten Steuerungssystemen eine sichere Infrastruktur bereitstellen. Gleichzeitig bedeutet dies, dass der zügige und erfolgreiche Ausbau einer umfassenden iMSys(+)-Infrastruktur eine essenzielle Grundlage für die Umsetzung der Energiewende in Deutschland bildet. Erfolg und Geschwindigkeit des Rollouts von iMSys(+) werden jedoch von zahlreichen Faktoren beeinflusst, wie etwa dem gesetzlichen Rahmen oder der Akzeptanz bei den Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern.

Auch wenn es bereits einige wenige Studien gibt, welche die allgemeine Akzeptanz von iMSys(+) bei Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern untersuchen, treffen diese bisher keine Aussage darüber, welchen Einfluss die unterschiedlichen Akzeptanzfaktoren auf den tatsächlichen, über den Pflichteinbau hinausgehenden Einbauwunsch der Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher haben. Daher untersucht diese Studie einerseits die begünstigenden und hemmenden Faktoren des kundenseitigen iMSys(+)-Einbaus sowie deren Auswirkungen auf den Rollout. Andererseits analysiert sie, wie diese Erkenntnisse gezielt genutzt werden können, um den Rollout effizient zu steuern und zu beschleunigen.

Während ein iMSys aus einer modernen Messeinrichtung (mME) und einem Smart Meter Gateway (SMGW) besteht, wird bei einem intelligenten Mess- und Steuerungssystem an das iMSys zusätzlich ein Steuerungssystem (iMSys+) angebunden. Sofern sich die Angaben der Studie im Folgenden auf beide Systeme beziehen, d. h. iMSys mit oder ohne Anbindung eines Steuerungssystems, wird die Abkürzung iMSys(+) verwendet.

1.1 Hintergrund der Studie

Als technisches Kernelement der Digitalisierungsstrategie dient das iMSys(+) der Erreichung der von der Bundesregierung festgelegten energiepolitischen Ziele. Diese sind im Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GND EW) formuliert. Gemäß dem im Messstellenbetriebsgesetz (MsB G) geregelten Rollout-Fahrplan soll bis spätestens 2032 die Mehrzahl der Pflichteinbaufälle mit iMSys(+) ausgestattet sein. In der Praxis hat sich bisher jedoch gezeigt, dass die Einführung dieser neuen Technologie nur moderat voranschreitet.

Neben den regulatorischen und technischen Rahmenbedingungen beeinflusst auch die Akzeptanz der Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher den iMSys(+)-Rollout. Daher spielen Faktoren eine wichtige Rolle, die sich auf die Bereitschaft der Bevölkerung zur Nutzung von iMSys(+) auswirken. So ist zum Beispiel die gesetzliche Preisobergrenze (POG) im MsB G entscheidend, wenn es um die Abwägung zwischen der wirtschaftlichen Rentabilität für Messstellenbetreiber (MSB) und der finanziellen Akzeptanz für Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher geht. Weitere Einflussfaktoren, die den Nutzen und die Attraktivität von iMSys(+) für Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher steigern, können den freiwilligen Einbau eines iMSys(+) begünstigen. Hierzu zählen beispielweise dynamische Tarife.

Ein tieferes Verständnis dieser Einflussfaktoren ist für die Energiewirtschaft und die Entwicklung von Technologien und Strategien zum Rollout von entscheidender Bedeutung. Es hilft dabei, die benötigten Ressourcenkapazitäten für die MSB besser abzuschätzen, proaktiv auf Hemmnisse beim Rollout zu reagieren und diesen durch begünstigende Einflussfaktoren aktiv voranzutreiben.

1.2 Verbindung zum SET Hub Projekt

Um den gesetzlich vorgegebenen Rollout-Fahrplan erfüllen zu können und die dafür notwendigen und verfügbaren Ressourcenkapazitäten abzuschätzen, ist es für die MSB wichtig, eine eigene Planung des iMSys(+) - Rollouts vorzunehmen. Im dritten Piloten des Start-up Energy Transition Hub (SET Hub) Projekts wurde ein Softwareplanungstool für MSB entwickelt, das sie bei der Planung und Steuerung des Rollouts von iMSys(+) unterstützen soll. Das Softwareplanungstool führt verfügbare Daten zusammen, bildet die Ist- und Sollzustände ab und stellt verschiedene Rollout-Szenarien dar. Dabei werden auch relevante Faktoren wie beispielsweise kundenindividuelle Wünsche, die einen Einfluss auf den Rollout haben, in dem Tool berücksichtigt. Sie fließen gemäß ihrer Auswirkung in die Rollout-Planung ein.

Diese Studie wird begleitend zum dritten Piloten des SET Hub Projekts durchgeführt, um die relevanten Einflussfaktoren und insbesondere deren Wirkung auf den kundengetriebenen Einbauwunsch von Letztverbraucherinnen und Letzterbrauchern und damit auf den iMSys(+) - Rollout zu bestimmen.

1.3 Zielsetzung und Vorgehen der Studie

Es wurden bereits wenige Studien zur Akzeptanz von iMSys(+) und intelligenten Energiedienstleistungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind jedoch begrenzt und konzentrieren sich überwiegend auf allgemeine technologische Akzeptanzfaktoren im Rahmen der Digitalisierung.

Das Ziel dieser Studie ist es, wesentliche Einflussfaktoren, die über die gesetzliche Einbauverpflichtung hinausgehen, systematisch zu identifizieren, zu untersuchen und anhand ihrer quantitativen Wirkung zu bewerten. Dabei werden sowohl rein objektive Einflussfaktoren wie technische Anforderungen, gesetzliche Rahmenbedingungen und betriebswirtschaftliche Aspekte als auch subjektive, verbraucherzentrierte Faktoren wie die wahrgenommene Nützlichkeit sowie individuelle umweltbezogene Motive betrachtet.

Die Ergebnisse der Studie fördern das bessere Verständnis der unterschiedlichen Einflussfaktoren und insbesondere deren Wirkung auf den Rollout. Dies hilft wiederum dabei, den iMSys(+) - Rollout besser zu verstehen, zu planen und zu steuern sowie langfristig die Akzeptanz von iMSys(+) in der breiten Bevölkerung zu fördern.

Die Durchführung der Studie erfolgte in drei Schritten:

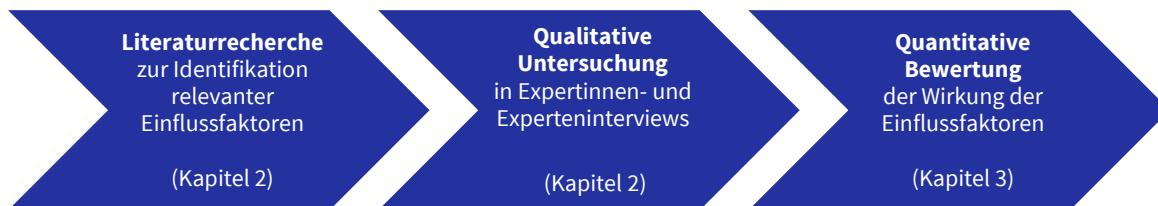


Abbildung 1 Vorgehensweise der Studie

Zunächst wurde in einer Literaturrecherche ermittelt, welche Einflussfaktoren den iMSys(+) Rollout beeinflussen. Diese wurden anschließend in qualitativen Interviews mit Expertinnen und Experten validiert und ergänzt (Kapitel 2). Im Sinne eines Mixed-Methods-Ansatzes wurde zusätzlich die qualitative Erhebung mit einer quantitativen Befragung von Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern zur Bewertung der Wirkung dieser Einflussfaktoren auf den iMSys(+) Rollout verknüpft (Kapitel 3). Mithilfe dieser Methodenkombination konnten die vorherigen Ergebnisse validiert, quantifiziert und ergänzt werden. Dadurch ist eine umfassende, fundierte und praxisnahe Einschätzung der Einflussfaktoren sowie eine Ableitung von Handlungsempfehlungen für einen erfolgreichen Rollout von iMSys(+) möglich (Kapitel 4).

2 Einflussfaktoren für den Rollout von iMSys(+)

Der Erfolg des iMSys(+)-Rollouts ist von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig, die im Rahmen dieser Studie in drei Kategorien unterteilt werden: technisch-regulatorische, innovationsgetriebene und soziale Einflussfaktoren.

Technisch-regulatorische Einflussfaktoren umfassen alle durch das MsbG und Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) vorgeschriebenen Pflichteinbaufälle, z. B. bei einem Jahresstrombedarf von über 6.000 kWh, der Installation neuer Erzeugungsanlagen mit einer Leistung über 7 kW sowie der Neuanschaffung einer steuerbaren Verbrauchseinrichtung (steuVE) nach § 14a EnWG.

Einflussfaktoren durch innovative Geschäftsmodelle beschreiben die durch Inanspruchnahme innovativer Geschäftsmodelle oder Produkte einhergehenden iMSys(+)-Ausstattungen. Diese Einbaufälle gehen über Pflichteinbaufälle hinaus und umfassen z. B. dynamische Stromtarife sowie weitere innovative Anwendungsfälle, bei denen eine Realisierung über die iMSys(+)-Infrastruktur naheliegend ist.

Soziale Einflussfaktoren beschreiben personenbezogene Merkmale, die das Interesse und die Bereitschaft zum Einbau eines iMSys(+) beeinflussen können. Dazu zählen sozialpsychologische Faktoren wie Technologieverständnis und Technikaffinität. Weitere soziale Einflussfaktoren sind soziodemographische Merkmale wie Alter und Geschlecht, aber auch sozioökonomische Aspekte wie Bildungsstand, Beruf, Einkommen und Wohneigentum. Ebenso spielen regionale Faktoren wie die Größe des Wohnorts eine Rolle. Anhand dieser Faktoren lässt sich ableiten, welche Bevölkerungsgruppen besonders offen für den Einsatz der iMSys(+-Technologie sind.

2.1 Darstellung der Methodik zur Identifikation von Einflussfaktoren

Die relevanten Einflussfaktoren des iMSys(+)-Rollouts wurden mittels einer umfassenden Literaturrecherche identifiziert. Diese stützte sich auf rechtliche und regulatorische Quellen wie das MsbG, das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das EnWG, Verordnungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE), Festlegungen der Bundesnetzagentur (BNetzA) und des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) sowie auf wissenschaftliche Studien und Berichte zur Akzeptanz durch die Verbraucherinnen und Verbraucher sowie zu sozioökonomischen Faktoren. Durch eine systematische Analyse relevanter Publikationen wurden zentrale Einflusskategorien ermittelt. Die Recherche folgte einem mehrstufigen Ansatz, bei dem relevante Suchbegriffe definiert, Publikationen gesichtet und durch das Schneeballsystem weitere Quellen einbezogen wurden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden semistrukturierte Interviews mit Expertinnen und Experten durchgeführt, um die gewonnenen Erkenntnisse zu validieren. Dazu wurde ein Interviewleitfaden entwickelt, der sich auf Einflussfaktoren durch innovative Geschäftsmodelle sowie auf soziale und technische Einflussfaktoren konzentrierte, da regulatorische Faktoren bereits gesetzlich festgelegt sind. Die Interviews ermöglichen eine Klärung der offenen Fragen, die Identifizierung von weiteren Einflussfaktoren sowie die Prüfung der Relevanz bestehender Erkenntnisse aus der Literatur. Die Leitfragen wurden vorab an die TeilnehmerInnen versendet, während die Vertiefungsfragen flexibel eingesetzt wurden.

Um ein breites Meinungsspektrum sicherzustellen, wurden fünf Fachleute aus den Bereichen der MSB und Stromanbieter ausgewählt. Die Interviews wurden zwischen dem 21. und 31. Oktober 2024 virtuell durchge-

führt, um eine bundesweite Teilnahme zu ermöglichen. Die etwa 60-minütigen Gespräche folgten einem offenen, aber semistrukturierten Ansatz, um sowohl konkrete Antworten als auch neue Perspektiven zu erfassen.

Die Interviews wurden transkribiert und thematisch analysiert, indem die Aussagen in Kategorien eingeordnet wurden, die sich aus der Literaturrecherche ergaben. Dadurch konnten zentrale Muster erkannt und bisher unberücksichtigte Aspekte ergänzt werden. Die Ergebnisse lieferten wertvolle Einblicke in die Einflussfaktoren sowie die praktischen Herausforderungen des iMSys(+)-Rollouts und dienten als Grundlage für die weitere Analyse.

2.2 Technisch-regulatorische Einflussfaktoren

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten mehrere Pflichteinbaufälle gemäß MsbG identifiziert werden.

So müssen gemäß § 29 MsbG (Bundestagsbeschluss vom 31.01.2025) Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher mit iMSys(+) ausgestattet werden, auf die mindestens eine der folgenden Eigenschaften zutrifft:

- Jahresstromverbrauch größer als 6.000 Kilowattstunden (kWh)
- Erzeugungsanlagen mit einer Leistung über 7 Kilowatt (kW)
- SteuVE im Sinne des § 14a EnWG

Nach § 34 MsbG bestehen zudem iMSys(+) -Ausstattungspflichten für:

- Flexibilitätsdienstleistungen nach § 14c EnWG (§ 34 Abs. 1 Ziff. 8b MsbG) sowie
- Regelenergie ab dem Jahr 2028 (§ 34 Abs. 2 Ziff. 5 MsbG).

Zudem ist auch die technische Umsetzung und Anbindung von Zählern über ein iMSys(+) in folgenden weiteren Fällen naheliegend:

- Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung, für die eine viertelstündliche Messung vorgeschrieben ist (§ 42b Abs. 1 Ziff. 3 EnWG)
- 1:n-Beziehungen, zur Anbindung weiterer Zähler an ein gemeinsames SMGW

Für die erste Gruppe nach § 29 MsbG gibt es in § 45 MsbG einen gesetzlichen Rollout-Plan, in dem Quoten und Fristen festgelegt sind. Der gesetzliche Pflicht-Rollout betrifft grundzuständige MSB. Bis zur MsbG-Novelle bezog sich der Pflicht-Rollout auf den Anteil der Messstellen, die mit einem iMSys(+) ausgestattet werden müssen. Seit der MsbG-Novelle 2025 bezieht sich der Pflicht-Rollout bei Erzeugungsanlagen auf die installierte Leistung. Es besteht also der Anreiz, größere Erzeugungsanlagen bevorzugt mit einem iMSys(+) auszustatten.

An Standorten, die über eine Installation neuer Erzeugungsanlagen mit einer Leistung über 7 kW oder einer SteuVE nach § 14a EnWG verfügen, muss gemäß der aktuellen MsbG-Novelle zudem ein Steuerungssystem verbaut werden. Während ein iMSys aus einer mME und einem SMGW besteht, wird bei einem iMSys+ an das iMSys zusätzlich ein Steuerungssystem angebunden.

Insbesondere die Standorte mit einem Verbrauch von über 6.000 kWh und die Erzeugungsbestandsanlagen mit einer elektrischen Leistung von über 7 kW haben durch die vorgegebenen Quoten eine planbare Auswirkung auf den Rollout von iMSys(+) und können somit direkt bei der Planung berücksichtigt werden.

2.2.1 Steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG

Die gleichzeitige Installation eines iMSys+ kann erforderlich werden, wenn eine Letztverbraucherin oder ein Letztverbraucher eine Ladestation für Elektrofahrzeuge, eine Wärmepumpe, eine Klimaanlage oder eine Batterie neu einbauen lassen möchte. Dies ist darin begründet, dass Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, Klimaanlagen und Batterien mit einer elektrischen Leistung von über 4,2 kW im Niederspannungsnetz gemäß § 14a EnWG seit dem 1. Januar 2024 im Notfall durch den Netzbetreiber steuerbar sein müssen, um Netzengpässe aufzulösen. Im Gegenzug werden die Netzentgelte für die betroffenen Verbraucherinnen und Verbraucher reduziert, selbst wenn nicht steuernd eingegriffen wird (Beschlüsse BK6-22-300 und BK8-22/010-A der BNetzA). Sämtliche Einfamilienhaushalte und die meisten Mehrfamilienhaushalte sind an das Niederspannungsnetz angeschlossen. Nur einige Quartiere mit großen Mehrfamilienhaushalten und Tiefgaragen mit Ladestationen sind an das Mittelspannungsnetz angeschlossen und daher nicht von den Regelungen des § 14a EnWG betroffen. Ladestationen beziehen üblicherweise 11 oder 22 kW Leistung und fallen somit fast immer unter die erfassten Anlagen des § 14a EnWG. Wärmepumpen, Klimaanlagen und Batterien können hingegen auch mit weniger als 4,2 kW elektrischer Leistung installiert werden. Während Klimaanlagen typischerweise unter dem Schwellwert von 4,2 kW elektrischer Leistung liegen und die Einbauabsicht dieser Anlagen daher nur selten einen Effekt auf den iMSys(+)-Rollout hat, haben Wärmepumpen, die ein Einfamilien- oder Mehrfamilienhaus beheizen, üblicherweise eine elektrische Leistung von mehr als 4,2 kW. Sie zählen dabei steuVE im Sinne des § 14a EnWG, deren Steuerung ausschließlich über iMSys+ erfolgen darf.

Die Mehrzahl der Haushalte ist somit vom Pflichteinbau betroffen, sobald sie eine neue Ladestation oder Wärmepumpe installieren. Daher ist dieser Faktor für den iMSys(+)-Rollout sehr relevant. Bestandsanlagen, die vor dem 1. Januar 2024 in Betrieb genommen wurden, sind von dieser Regelung ausgenommen, können jedoch freiwillig in die neue Regelung wechseln. Hierfür besteht ein attraktiver ökonomischer Anreiz, da die Haushalte in diesem Fall von reduzierten Netzentgelten profitieren. Die Relevanz für die Ausstattung mit iMSys+ wird somit weiter erhöht.

2.2.2 EEG-Erzeugungsanlagen über 7 kW Leistung

Entschließt sich eine Letztverbraucherin oder ein Letztverbraucher zur Installation einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage), kann dies gleichzeitig die Installation eines iMSys+ erfordern, da PV-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von über 7 kW gemäß § 29 Abs. 1 Ziff. 2b MsbG mit einem iMSys+ ausgestattet werden müssen (Änderung durch den Bundestag am 31.01.2025). Diese Anlagengröße ist bei heutiger Technik mit ca. 20 PV-Modulen erreicht, sodass ein Großteil der Aufdachanlagen von dieser Regelung betroffen sein dürfte. Auch Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sind von dieser Regelung erfasst, spielen aber im Vergleich zu PV-Anlagen eine vernachlässigbare Rolle¹.

Direktvermarktung und Fernsteuerbarkeit von größeren PV-Anlagen und KWK-Anlagen: Darüber hinaus gibt es auch weitere regulatorische Anwendungsfälle, die dazu führen, dass Gebäude mit iMSys+ ausgestattet werden. Dies betrifft Erzeugungsanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von über 100 kW, die durch den Netzbetreiber fernsteuerbar sein müssen (§ 13a EnWG). Diese Anlagen müssen ihren Strom in aller Regel auch direkt vermarkten (§ 21 Abs. 1 Ziff. 1 EEG). Die Direktvermarktung setzt zwar nicht zwingend ein iMSys(+) voraus, dieses muss jedoch verwendet werden, sobald es eingebaut ist. Bis dahin muss eine

¹ Das Marktstammdatenregister der BNetzA listet beispielsweise etwas mehr als 500 Megawatt (MW) Nennleistung von Erdgas-betriebenen Anlagen mit je weniger als 50 kW auf (üblicherweise KWK-Anlagen), während die installierte PV-Leistung in Deutschland bei über 92.000 MW liegt (Stand 2/2025)

Kommunikationstechnik verwendet werden, die dem Stand der Technik genügt (§ 10b Abs. 2 EEG). Das bedeutet, dass bei diesen PV-Anlagen in Zukunft keine zusätzliche Messtechnik verbaut wird, sondern iMSys+ verwendet werden, die gleichzeitig für mehrere Zwecke eingesetzt werden können. 100-kW-Anlagen sind nur auf Mehrfamilienhäusern möglich, da PV-Anlagen dieser Größe auf Einfamilienhäusern üblicherweise nicht installierbar sind. Die Relevanz dieses Faktors ist somit abhängig davon, ob der jeweilige Dienstleister ein iMSys+ für die Fernsteuerbarkeit und Direktvermarktung einsetzen möchte.

2.2.3 Flexibilitätsdienstleistungen nach § 14c EnWG und Regelenergie

Die Flexibilität im Energieverbrauch, z. B. bei Batteriespeichern oder Elektrofahrzeugen, kann an Netzbetreiber vermarktet werden. Diese rufen bei Bedarf eine flexible Leistungserhöhung oder -reduktion ab, um die Netze zu stabilisieren. Die Grundlagen hierfür sind lokale Flexibilitätsdienstleistungen im Rahmen des § 14c EnWG (Verteilnetz) und der Verkauf von Regelenergie (Übertragungsnetz). Die lokalen Flexibilitätsdienstleistungen müssen bereits heute (§ 34 Abs. 1 Ziff. 8b) und die Regelenergie ab 2028 (§ 34 Abs. 2 Ziff. 5) über iMSys(+) realisiert werden. Beide Anwendungsfälle sind bislang in der Praxis nicht über iMSys(+) umgesetzt. Es können sich jedoch neue Geschäftsmodelle bei Energiemanagement-Dienstleistungsunternehmen auf dieser Basis entwickeln. Kundinnen und Kunden könnten hier Haushalte mit flexiblen Anlagen sein, insbesondere Batterien, Ladestationen und Wärmepumpen. Diese könnten dann mit ihrer Flexibilitätserbringung am Vermarktungserlös der Flexibilität beteiligt werden. Die Relevanz ist bislang eher niedrig, da lokale Flexibilitätsdienstleistungen noch nicht konkretisiert sind und Regelenergie bis 2028 ohne iMSys(+) zulässig ist.

2.2.4 1:n-Beziehungen

Zusätzlich zu den oben aufgeführten, durch Literaturrecherche ermittelten regulatorischen Einflussfaktoren nannten die befragten Expertinnen und Experten die 1:n-Beziehungen als wichtigen technischen Faktor für den iMSys(+) Rollout. 1:n-Beziehungen können die betriebswirtschaftlichen Kosten der MSB optimieren, wenn mehrere mME an ein gemeinsames SMGW angeschlossen werden. MSB werden dadurch in die Lage versetzt, im Rahmen eines regulären Zählerwechsels nicht nur den Pflichteinbaufall mit einem iMSys(+) auszustatten, sondern gegebenenfalls weitere mME als optionale Einbaufälle mit an den SMGW anzubinden. Auch die Möglichkeit des 1:n-Meterings zur gemeinsamen Messung von mehreren Sparten (Strom, Gas, Wasser etc.) wird von den Fachleuten als vorteilhaft für die Verbraucherinnen und Verbraucher und damit positiv für den Rollout eingeschätzt.

2.2.5 Kommunikationsanbindung

Als weiteren technischen Faktor von Bedeutung nannten die befragten Expertinnen und Experten die Kommunikationsanbindung der iMSys(+). Nach ihrer Einschätzung wirkt sich die Kommunikationsanbindung über Wide Area Network (WAN) hemmend auf den Rollout aus, da insbesondere in Kellern installierte Long-Term-Evolution-Gateways (LTE-Gateways) häufig unzuverlässig und unerreichbar sind.

2.3 Einflussfaktoren durch innovative Geschäftsmodelle

Ergänzend zu den technisch-regulatorischen Einflussfaktoren können innovative Geschäftsmodelle den Wunsch nach einem iMSys(+)-Einbau beschleunigen oder hemmen. Dies kann beispielsweise bei der Nutzung eines dynamischen Stromtarifs oder zur Visualisierung des eigenen Energieverbrauchs der Fall sein.

2.3.1 Dynamische Stromtarife

Ab dem 1. Januar 2025 sind alle Stromlieferanten dazu verpflichtet, Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern, die ein iMSys(+) verbaut haben (§ 41a EnWG), dynamische Tarife anzubieten. Kundinnen und Kunden, die einen bilanzierbaren dynamischen Tarif abschließen möchten, benötigen also ein iMSys(+). Verfügen sie bereits über ein iMSys(+), haben sie den Anspruch auf einen dynamischen Stromtarif. Alle Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher mit der Möglichkeit, ihren Verbrauch dynamisch anzupassen (in der Regel durch ein Energiemanagementsystem), können ihren Verbrauch somit marktseitig optimieren, d.h. durch Preissignale im Rahmen dynamischer Tarife. Dynamische Tarife sind insbesondere für Haushalte interessant, die durch die Existenz eines Elektrofahrzeugs oder einer Wärmepumpe den Verbrauch große Energiemengen zeitlich verschieben können. Ist zusätzlich eine größere PV-Anlage installiert, verliert ein dynamischer Tarif hingegen oft an Attraktivität, da die Strompreise an der Börse üblicherweise dann am niedrigsten sind, wenn die Sonne scheint. Zu diesem Zeitpunkt benötigen die Haushalte in der Regel jedoch aufgrund der installierten Erzeugungsanlage ohnehin keinen oder wenig Strom aus dem Netz. Die befragten Fachleute teilen diese Auffassung. Sie weisen zudem darauf hin, dass dynamische Tarife – wenngleich in Deutschland bislang wenig verbreitet – ähnlich wie in den skandinavischen Ländern einen positiven Einfluss auf den Rollout haben können. Daher sehen die Expertinnen und Experten die Verknüpfung von iMSys(+) mit dynamischen Tarifen als essenziell für die Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit an.

Da die Bilanzierung und Abrechnung dynamischer Stromtarife ausschließlich über iMSys(+) vorgesehen ist, ist dieser Einflussfaktor auf den Rollout grundsätzlich als sehr hoch einzuschätzen. Die Rentabilität dynamischer Tarife oder anderer innovativer Geschäftsmodelle (vgl. Kapitel 2.3.2 und 2.3.3) ist dabei jedoch entscheidend für deren Verbreitung. Laut MsbG ist die POG für iMSys(+), die auf Wunsch von Kundinnen und Kunden installiert werden, gedeckelt. Gemäß § 35 Abs. 1 MsbG werden eine zusätzliche jährliche Bestellungs-POG von 30 € sowie eine einmalige Bestellungs-POG von 100 € als angemessen betrachtet. Dennoch können MSB mit Nachweis höherer Einbaukosten weitaus höhere Beträge verlangen. Einige Anbieter dynamischer Tarife kritisieren, dass in manchen Fällen Bestellpreise von über 800 € aufgerufen werden. Diese hohen Investitionskosten schwächen den Innovationsfaktor dynamischer Tarife erheblich, da sich eine Rentabilität nur noch in Ausnahmefällen erzielen lässt (Dierks, 2025).

Grundsätzlich lässt sich feststellen: Steigen die Kosten für die iMSys(+)-Installation (höhere POG), sinkt die Rentabilität dynamischer Tarife und anderer innovativer Geschäftsmodelle, was die Marktdurchdringung verringert. Die befragten Expertinnen und Experten fordern daher eine faire Kostenverteilung zwischen Netzbetreibern, MSB und den Verbraucherinnen und Verbrauchern, um finanzielle Verluste für die MSB zu vermeiden und ausreichende Anreize für die Verbraucherinnen und Verbraucher zu schaffen. Insbesondere einkommensschwache Haushalte werden durch hohe Installationskosten und laufende Gebühren von der iMSys(+)-Nutzung abgeschreckt (Bergsträßer, 2022). Ohne erkennbare Einsparungen sinkt die Bereitschaft zur Nutzung von iMSys(+) erheblich (ebd.).

2.3.2 Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung

Seit Mai 2024 ist es möglich, den auf den Dächern von Mehrparteienhäusern erzeugten Solarstrom dynamisch auf die einzelnen Wohnparteien aufzuteilen. Die vertragliche Beziehung kann dabei individuell gestaltet werden. Beispielsweise können vier Parteien vereinbaren, dass sie jederzeit jeweils 25 % des von der gemeinsamen PV-Anlage erzeugten Stroms beziehen können. Dafür müssen der Strombezug aller Parteien und die Erzeugungsleistung der PV-Anlage viertelstündlich gemessen werden (§ 42b Abs. 1 Ziff. 3 EnWG). Dabei ist ein iMSys(+) zwar nicht gesetzlich vorgeschrieben, bietet sich jedoch an, um einem potenziellen späteren Pflichteinbau vorzukommen. Der Einbau ist bei Mehrparteienhäusern mit einer PV-Anlage von unter 100 kW relevant, da Anlagen mit über 100 kW eher über Dienstleistungsunternehmen betrieben werden (Mieterstrom, Direktvermarktung). Da diese Regelung des § 42b EnWG erst seit Mai 2024 in Kraft ist, wurde sie bisher kaum umgesetzt.

2.3.3 Visualisierung des Energiebedarfs

Ein iMSys(+) ermöglicht die Visualisierung nicht nur der aktuellen, sondern auch der historischen Verbrauchswerte, beispielsweise in einem Webportal oder einer Smartphone-Anwendung. Dadurch erhalten Kundinnen und Kunden eine höhere Transparenz ihres Stromverbrauchs. Zudem sind mit diesen Daten weitere Dienstleistungen von sogenannten Energieserviceanbietern (ESA) denkbar. Es könnten beispielsweise die Verbrauchsdaten analysiert und Energiespartipps ausgegeben werden oder die Daten könnten von Installationsfirmen für die optimale Planung der PV-Anlage oder Speichereinrichtungen herangezogen werden. Eine mögliche Zielgruppe sind – insbesondere technisch versierte – Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher, die ihren Stromverbrauch besser verstehen und optimieren möchten.

Obgleich technisch kostengünstige Alternativen zu iMSys(+) existieren, um den eigenen Stromverbrauch zu messen und zu analysieren (beispielsweise ein zusätzliches Messgerät oder ein Infrarot-Lesekopf), kann dieser Einflussfaktor aufgrund der technischen Alternativen als moderat eingestuft werden. Auch die befragten Expertinnen und Experten bestätigen diese Einschätzung. Zwar sehen sie Potenzial für den iMSys(+)-Rollout in der Möglichkeit, den eigenen Energieverbrauch zu visualisieren, haben jedoch bislang keine Nachfrage vonseiten der Verbraucherinnen und Verbraucher festgestellt.

2.3.4 Gebäude-Energiemanagementsysteme

Energiemanagementsysteme (EMS) haben neben der Eigenverbrauchsmaximierung den Zweck, die teilweise oben beschriebenen Anwendungsfälle zu erfüllen, darunter die Visualisierung, die Flexibilitätsvermarktung, die Steuerung von Anlagen nach § 14a EnWG oder die Optimierung hinsichtlich dynamischer Tarife. Da aktuell aus iMSys(+) meist keine Messdaten in ausreichender Granularität für EMS zur Verfügung stehen, treibt die Verbreitung von EMS nicht zwingend den iMSys(+)-Rollout voran. Die in der für SMGW relevanten BSI-Richtlinie BSI TR 03109-1 Version 2.0 vorgesehene maschinenlesbare Schnittstelle ist seit dem 13. Dezember 2024 in Kraft, zum Zeitpunkt dieser Studie jedoch noch nicht umgesetzt. Bis die Granularität der Messdaten aus dem iMSys(+) für EMS ausreichend ist (beispielsweise sekündlich für die Regelung am Netzzchlusspunkt), werden EMS-Herstellerunternehmen eigene Messtechnik verbauen, anstatt das iMSys(+) zu verwenden. Die befragten Expertinnen und Experten schätzen EMS grundsätzlich auch als entscheidend für die Nutzung von iMSys(+) ein. Gleichzeitig weisen sie jedoch auf die Notwendigkeit von verbesserter Interoperabilität und Plug-and-Play-Lösungen hin, um technische Hürden zu reduzieren.

2.4 Soziale Einflussfaktoren

Neben dem technisch-regulatorischen Rahmen sowie der Einbauabsicht aufgrund innovativer Geschäftsmodelle können auch soziopsychologische Faktoren wie Technikverständnis und individuelle Einstellungen sowie demographische Faktoren den Rollout von iMSys(+) beeinflussen.

2.4.1 Sozialpsychologische Einflussfaktoren

Technologieverständnis und Technikaffinität: Ein mangelndes Verständnis von Nutzen und Funktionsweise von iMSys(+) kann die Akzeptanz und das Vertrauen beeinträchtigen, während ein fundiertes Verständnis der Technologie sowie eine ausgeprägte Technikaffinität wesentlich zur Steigerung der Akzeptanz beitragen können. Technikaffine Nutzerinnen und Nutzer sind in der Lage, die Vorteile neuer Technologien schneller zu erkennen und zu bewerten. Eine geringe digitale Kompetenz, insbesondere bei älteren Nutzerinnen oder Nutzern, oder fehlende Informationen erschweren hingegen die Nachvollziehbarkeit der Vorteile (Bergsträßer, 2022; Holl et al., 2021). Daher benötigen weniger technikversierte Gruppen bei bestehenden Unsicherheiten gezielte Unterstützungsmaßnahmen, um Hemmschwellen abzubauen und Vertrauen in die Anwendung zu entwickeln (Rajaguru & Johansson, 2024). Dies bestätigen auch die interviewten Expertinnen und Experten. Ihrer Aussagen zufolge können vereinfachte Plug-and-Play-Lösungen und ansprechende Apps zur Verbrauchsvisualisierung dabei helfen, auch weniger technikaffine Personen bezüglich der iMSys(+)-Installation anzusprechen.

Umweltbewusstsein hat gemäß der Literaturrecherche einen signifikanten Einfluss auf die Akzeptanz von iMSys(+). Personen mit einem ausgeprägten Umweltbewusstsein nutzen iMSys(+) häufiger. Dies ist insbesondere auf die Möglichkeit zurückzuführen, dank der besseren Transparenz den eigenen Energieverbrauch zu reduzieren und somit einen größeren Beitrag zum Umweltschutz zu leisten (Gumz et al., 2022; Vetter et al., 2024). Da die Relevanz dieses Faktors für den iMSys(+)-Rollout von den interviewten Expertinnen und Experten unterschiedlich bewertet wurde, ist eine Überprüfung im Rahmen der quantitativen Befragung besonders wichtig.

Privatsphäre, Cybersicherheit und Energieversorgungssicherheit: Bedenken im Hinblick auf den Missbrauch persönlicher Daten und Cybersicherheitsrisiken wie Hacking oder Datenlecks können hemmend wirken. Sie schmälern das Vertrauen in Technologien wie iMSys(+) (Bergsträßer, 2022). Die befragten Expertinnen und Experten betrachten den Datenschutz ebenfalls als wichtigen Aspekt, sehen ihn angesichts der strengen Sicherheitsvorgaben für die vom MSB verwalteten Messdaten und des damit einhergehenden hohen Vertrauens der Verbraucherinnen und Verbraucher nicht als relevanten Hemmfaktor für den iMSys(+) - Rollout. Eine umfassende Informationsvermittlung (z.B. durch Informationskampagnen, Leitfäden) durch Behörden und Unternehmen an Verbraucherinnen und Verbraucher hinsichtlich der Sicherheitsstandards halten die befragten Expertinnen und Experten jedoch für einen relevanten Einflussfaktor für den Erfolg des Rollouts. Die Expertinnen und Experten schätzen Energieengpässe grundsätzlich als unwahrscheinlich ein, die Sorge vor Stromausfällen könnte dennoch die Akzeptanz von iMSys(+) beeinträchtigen. Dies könnte sich aus Sicht der Expertinnen und Experten negativ auf den iMSys(+)-Rollout auswirken. Nach ihrer Einschätzung assoziieren Verbraucherinnen und Verbraucher die iMSys(+) möglicherweise mit Energieversorgungsengpässen.

Zeitaufwand und Eingriff in den Alltag: Einbau und Installation von iMSys(+) erfordern Zeit und könnten den Alltag der Verbraucherinnen und Verbraucher stören (Tounquet & Alaton, 2019). Die Expertinnen und

Experten stuften die Bedeutung dieses Faktors jedoch als sehr gering ein. Er wird in der quantitativen Befragung daher nicht weiter untersucht.

Gesundheitsrisiken: Bedenken hinsichtlich möglicher Gesundheitsrisiken durch drahtlose Technologien können ebenfalls zur Skepsis beitragen (Tounquet & Alaton, 2019). Auch diesen Faktor schätzen die interviewten Fachleute als wenig relevant für den iMSys(+) Rollout ein. Daher wird er in der quantitativen Befragung nicht weiter betrachtet.

2.4.2 Soziodemographische Einflussfaktoren

Während sich die technisch-regulatorischen Einflussfaktoren objektiv aus gesetzlichen Vorgaben ableiten lassen, sind die durch innovative Geschäftsmodelle bedingten Einflussfaktoren subjektiv geprägt, unter anderem durch soziodemographische Faktoren. Soziodemographische Merkmale wie Alter, Einkommen und Bildungsstand können die Wahrnehmung und Akzeptanz von iMSys(+) beeinflussen. Somit haben soziodemographische Faktoren einen fördernden oder hemmenden Effekt auf die durch innovative Geschäftsmodelle bedingten Einflussfaktoren. Eine fundierte Analyse dieser Faktoren ist daher wichtig, um die Akzeptanz des iMSys(+) Einbaus differenziert zu verstehen und gezielt zu fördern.

Alter: Ältere Menschen haben aufgrund altersbedingter kognitiver Veränderungen, wie verringelter geistiger Flexibilität und fluider Intelligenz, häufig größere Schwierigkeiten bei der Übernahme neuer Technologien (Charles & Carstensen, 2010). Während Haushalte mit älteren Personen oft skeptischer sind, können diese bei Vorhandensein von spezifischem Wissen, wie etwa über iMSys(+), sogar als „Early Adopters“ auftreten (Chawla et al., 2020). Nach Erfahrung der befragten Expertinnen und Experten spielt das Alter für die Akzeptanz von iMSys(+) eher eine untergeordnete Rolle.

Geschlecht: Männer verfügen häufiger über mehr Wissen zu iMSys(+) als Frauen (Hitschfeld, 2017). Seitens der Expertinnen und Experten war jedoch keine Einschätzung möglich, inwiefern dies eine Auswirkung auf den iMSys(+) Rollout hat.

Die **Haushaltsgröße** im Sinne der Anzahl der Personen, die im Haushalt leben, beeinflusst sowohl den Energieverbrauch als auch das Einsparpotenzial durch iMSys(+). Größere Haushalte, die aufgrund ihres Verbrauchs noch unterhalb der Grenze für den Pflicht-Rollout liegen, könnten besonders von einer intelligenten Energieüberwachung profitieren, da sie auf diese Weise eine Visualisierung ihres Stromverbrauchs erhalten und so Einsparpotenziale besser erkennen können. Dieses Thema wurde bisher jedoch nur wenig erforscht (Fondel et al., 2015). Auch die befragten Expertinnen und Experten äußerten keine eindeutige Meinung zu diesem Einflussfaktor.

Der **Wohnort (urban vs. ländlich)** hat einen erheblichen Einfluss auf den iMSys(+) Rollout. In ländlichen Gebieten erschweren eine schlechte Mobilfunkabdeckung und Empfangsprobleme sowie höhere Anfahrtskosten die Umsetzung (Hüppé et al., 2020). Doch auch in städtischen Gebieten mit insgesamt guter Mobilfunkabdeckung können bauliche Gegebenheiten wie Kellerstandorte und schwere Brandschutztüren problematisch sein (ebd.). Weitere Aspekte, wie die verstärkte Nutzung von PV-Anlagen und Elektrofahrzeuge in ländlichen Regionen, spielen ebenfalls eine Rolle (Römer & Steinbrecher, 2021). Diese Aussagen wurden auch von den befragten Fachleuten bestätigt. Ergänzend dazu sehen diese in städtischen und ländlichen Gebieten unterschiedliche Faktoren als treibend für den iMSys(+) Rollout. In städtischen Gebieten bewerten sie insbesondere die Synergieeffekte als unterstützend, da ein Netzbetreiber oder Installationsdienstleister bei einer einzigen Anfahrt mehrere iMSys(+) in verschiedenen Haushalten eines Mehrparteienhauses oder Wohnblocks

installieren kann. Diese gebündelte Installation erhöht die Effizienz, was den Rollout gerade in urbanen Gebieten begünstigen kann. In ländlichen Gebieten ist wiederum der Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern höher, was die Synergieeffekte einschränken kann. Gleichzeitig werden Ein- und Zweifamilienhäuser nach Erfahrung der Expertinnen und Experten überdurchschnittlich oft mit iMSys(+) ausgestattet.

Bildung: Ein höherer Bildungsstand beeinflusst die Absicht, ein iMSys(+) zu nutzen, jedoch weniger das Wissen darüber, da iMSys(+) im Bildungssystem kaum thematisiert werden (Gumz et al., 2022). Schneider (2020) fand zwar einen schwachen signifikanten Zusammenhang zwischen höherem Bildungsstand und der Kenntnis von iMSys(+)-Begriffen, was auf eine gewisse Bildungsabhängigkeit des Fachwissens schließen lässt. In der Befragung der Expertinnen und Experten konnte dies jedoch weder eindeutig bestätigt noch widerlegt werden.

2.5 Weitere Einflussfaktoren

In den Interviews bestätigten die Expertinnen und Experten weitgehend die aus der Literaturrecherche gewonnenen Erkenntnisse zu verbrauchsbezogenen und sozialen Einflussfaktoren, ohne wesentliche neue Aspekte hinzuzufügen. Sie hoben zusätzlich den Ressourcenmangel aufseiten der MSB als entscheidenden Faktor hervor. Insbesondere der Mangel an qualifiziertem Fachpersonal und technischen Komponenten wurde als hemmende Faktoren identifiziert. Laut der befragten Expertinnen und Experten sind für eine effiziente Umsetzung des Rollouts somit zusätzliche spezialisierte Fachkräfte unerlässlich, um Verzögerungen bei der Installation und Wartung der Systeme zu vermeiden. Diese spezifischen Herausforderungen an die MSB sind besonders relevant für die Entwicklung gezielter Handlungsempfehlungen (siehe Kapitel 5).

3 Wirkung der Einflussfaktoren auf den iMSys(+) - Rollout

Nach der erfolgreichen Validierung der in Kapitel 2 identifizierten Einflussfaktoren mittels der Befragung von Expertinnen und Experten wurden diese Faktoren mithilfe der quantitativen Erhebung weiter untersucht. Hierbei lag der Fokus auf den folgenden drei Aspekten: Erstens sollte die Perspektive der Verbraucherinnen und Verbraucher erfasst werden. Zweitens sollten die mittels Literaturrecherche und Interviews erhobenen Faktoren einer quantitativen Gewichtung unterzogen werden, um besser einschätzen zu können, welche Faktoren die Akzeptanz von iMSys(+) in besonderem Maße beeinflussen. Drittens sollten diese Faktoren um weitere, aus Verbrauchersicht besonders relevante Faktoren ergänzt werden, die noch nicht erhoben wurden. Das folgende Kapitel behandelt die Konzeption, Methodik und Ergebnisse der quantitativen Befragung der Verbraucherinnen und Verbraucher.

3.1 Darstellung der Methodik

3.1.1 Relevante Studien und Übersichtsarbeiten

In einem ersten Schritt wurden die Erkenntnisse reflektiert, die aus der Literaturrecherche und den qualitativen Interviews hinsichtlich der Einflussfaktoren auf den iMSys(+) - Rollout gewonnen wurden (vgl. Kapitel 2). Der Fokus wurde auf innovative Geschäftsmodelle sowie soziale Einflussfaktoren und Eigenschaften gelegt. Entsprechenden wurden die folgenden drei Cluster definiert:

- **Cluster 1: Innovative Geschäftsmodelle:** vgl. Kapitel 2.3
- **Cluster 2: Soziopsychologische Eigenschaften:** vgl. Kapitel 2.4.1
- **Cluster 3: Soziodemographische Eigenschaften:** vgl. Kapitel 2.4.2

Anschließend wurden die quantitativen Studien zur Akzeptanz von iMSys(+) genauer analysiert, um weitere Einflussfaktoren zu identifizieren. Insgesamt wurden sieben entsprechende Publikationen gefunden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 Literaturübersicht quantitative Studien

Autorinnen und Autoren	Publikationsjahr	Untersuchte Einflussvariablen auf die Absicht zur Nutzung eines iMSys(+)
AlAbdulkarim et al.	2012, 2014	Wahrgenommene Gesundheitsrisiken, Leistungserwartung, Testbarkeit, wahrgenommene Sicherheits- und Privatsphärenrisiken, wahrgenommene finanzielle Kosten (Stromkosten), Technologiebewusstsein, wahrgenommenes Organisationsimage, sozialer Einfluss, Einschätzung des Aufwands, wahrgenommene finanzielle Kosten (Kosten für iMSys(+) - Installation), Massenmedien
Holl	2021	Wahrgenommene Kompatibilität, wahrgenommenes (Technologie-)Verständnis, wahrgenommene Zuverlässigkeit der Energieversorgung, wahrgenommene

		Stromkostenersparnis, wahrgenommene Öko-Umwelt, wahrgenommene Cyberunsicherheit, wahrgenommene elektromagnetische Strahlung (Electromagnetic Radiation, EMR), wahrgenommene Leistungsbedenken, wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommenes Risiko
Kranz, Gallenkamp & Picot	2010	Subjektive Kontrolle, Alter, Geschlecht, wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, Einstellung gegenüber der Nutzung
Park et al.	2014	Identisch mit Holl (2021)
Schneider	2020	Kenntnis über iMSys(+), Alter, Geschlecht, Bildung Im Gegensatz zu anderen Studien wird anstelle der Smart-Meter-Nutzung nur deskriptiv ein Zusammenhang zwischen Alter, Geschlecht und Bildung und der Bekanntheit von iMSys(+) beschrieben.
Vetter et al.	2024	Geschlecht, Alter, Kinder im Haushalt, Haushaltsgröße, Pflege pflegebedürftiger Menschen, Familienstand, Bildung, Erwerbstätigkeit, Nutzung Mobiltelefon, Nutzung Internet, Technikakzeptanz, Wohnungstyp, Wohneigentum, Gebäudealter, Wohnfläche, Höhe der Stromkosten, Relevanz Energiesparen, Bekanntheit Smart Meter, Einbau von iMSys(+), Nützlichkeit intelligente Stromzähler, Visualisierung Stromverbrauch, Sparhinweise, datenschutzrechtliche Bedenken Zu den Variablen wurden bisher nur deskriptiv-statistische Ergebnisse veröffentlicht, es wurde die Nutzungsintention zu iMSys(+) nicht vorhergesagt.

Die detaillierte Analyse der quantitativen Studien hat gezeigt, dass sich die darin verwendeten Einflussfaktoren oder Konstrukte den oben beschriebenen Clustern zuordnen lassen. Jedoch müssen die Cluster um einige Aspekte ergänzt werden. So muss beispielsweise das Thema „Erwerbstätigkeit“ bei den soziodemografischen Faktoren zusätzlich berücksichtigt werden. Darüber hinaus wurden zwei weitere Cluster identifiziert:

- **Cluster 4: Nutzerzentrierte Gestaltung der Beschaffung und Nutzung von iMSys(+):** Hierbei geht es darum, wie nutzerfreundlich die Beantragung, der Einbau und die Nutzung von iMSys(+) gestaltet wird. Einige Aspekte hierzu wurden in den quantitativen Studien von Holl (2021) sowie Vetter et al. (2024) untersucht.
- **Cluster 5: Einstellung zum gesetzlichen Rahmen:** Im Rahmen quantitativer Studien wurde auch die Einstellung der Verbraucherinnen und Verbraucher zum gesetzlichen Rahmen in Bezug auf iMSys(+) untersucht (Park et al., 2014; Holl, 2021).

Bei der Konzeption der Erhebung wurden schließlich auch die beiden Übersichtsarbeiten von Rajaguru et al. (2024) und Mohaupt et al. (2018) berücksichtigt. Insbesondere bezieht sich Mohaupt et al. (2018) nicht nur auf iMSys(+), sondern auf die Flexibilisierung des Strommarkts insgesamt und bietet somit einen sehr breiten Überblick über die Verbraucherakzeptanz.

3.1.2 Theoretische Grundlage des Fragebogens

Bei der Sichtung der bisherigen quantitativen Studien zeigt sich, dass vor allem das Technologieakzeptanzmodell (TAM) von Davis (1986) als Basis dient, um Fragebogen zu erstellen. Das klassische TAM versucht, die

Absicht zur Nutzung einer Technologie vorherzusagen. Diese Zielgröße wird deshalb gewählt, weil die Absicht zur Nutzung einer Technologie das tatsächliche Nutzungsverhalten am besten vorhersagen kann. Laut TAM wird die Absicht zur Nutzung einer Technologie durch zwei Konstrukte beeinflusst, nämlich durch den wahrgenommenen Nutzen einer Technologie sowie die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung. Diese beiden Konstrukte werden wiederum durch zahlreiche andere Konstrukte beeinflusst (vgl. Abbildung 2).

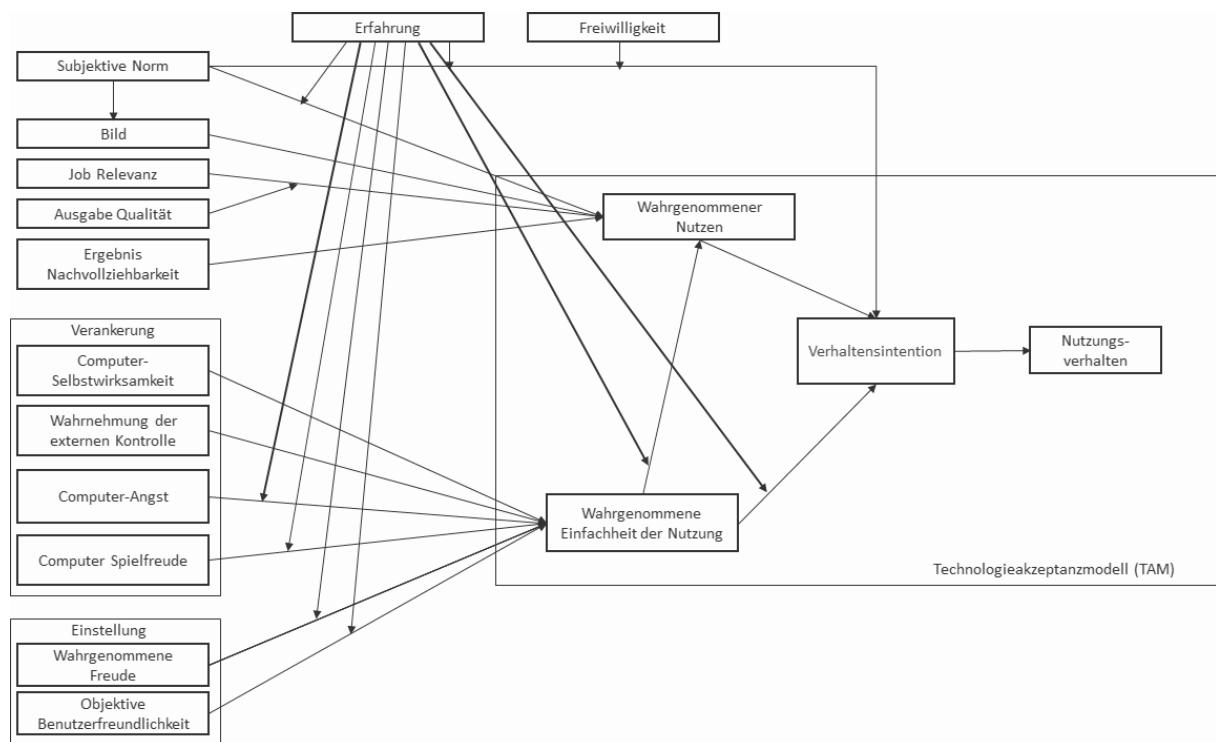


Abbildung 2 Das Technologieakzeptanzmodell (Venkatesh & Bala, 2008)

Im Rahmen der Forschung zur Akzeptanz von iMSys(+) wurde das Technologieakzeptanzmodell von Park et al. (2014) angepasst. Hierdurch entstand das risikoerweiterte TAM (RITAM). Dieses unterscheidet sich vom klassischen TAM dadurch, dass sich die Absicht der Nutzung eines iMSys(+) nicht nur durch die Einfachheit der Nutzung und den Nutzen vorhersagen lässt, sondern dass mit dem wahrgenommenen Risiko ein weiterer Faktor aufgenommen wurde. Für diese drei Faktoren gibt es auch verschiedene Einflussvariablen:

- Die **wahrgenommene Einfachheit der Nutzung** wird durch die wahrgenommene Kompatibilität und das wahrgenommene Verständnis der Technologie beeinflusst.
- Die **wahrgenommene Nützlichkeit** hängt von der wahrgenommenen Zuverlässigkeit der Energieversorgung, den wahrgenommenen Einsparungen bei den Energiekosten sowie der wahrgenommenen Öko-Umwelt- bzw. Ökobilanz ab.²
- Das **wahrgenommene Risiko** hängt von den Faktoren wahrgenommene Cyberunsicherheit, wahrgenommene Angst vor EMR sowie wahrgenommene Bedenken bezüglich der Leistung des Systems ab.

² Letzterer Faktor ist jedoch unklar beschrieben und bezieht sich auf Industriestudien von IBM und Oracle, die leider nicht mehr verfügbar sind.

Das RITAM-Gesamtmodell ist in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

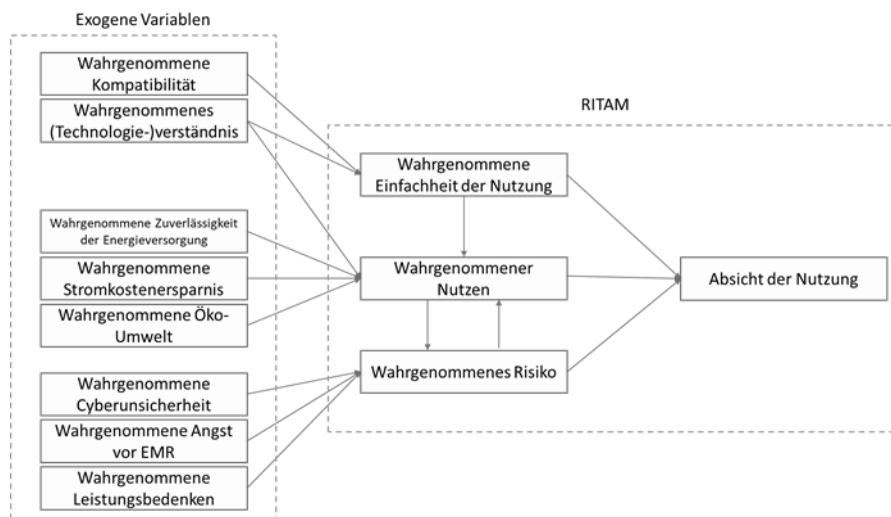


Abbildung 3 Das RITAM nach Park et al. (2014), eigene Darstellung und Übersetzung

In einer ersten empirischen Studie konnten Park et al. (2014) dieses Modell mit einer Stichprobe von $N = 255$ Personen in Südkorea bestätigen. Durch Holl (2021) wurde die Studie mit einer deutschen Stichprobe von $N = 1.058$ Personen repliziert, jedoch wurde die Stichprobe nicht näher beschrieben. Hierbei wurde zusätzlich der Prädiktor „Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung“ im Rahmen einer multivariaten Regression verworfen, ohne die Gründe hierfür genauer zu beschreiben. Darüber hinaus wies das Konstrukt „Wahrgenommenes Technologieverständnis“ eine zu geringe interne Konsistenz auf. Ergänzt wurde das Modell durch zwei demographische Prädiktoren, nämlich Geschlecht und Alter. Der stärkste Prädiktor, der einen positiven Einfluss auf die Nutzungsabsicht hatte, war der wahrgenommene Nutzen ($\beta = 0,50$), wohingegen das wahrgenommene Risiko einen negativen Einfluss von $\beta = -0,26$ aufwies. Die Varianzaufklärung R^2 betrug 0,62. Das bedeutet, dass 62 % der Varianz durch das Modell erklärt werden konnten.

3.1.3 Strukturmodell und die Hypothesen

Basierend auf den Ergebnissen der bisherigen Literaturrecherche wurde für die Befragung ein Strukturmodell³ entwickelt. Das Modell basiert auf dem RITAM und integriert neue Konstrukte zur Vorhersage der wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung, der wahrgenommenen Nützlichkeit sowie der wahrgenommenen Risiken in das Modell. Ursächlich für diese Anpassungen waren dabei einerseits die Ergebnisse der Literaturrecherche, beispielsweise die bei Holl (2021) berichteten Messprobleme (vgl. Kapitel 3.1.2), andererseits sollten die Ergebnisse der qualitativen Untersuchung aufgegriffen werden (vgl. Kapitel 2). Das entstandene Modell ist in Abbildung 4 dargestellt. Bei einem angenommenen positiven Zusammenhang zwischen den Variablen wurde in Klammern ein „+“ zur Hypothese ergänzt, bei einem negativen Zusammenhang ein „-“. Wurde keine Richtung des Zusammenhangs angenommen, wurde keine Klammer ergänzt.

³ Ein Strukturmodell beschreibt die theoretisch angenommenen Beziehungen zwischen den nicht direkt beobachtbaren Konstrukten. Basierend hierauf wird ein Messmodell entwickelt, das ergänzend zum Strukturmodell beschreibt, wie beispielsweise ein Konstrukt wie Einfachheit der Nutzung anhand mehrerer Fragebogen-Items gemessen wird (Gäde & Schermelleh-Engel, 2023).

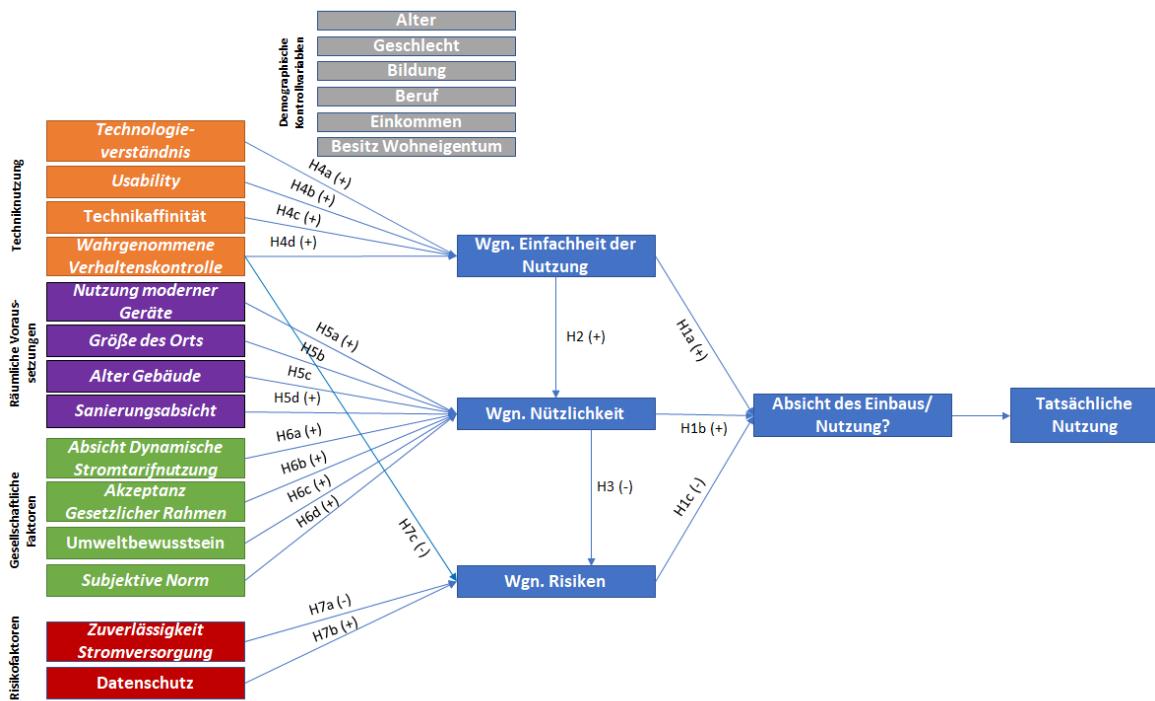


Abbildung 4 Strukturmodell basierend auf dem RITAM (Park et al., 2014; Holl, 2021) mit den zugehörigen Hypothesen

Die in Abbildung 4 dargestellten Beziehungen zwischen Variablen werden nachfolgend nun anhand von Hypothesen beschrieben.

Basierend auf den Studienergebnissen von Holl (2021) und Park et al. (2014) wurde folgender Einfluss der Variablen „Einfachheit der Nutzung“, „Wahrgenommene Nützlichkeit“ und „Wahrgenommenes Risiko“ auf die Nutzungsabsicht vermutet:

H1a: Je größer die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, umso größer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.

H1b: Je größer die wahrgenommene Nützlichkeit, umso größer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.

H1c: Je geringer das wahrgenommene Risiko, umso größer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.

Basierend auf den Studienergebnisse von Holl (2021) und Park et al. (2014) wurden folgende Hypothesen bezüglich des Verhältnisses der Einfachheit der Nutzung, der wahrgenommenen Nützlichkeit und des wahrgenommenen Risikos untereinander angenommen:

H2: Je größer die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

H3: Je größer die wahrgenommene Nützlichkeit, umso geringer wird das wahrgenommene Risiko eingeschätzt.

Insgesamt werden vier Hypothesen im Zusammenhang mit der Techniknutzung und deren Einfluss auf die Einfachheit der Nutzung beschrieben. Dabei basieren die Hypothesen auf den folgenden Studien: Technikverständnis und Einfachheit der Nutzung (Holl, 2021; Park et al., 2014) sowie subjektive Kontrolle und Einfachheit der Nutzung (Kranz, Gallenkamp, & Picot, Arnold, 2010). Der Zusammenhang von Usability und Einfachheit der Nutzung wurde von den Autorinnen und Autoren angenommen. Obwohl Technikaffinität und Einfachheit der Nutzung in der Studie von Vetter et al. (2024) erhoben wurden, verfügt die Studie über keine Hypothesen. Daher wurden neue Hypothesen formuliert:

H4: Je stärker die verschiedenen Themen der Techniknutzung ausgeprägt sind, umso höher ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.

H4a: Je größer das Technikverständnis, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.

H4b: Je größer die Usability, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.

H4c: Je größer die Technikaffinität, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.

H4d: Je größer die subjektive Kontrolle, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.

Zwei Gruppen von Einflussfaktoren wirken auf die wahrgenommene Nützlichkeit ein: räumliche Voraussetzungen und gesellschaftliche Faktoren. Zur Gruppe der räumlichen Voraussetzungen zählen vier Faktoren: die Nutzung moderner Geräte, die Größe des Wohnorts, das Alter des bewohnten Gebäudes und die Sanierungsabsicht. Sie beeinflussen die wahrgenommene Nützlichkeit des iMSys(+). Bei den dazugehörenden Konstrukten wurden die Hypothesen selbstständig aufgestellt oder beruhen zum Teil auf den Erkenntnissen der qualitativen Interviews:

H5: Die räumlichen und technischen Voraussetzungen beeinflussen die wahrgenommene Nützlichkeit.

H5a: Je umfangreicher die Nutzung moderner Geräte, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

H5b: Die Größe des Wohnorts beeinflusst die wahrgenommene Nützlichkeit.

H5c: Das Alter des bewohnten Gebäudes beeinflusst die wahrgenommene Nützlichkeit.

H5d: Je größer die Sanierungsabsicht, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

Zur Gruppe der gesellschaftlichen Einflussfaktoren zählen: Absicht einer dynamischen Stromtarifnutzung, Akzeptanz des gesetzlichen Rahmens, Umweltbewusstsein und subjektive Norm. Basierend auf den Studienergebnissen von Park et al. (2014) und Holl (2021) wurde die Hypothese 6c zum Einfluss des Umweltbewusstseins auf die wahrgenommene Nützlichkeit formuliert. Dabei wurde eine Ähnlichkeit zwischen dem Konstrukt „Eco-Environment“, das in den vorherigen Studien benutzt wurde, und Umweltbewusstsein angenommen. Basis der Hypothese 6d ist der Begriff der subjektiven Norm. Dieser beschreibt, inwiefern eine Person glaubt, dass relevante andere Personen aus dem eigenen Umfeld die Nutzung einer Technologie, wie z. B. iMSys(+), positiv oder negativ bewerten würden. Das Konstrukt der subjektiven Norm (Hypothese 6d) wurde zwar bei Vetter et al. (2024) erhoben, es wurde jedoch keine Hypothese formuliert. Vor diesem Hintergrund wurden die Hypothesen 6a, 6b und 6d selbstständig formuliert.

H6: Die gesellschaftlichen Faktoren beeinflussen die wahrgenommene Nützlichkeit.

H6a: Je größer die Absicht zur Nutzung dynamischer Stromtarife, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

H6b: Je größer die Akzeptanz des gesetzlichen Rahmens, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

H6c: Je größer das Umweltbewusstsein, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

H6d: Je größer die subjektive Norm, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.

Auf Basis der Studien von Holl (2021) und Park et al. (2014) wurde der Einfluss der von den Verbraucherinnen und Verbrauchern wahrgenommenen Zuverlässigkeit der Stromversorgung, Datenschutzbedenken und subjektiven Kontrolle angenommen. Die Zuverlässigkeit der Stromversorgung beschreibt hierbei die subjektive Wahrnehmung der Verbraucherinnen und Verbraucher, dass die Zuverlässigkeit der Stromversorgung durch die Nutzung von iMSys(+) beeinflusst wird.

H7: Die wahrgenommenen Risikofaktoren beeinflussen die wahrgenommenen Risiken.

H7a: Je höher die von den Verbraucherinnen und Verbrauchern wahrgenommene Zuverlässigkeit der Stromversorgung, umso geringer ist das wahrgenommene Risiko.

H7b: Je größer die Datenschutzbedenken, umso größer ist das wahrgenommene Risiko.

H7c: Je größer die subjektive Kontrolle, umso kleiner ist das wahrgenommene Risiko.

3.1.4 Entwicklung des Fragebogens

Im dritten Schritt wurde ein Fragebogen entwickelt, der das oben beschriebene Strukturmodell abbildet (vgl. Kapitel 3.1.3). Insgesamt umfasste der Fragebogen 87 Items. Neben fünf demographischen Merkmalen umfasste er auch 19 latente Konstrukte. Eine Herausforderung bei der Erstellung des Fragebogens bestand darin, dass bis auf Vetter et al. (2024) keine Items aus Studien zu iMSys(+), z. B. von Park et al. (2014), zur Verfügung gestellt wurden. Deshalb mussten zahlreiche Items zur Messung neu entwickelt werden.⁴

3.1.5 Stichprobe und Datenerhebung

Um die Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher zu erfassen, ist es notwendig, diese als Stichprobe zu erheben. Dabei sollte die Stichprobe eine bestimmte Größe aufweisen, um einerseits aussagekräftig zu sein, andererseits erfordern bestimmte statistische Verfahren, wie z. B. eine Faktorenanalyse, eine Mindestanzahl an Personen. Hinsichtlich einer Faktorenanalyse gibt es verschiedene Kriterien, um die Stichprobengröße zu beschreiben, wie z. B. das Verhältnis der Item-Anzahl zur Probandengröße. Dieses Verhältnis schwankt von 3:1 (Cattell, 1978) bis 20:1 (Hair et al., 2014). Bühner (2021) sowie Comrey und Lee (2013) beschreiben absolute Zahlen, wobei 100 = schlecht, 200 = angemessen, 300 = gut, 500 = sehr gut, und 1.000 oder höher = exzellent ist. Vor diesem Hintergrund wurde eine Mindestanzahl von N = 300 angestrebt, wobei idealerweise eine Zahl von ca. 400 Teilnehmenden erreicht werden sollte.

⁴ Der Fragebogen kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Die Daten wurden über die Rekrutierungsplattform Prolific erhoben. Zur Teilnahme berechtigt waren Personen, die mindestens 18 Jahre alt waren und ihren Wohnsitz in Deutschland hatten. Die Teilnehmenden erhielten eine monetäre Vergütung, sofern sie Qualitätskriterien wie z. B. einen Attention Check bestanden hatten. Insgesamt nahmen 392 Personen an der Umfrage über die Plattform teil. Die Erhebung fand in vier Wellen zwischen dem 22. November 2024 und dem 6. Dezember 2024 statt.

3.2 Deskriptive Ergebnisse

Nach der Datenerhebung wurden die Daten in mehreren Schritten analysiert, wobei zunächst die Messqualität der Erhebung geprüft wurde (siehe Anhang 1 –3). In diesem Kapitel werden nachfolgend die deskriptiven Ergebnisse der Befragung dargestellt, orientiert an den fünf Clustern (vgl. Kapitel 3.1.1). Zunächst werden ausgewählte deskriptive Ergebnisse zu den soziodemographischen Eigenschaften im Hinblick auf die Repräsentativität der Stichprobe präsentiert. Anschließend folgen zentrale Ergebnisse zum Wissen über sowie zur Bereitschaft zum Einbau von iMSys(+) (vgl. Kapitel 3.2.2). Nachfolgend werden ausgewählte deskriptive Ergebnisse entlang der fünf Cluster (vgl. Kapitel 3.2.3) dargestellt.

3.2.1 Soziodemographische Eigenschaften und Repräsentativität der Stichprobe

In Bezug auf die Geschlechterverteilung, die Erwerbstätigkeit und das Einkommensniveau sind die Ergebnisse repräsentativ oder nahezu repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung in Deutschland.

Die Geschlechterverteilung zeigt, dass 48,98 % der Befragten männlich, 49,49 % weiblich und 1,53 % divers sind. Das Nettohaushaltseinkommen der Befragten lag im Durchschnitt bei 4.139,57 € ($SD=6.724,71$ €). Bezüglich der Erwerbstätigkeit gaben 49,7 % der Befragten an, in Vollzeit (ab 35 Stunden pro Woche) zu arbeiten.

Nicht repräsentativ sind die Ergebnisse in Bezug auf Alter, Bildungsniveau, Wohnortgröße und Eigentumsquote. Das Durchschnittsalter der Stichprobe ist mit 38,6 Jahren ($SD = 13,29$ Jahre) zu niedrig, da insbesondere die Altersgruppe der über 80-Jährigen zu gering vertreten ist (vgl. Abbildung 5). Letztere machen 7,2 % der Bevölkerung aus (Statistisches Bundesamt, 2024a). Das Bildungsniveau ist im Vergleich zum Durchschnitt in der Bevölkerung zu hoch, da Personen mit mittlerer Reife oder einem Hauptschulabschluss mit einem Anteil von 31,62 % zu gering vertreten sind und Menschen mit einem universitären Abschluss (37,75 %) im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung überrepräsentiert sind. Bei der Wohnortgröße sind mit 37,76 % zu viele Menschen in Städten mit einer Einwohnerzahl über 200.000 Personen vertreten, wohingegen nur 8,18 % der Befragten in Städten mit der Einwohnerzahl zwischen 5.000 und 20.000 leben. In letzterer Gruppe sind jedoch laut Statistischem Bundesamt (2023) 21,12 % der Bevölkerung wohnhaft. Die Eigentumsquote ist in der Stichprobe mit 33,66 % zu niedrig im Vergleich zu der Gesamtbevölkerung. Dort liegt der Wert bei 41,8 % (Statistisches Bundesamt, 2024b).

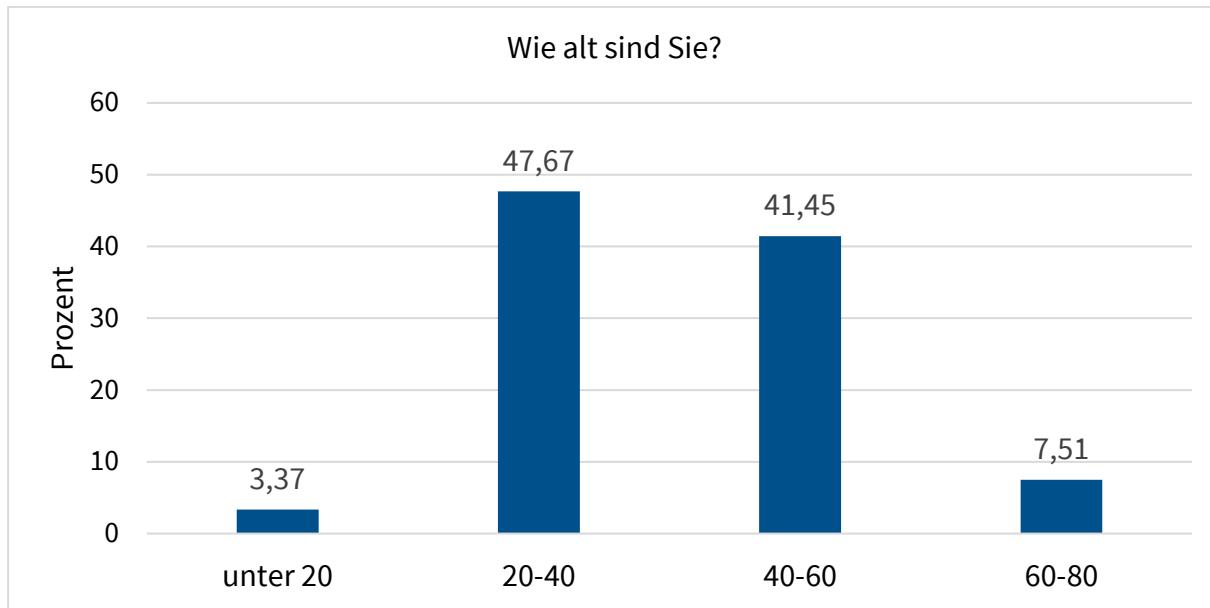


Abbildung 5 Altersverteilung der Teilnehmenden in Prozent

3.2.2 Wissen über iMSys(+) und Einbaubereitschaft

Fast zwei Drittel der Bevölkerung kennen den Begriff „Smart Meter“, der in öffentlichen Publikationen als Synonym zu iMSys(+) verwendet wird: 64,54 % der Befragten stimmten zu, dass sie wissen, was ein Smart Meter ist, 35,46 % verneinten diese Frage.

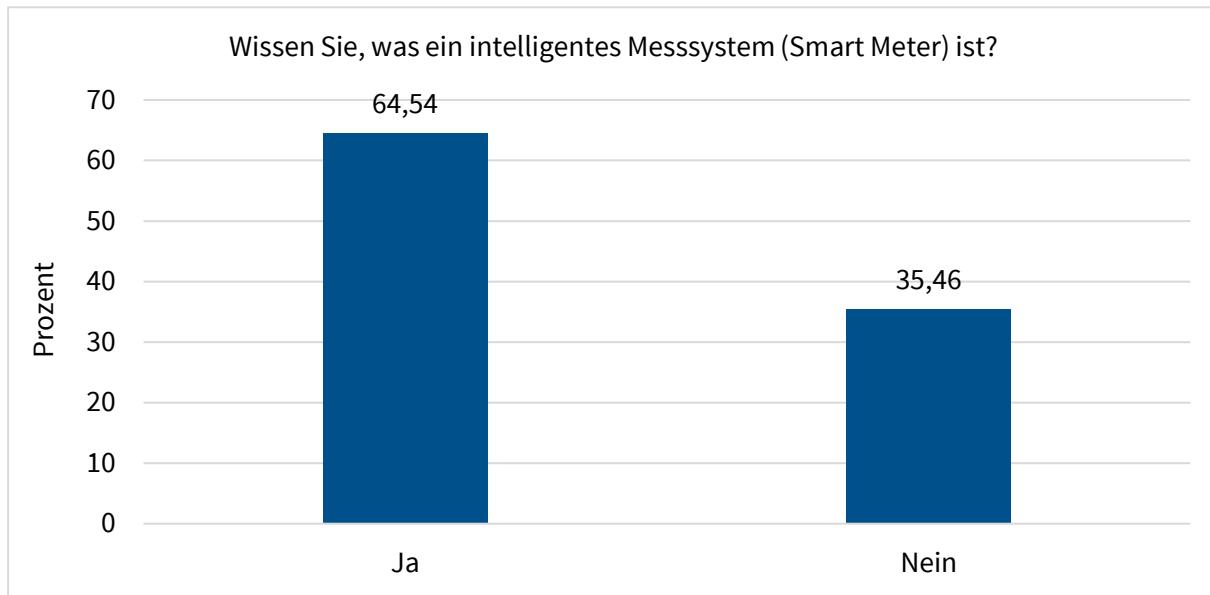


Abbildung 6 Anteil der Personen, die wissen, was ein iMSys(+) ist

Insgesamt gaben 80,36 % der Befragten an, dass bei ihnen noch kein iMSys(+) eingebaut wurde. 9,95 % der Befragten gaben an, bereits ein iMSys(+) zu besitzen, während 9,69 % nicht wussten, ob bei ihnen bereits ein iMSys(+) installiert wurde (vgl. Abbildung 7). Der hohe Wert von 9,95 % für einen bereits vollzogenen Einbau

ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass die Befragten unter „Smart Meter (iMSys(+))“ auch elektronische Messeinrichtungen ohne SMGW berücksichtigt haben. Vor diesem Hintergrund sind die Ergebnisse mit denen von Vetter et al. (2024) vergleichbar. Dort gaben sogar 12,7 % der Befragten an, dass bei ihnen bereits ein iMSys(+) oder eine mME verbaut wurde.

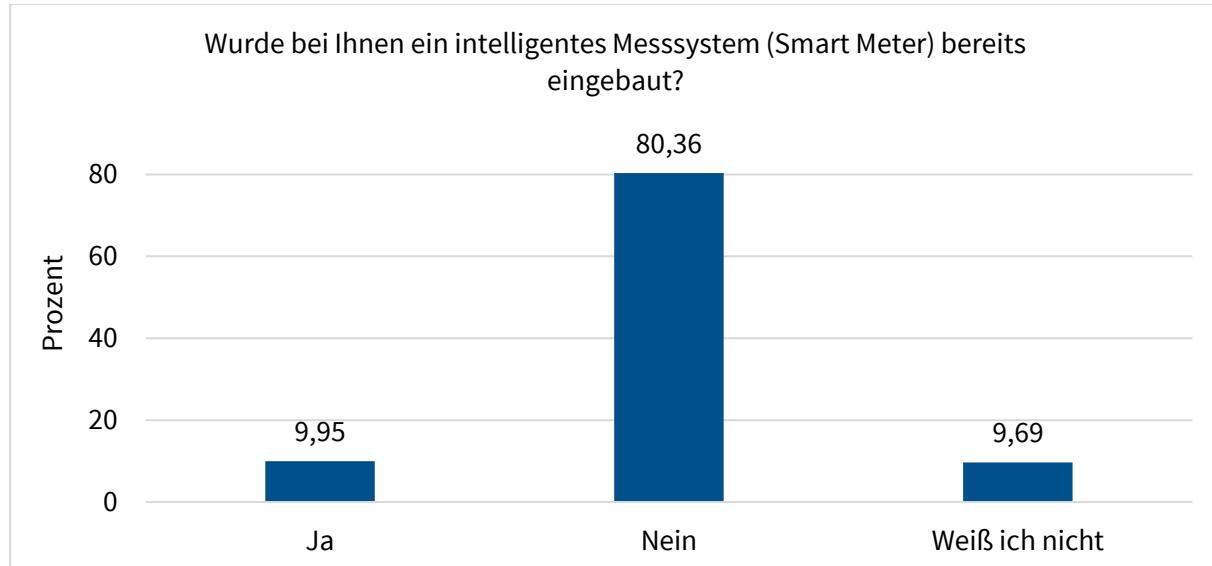


Abbildung 7 Anteil der Personen, bei denen bereits ein iMSys(+) eingebaut wurde

83,01 % der Teilnehmenden wären „eher“ oder „voll und ganz“ bereit, ein iMSys(+) einzubauen zu lassen (vgl. Abbildung 8). Dies ist im Vergleich zu einer Bitkom-Studie (Bitkom e.V., 2024) aus dem Jahr 2024 mit 61 % ein deutlich höherer Zustimmungswert. Lediglich weniger als 5 % der Befragten geben an, nicht zu einem Einbau eines iMSys(+) bereit zu sein (vgl. Abbildung 8).

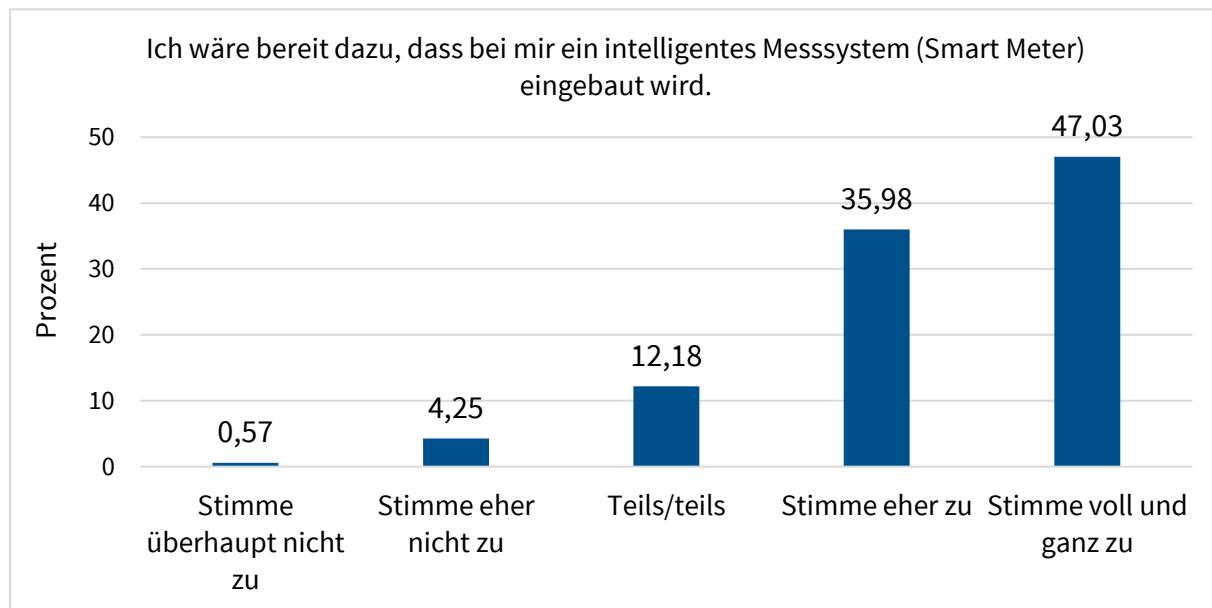


Abbildung 8 Bereitschaft zum Einbau eines iMSys(+) in Prozent

Den Verbraucherinnen und Verbrauchern sind vor allem die folgenden beiden Vorteile der iMSys(+) bekannt: die Visualisierung des Stromverbrauchs (75 %) und die Möglichkeit von Stromkosteneinsparungen durch dynamische Stromtarife (49 %). Nur 11 % der Befragten war kein Vorteil bekannt (vgl. Abbildung 9). Voraussetzung für die Nutzung dieser Vorteile ist die Anschaffung und Nutzung von Produkten und Dienstleistungen mit Schnittstellen zu den Endgeräten der Nutzerinnen und Nutzer, die z. B. die Visualisierung des Stromverbrauchs ermöglichen.

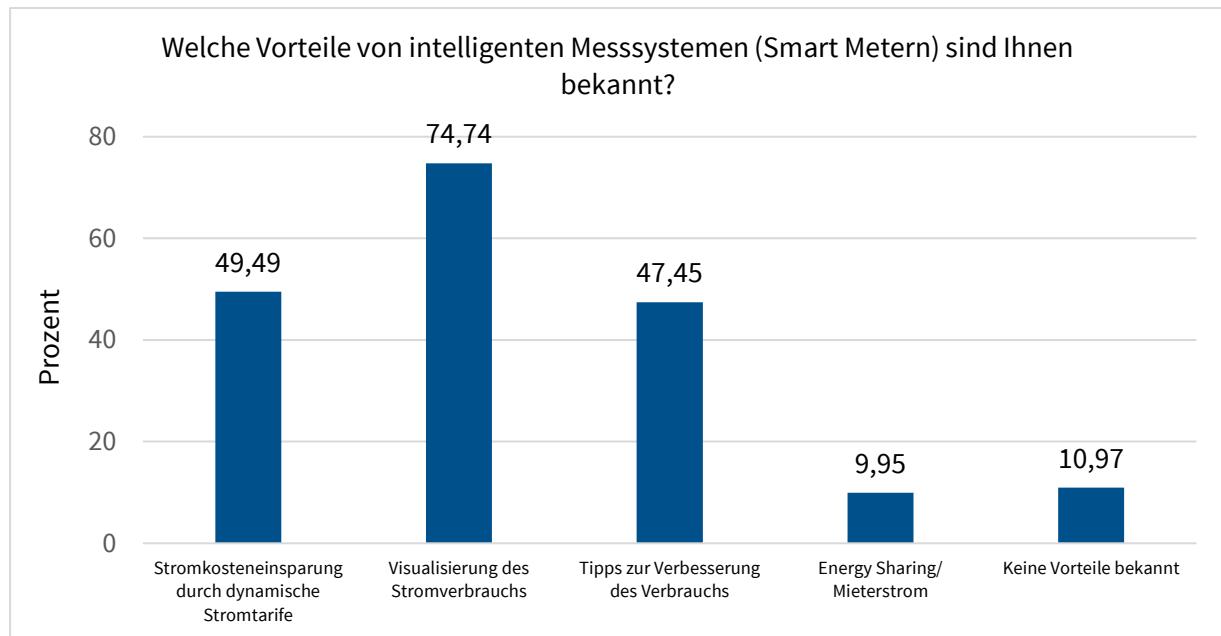


Abbildung 9 Bekanntheit von möglichen Vorteilen in Kombination mit der Nutzung eines -iMSys(+) in Prozent

Bisher wurden nur 8,93 % der Befragten durch einen Stromanbieter, MSB oder Netzbetreiber bezüglich des möglichen Einbaus eines iMSys(+) informiert. Gut 70 % der Befragten würden gerne mehr zum Thema iMSys(+) wissen (vgl. Abbildung 10), wobei hierbei entweder eine E-Mail oder der Postversand als Kommunikationskanäle präferiert werden.

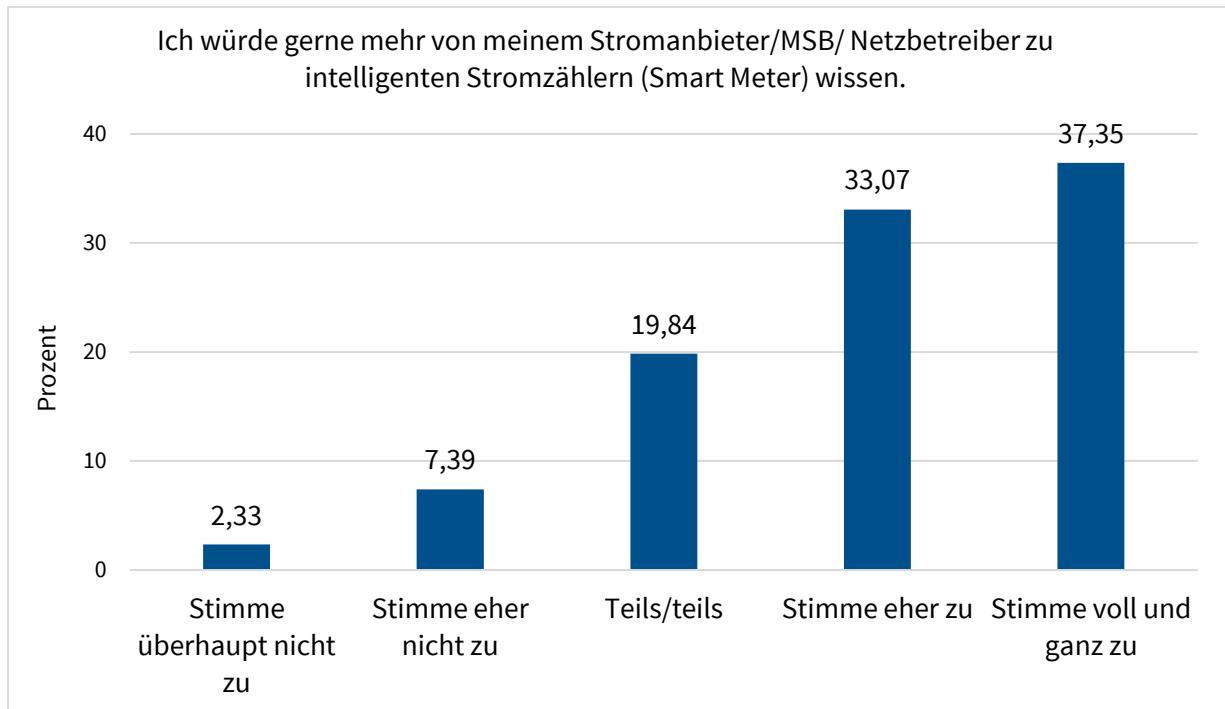


Abbildung 10 Zustimmung zur Aussage, dass die Befragten mehr zu iMSys(+) wissen möchten

Zahlungsbereitschaft für iMSys(+)

Hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft gaben die Befragten an, dass sie im Durchschnitt bereit wären, 52,37 € für die jährliche Nutzung eines iMSys(+) zusätzlich zu bezahlen. Dabei fällt hier die Standardabweichung mit 187,01 € sehr hoch aus. Eine mögliche Erklärung für diese Zahlungsbereitschaft der Verbraucherinnen und Verbraucher könnte darin liegen, dass sie nicht nur die reine Nutzung des iMSys(+) sondern auch den Mehrwert zusätzlicher Dienstleistungen wie die Visualisierung des Stromverbrauchs oder die Verbrauchsoptimierung in ihre Bewertung einbeziehen. Dieser Aspekt wurde im Rahmen der Befragung nicht untersucht.

3.2.3 Ausgewählte deskriptive Ergebnisse

Im Rahmen der Befragung wurden neben iMSys(+-relevanten Aspekten auch die Nutzung sowie die geplante Investition in verschiedene Technologien erfasst. Die entsprechenden deskriptiven Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt, gefolgt von einer weiterführenden Betrachtung ausgewählter deskriptiver Ergebnisse nach den fünf identifizierten Clustern (vgl. Kapitel 3.1.1).

Gemäß der Befragung werden folgende Technologien bereits von den Befragten zu folgenden Anteilen genutzt:

- Strombasierte Heizsysteme (15,31 %)
- PV-Anlagen (12,76 %)
- Elektro- oder Plug-in-Hybridfahrzeug (10,46 %)
- Akkuspeicher (9,7 %)

- Gebäude-EMS (4,85 %)

Eine Anschaffung dieser Technologien plant folgender Anteil der Befragten:

- Elektro- oder Plug-in-Hybridfahrzeug (29,1 %)
- PV-Anlagen (14,79 %)
- Akkuspeicher (9,7 %)
- Strombasierte Heizsysteme (9,2 %)
- Gebäude-EMS (6,63 %)

Cluster 1: Innovative Geschäftsmodelle

Im Rahmen der Umfrage wurden insbesondere dynamische Tarife als Einflussfaktor innovativer Geschäftsmodelle (vgl. Kapitel 2.3.1) untersucht. Von den Befragten wussten 54,59 %, was ein dynamischer oder flexibler Stromtarif ist, wogegen 45,41 % hierzu keine Kenntnisse besaßen. 6,12 % der Befragten gaben an, einen solchen Tarif bereits zu nutzen.

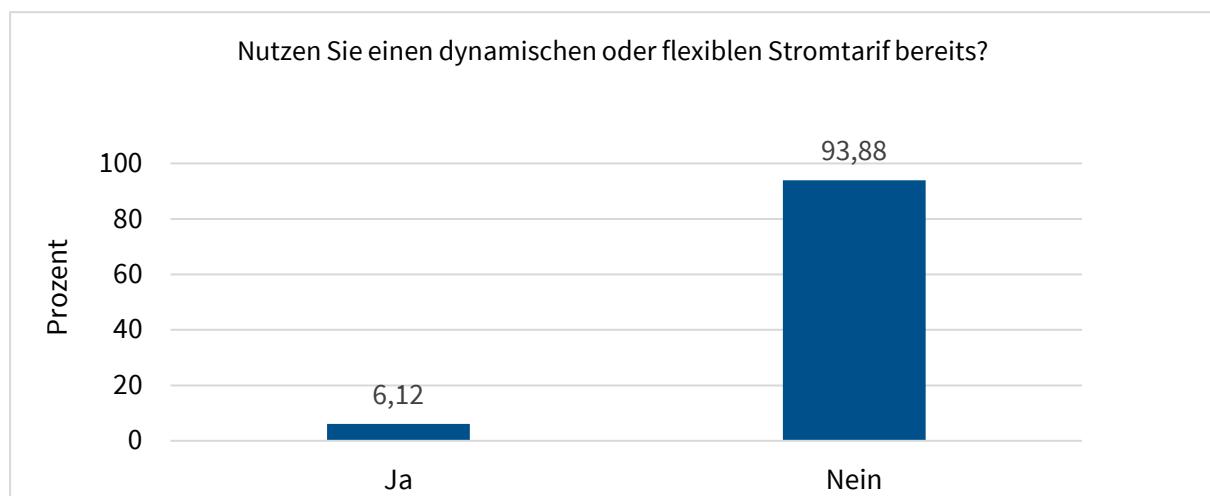


Abbildung 11 Nutzung von dynamischen bzw. flexiblen Stromtarifen

Im Durchschnitt wünschen sich die Befragten eine monatliche Einsparung von 35,43 € durch einen dynamischen Stromtarif. Dies verdeutlicht die große Bedeutung monetärer Einsparungen. Jedoch bleibt anzumerken, dass es vielen Verbraucherinnen und Verbrauchern aufgrund mangelnder Erfahrungswerte schwerfallen dürfte, einen Wert zu schätzen.

Cluster 2: Soziopsychologische Eigenschaften

Umweltbewusstsein: Die Befragten zeigten ein stark ausgeprägtes Umweltbewusstsein. Sie stimmten auf einer Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 5 (stimme voll und ganz zu) im Durchschnitt mit einem Wert von 3,75 den 9 Items zu. Die Standardabweichung liegt bei 0,69.

Privatsphäre, Cybersicherheit und Energieversorgungssicherheit: In diesem Bereich wurden drei Skalen gemessen: „Wahrgenommene Risiken“, „Wahrgenommene Zuverlässigkeit“ und „Wahrgenommener Daten-

schutz“. Dabei zeigte sich, dass die Skepsis insgesamt eher schwach ausgeprägt ist. Im Durchschnitt stimmten die Befragten den 3 Items zu „Wahrgenommene Risiken“ auf einer Skala von 1 bis 5 mit einem durchschnittlichen Wert von 1,87 ($SD = 0,82$) zu, wobei ein höherer Wert einer höheren Risikobewertung entspricht. Bei der Skala „Wahrgenommene Zuverlässigkeit“ wurde ein Wert von 2,70 ($SD = 0,98$) erzielt. Hier bedeutet ein höherer Wert, dass eine höhere Zuverlässigkeit der eigenen Stromversorgung durch die iMSys(+)-Nutzung wahrgenommen wird. Bei der Skala „Wahrgenommener Datenschutz“ wurde ein durchschnittlicher Wert von 2,70 erreicht, wobei ein höherer Wert hier eine größere Angst vor Datenschutzproblemen bedeutet. Hieraus ergibt sich, dass die wahrgenommenen Risiken durch die Nutzung von iMSys(+) eher niedrig bewertet werden. Auch besteht eine geringe gefühlte Angst vor Ausfällen der Energieversorgung durch den Einbau von iMSys(+). Einzig die Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Datensicherheit liegen bei einem mittleren Wert.

Cluster 3: Soziodemographische Eigenschaften

Im Rahmen der Erläuterung zur Repräsentativität der Stichprobe wurden ausgewählte soziodemographische Eigenschaften beschrieben (vgl. Kapitel 3.2.1).

Cluster 4: Nutzerzentrierte Gestaltung der Beschaffung und Nutzung von iMSys(+)

Im Rahmen dieses Themenclusters wurden die Konstrukte „Usability“, „Wahrgenommene Verhaltenskontrolle“, „Einfachheit der Nutzung“ und „Subjektive Norm“ erhoben. Bei der „Usability“ fällt der durchschnittliche Zustimmungswert zu den 3 Items mit 4,37 auf einer Skala von 1 bis 5 besonders hoch aus. Dies bedeutet, dass den Befragten die Einfachheit der Beantragung, des Einbaus und der Nutzung besonders wichtig ist. Die Befragten glauben, dass sie die Nutzung von iMSys(+) bzw. von damit verbundenen Lösungen, wie z. B. Gebäude-EMS, im Sinne der Steuerung und Bedienung kontrollieren können. Auf einer Skala von 1 bis 5 fällt die Zustimmung zu den Items mit 3,75 relativ hoch aus. Der „Einfachheit der Nutzung“ wird mit einem Wert von 3,82 ebenfalls überwiegend zugestimmt. Dies bedeutet, dass die Befragten der Ansicht sind, dass iMSys(+) einfach zu nutzen sind. Der Wert für die subjektive Norm fällt mit im Durchschnitt von 2,73 geringer aus als bei den anderen Konstrukten. Somit ist es für die Befragten weniger wichtig, was ihr direktes soziales Umfeld über die Nutzung von iMSys(+) denkt.

Cluster 5: Einstellung zum gesetzlichen Rahmen

Dem gesetzlichen Rahmen wurde auf einer Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 5 (stimme voll und ganz zu) mit einem durchschnittlichen Wert von 3,65 zugestimmt. Dies ist so zu interpretieren, dass die Befragten eine Einbaupflicht ab einem Jahresstromverbrauch von 6.000 kWh sowie einen beschleunigten iMSys(+)-Rollout grundsätzlich befürworten.

3.3 Hypothesenprüfung

Die Hypothesenprüfung erfolgt mithilfe des Strukturgleichungsmodells, das die Beziehungen zwischen den verschiedenen Konstrukten und Variablen abbildet. Ziel des Strukturgleichungsmodells ist es, die Bedeutung der berücksichtigten Konstrukte für die Akzeptanz des Einbaus von iMSys(+) herauszufinden.

In Abschnitt 3.1.3 wurde das zur Hypothesenprüfung genutzte Strukturmodell beschrieben. Im Rahmen der Analyse zeigte sich jedoch, dass das Modell modifiziert werden muss, um die Daten gut abzubilden. Im Kern wurden dabei folgende Dinge geändert, um eine bestmögliche Passung zwischen den Daten und dem Modell

zu erzielen: Das Konstrukt „Umweltbewusstsein“ wurde ursprünglich zweifaktoriell behandelt, wobei nur der Faktor „affektiv-kognitives Umweltbewusstsein“ für die weiteren Analysen erhalten blieb. Daneben musste das Modell durch Entfernung einiger Konstrukte vereinfacht werden. Entfernt wurden die folgenden fünf Konstrukte: „Technologieverständnis“, „Nutzung moderner Geräte“, „Größe des Wohnorts“, „Alter des bewohnten Gebäudes“ und „Wahrgenommener gesetzlicher Rahmen“. Auch wurde der direkte Einfluss demographischer Variablen auf die Absicht, einen iMSys(+) einbauen zu lassen, geprüft. Hierbei zeigten sich keine bedeutsamen direkten Effekte auf das Konstrukt. Letztlich wurden elf Konstrukte berücksichtigt, um die Absicht der Nutzung eines iMSys(+) vorherzusagen. Eine weitere Änderung im Vergleich zum ursprünglichen Strukturmodell bestand darin, dass einige Wechselwirkungen zwischen den Konstrukten ergänzt wurden. Diese Ergänzung diente ebenfalls dazu, die Passung zwischen Modell und Daten zu erhöhen. Dabei wurden nur Wechselwirkungen berücksichtigt, die sich auch auf theoretischer Ebene rechtfertigen lassen.

Insgesamt erzielt das Modell eine ausreichende Passung, sodass die Überprüfung der Hypothesen anhand des Modells möglich ist (vgl. Tabelle 2). Eine ausführliche Beschreibung der Modellpassung findet sich in Anhang 4.

Abbildung 12 zeigt nun die wesentlichen Ergebnisse des Strukturgleichungsmodells. Dieses prognostiziert die Absicht zur Nutzung von iMSys(+) anhand der drei Faktoren „Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung“, „Wahrgenommener Nutzen“ und „Wahrgenommene Risiken“. Diese drei Faktoren hängen wiederum von verschiedenen Variablen oder Konstrukten ab. Grüne Pfeile zeigen an, dass der Zusammenhang zwischen den berücksichtigten Variablen positiv ist, rote Pfeile stehen für einen negativen Zusammenhang. Die Linienstärke der Pfeile verdeutlicht die Stärke des Zusammenhangs. So wird der Einflussfaktor „Wahrgenommene Risiken“ beispielsweise durch die Variablen oder Konstrukte „Zuverlässigkeit“ und „Datenschutz“ positiv beeinflusst. Das bedeutet, dass höhere Werte bei Zuverlässigkeit ($\beta = 0,36$) und Datenschutz ($\beta = 0,43$) mit einer höheren Einschätzung des Risikos einhergehen. Das wahrgenommene Risiko steht in einem negativen Zusammenhang mit der Nutzungsabsicht: Je höher das wahrgenommene Risiko, desto geringer ist die Absicht einer iMSys(+-) Nutzung ($\beta = -0,34$).

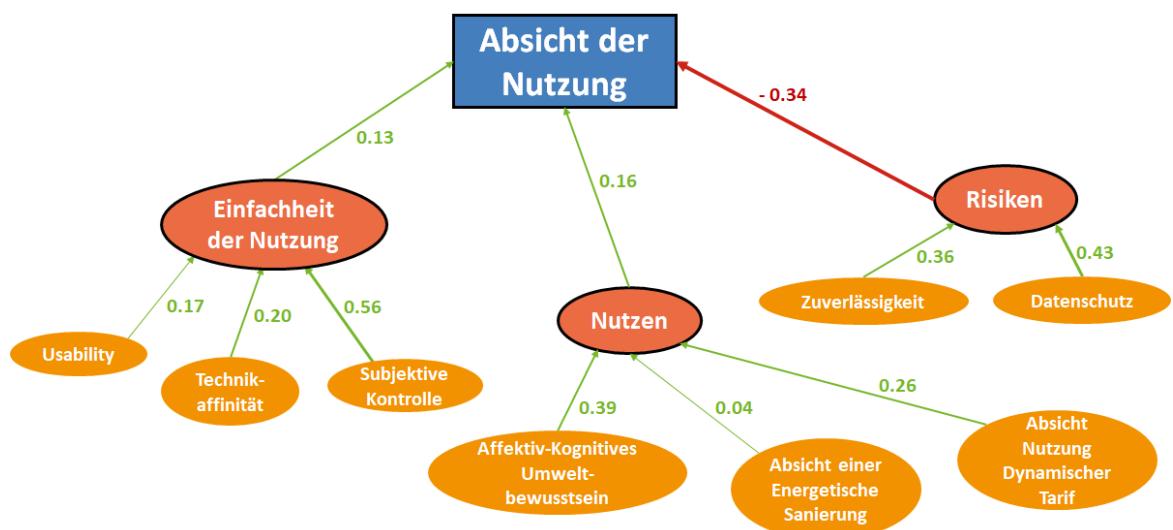


Abbildung 12 Vereinfachte Darstellung der Ergebnisse des Strukturgleichungsmodells für das Strukturmodell ohne Wechselwirkung, komplexe Darstellung siehe Anhang 5

Anhand des in Abbildung 12 dargestellten Modells werden nun die weiteren Hypothesen geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. In der Tabelle wird die Hypothese und deren empirische Bestätigung dargestellt. Die β -Werte geben die Beta-Gewichte zwischen den Variablen an. Ein Wert von 0 bedeutet, dass kein Effekt vorliegt. Ein negativer Wert deutet auf einen negativen Zusammenhang zwischen Variablen hin, ein positiver Wert auf einen positiven Zusammenhang. Dabei unterscheidet sich der Wert durch mehrere Aspekte von einer Korrelation: Erstens können die Werte größer sein als 1 oder -1. Im Gegensatz zur Korrelation beschreibt der Wert zweitens einen Zusammenhang, der nicht nur zwischen den beiden Variablen besteht, wie dies bei einer Korrelation der Fall ist. Der Wert ist vielmehr kontrolliert für den Einfluss der übrigen Variablen des Modells. Drittens ist bei einem Strukturgleichungsmodell die Richtung des Zusammenhangs angegeben, wohingegen bei Korrelationen der Zusammenhang in beide Richtungen besteht. Eine Erhöhung des vorhersagenden Wertes um eine Standardabweichung führt zu einer Erhöhung (bei positiver Ladung) oder Verringerung (bei negativer Ladung) des zu vorhersagenden Wertes um β Standardabweichungen.

Tabelle 2 Hypothesen und ihre Prüfung im Rahmen des Strukturgleichungsmodells

Hypothese	Hypothese empirisch bestätigt	Kommentar
H1a: Je größer die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, umso größer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.	Ja	$\beta = 0,13$
H1b: Je größer die wahrgenommene Nützlichkeit, umso größer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.	Ja	$\beta = 0,16$
H1c: Je größer das wahrgenommene Risiko, umso geringer ist die Absicht, ein iMSys(+) einzubauen.	Ja	$\beta = -0,34$
H2: Je größer die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Ja	$\beta = 0,41$
H3: Je größer die wahrgenommene Nützlichkeit, umso geringer wird das wahrgenommene Risiko eingeschätzt.	Ja	$\beta = -0,36$
H4: Die Techniknutzung hat einen Einfluss auf die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.	Ja	Für drei der vier Konstrukte in den Teilhypothesen H4b, H4c und H4d bestätigt sich dies.
H4a: Je größer das Technikverständnis, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.
H4b: Je größer die Usability, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.	Ja	$\beta = 0,17$

H4c: Je größer die Technikaffinität, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.	Ja	$\beta = 0,20$
H4d: Je größer die subjektive Kontrolle, umso größer ist die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung.	Ja	$\beta = 0,56$
H5: Die räumlichen und technische Voraussetzungen haben einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.	Nein	Bis auf die Teilhypothese H5d mussten alle weiteren Teilhypthesen verworfen werden.
H5a: Je höher die Nutzung moderner Geräte, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.
H5b: Die Größe des Wohnorts hat einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.
H5c: Das Alter des bewohnten Gebäudes hat einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.
H5d: Je größer die Sanierungsabsicht, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Ja	$\beta = 0,04$
H6: Die gesellschaftlichen Faktoren haben einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.	Ja	Für die passenden Konstrukte zeigt sich ein positiver Einfluss.
H6a: Je höher die Absicht, dynamische Stromtarife zu nutzen, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Ja	$\beta = 0,26$
H6b: Je größer die Akzeptanz des gesetzlichen Rahmens, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.
H6c: Je größer das Umweltbewusstsein, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Ja	Dies gilt aber nur für die affektiv-kognitive Dimension.
H6d: Je größer die subjektive Norm, umso größer ist die wahrgenommene Nützlichkeit.	Keine Angabe	Das Konstrukt wurde wegen mangelnder Passung aus dem Modell entfernt und die Hypothese wurde nicht geprüft.

H7: Die wahrgenommenen Risikofaktoren haben einen Einfluss auf die wahrgenommenen Risiken.	Ja	Für die passenden bzw. geprüften Konstrukte zeigt sich ein positiver Einfluss.
H7a: Je höher die Zuverlässigkeit der Stromversorgung, umso geringer ist das wahrgenommene Risiko.	Ja	$\beta = 0,36$
H7b: Je größer die Datenschutzbedenken, umso größer ist das wahrgenommene Risiko.	Ja	$\beta = 0,43$
H7c: Je größer die subjektive Kontrolle, umso kleiner ist das wahrgenommene Risiko.	Keine Angabe	Nicht geprüft, da eine Berücksichtigung dieser Wechselwirkung die Passung zwischen Modell und Daten deutlich verschlechtert hat.

4 Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen

Auf Basis der quantitativen Erhebung mit Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie der qualitativen Befragung von Expertinnen und Experten lassen sich folgende Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen ableiten:

Kernerkenntnis 1: Risiken im Zusammenhang mit iMSys(+), beispielsweise in Bezug auf den Datenschutz, werden eher als gering wahrgenommen. Die Einfachheit der mit iMSys(+) verbundenen Prozesse und deren Nutzung fördert jedoch die Akzeptanz.

Zentral für die verbraucherseitige Akzeptanz von iMSys(+) ist die wahrgenommene Bewertung der Risiken. Laut Umfrageergebnissen werden Risiken im Hinblick auf den Datenschutz eher unterdurchschnittlich wahrgenommen. Der wahrgenommene Nutzen und die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung von iMSys(+) sind wichtige Faktoren, welche die Akzeptanz von iMSys(+) positiv beeinflussen. Die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung kann dabei von den Akteurinnen und Akteuren beeinflusst werden, indem beispielsweise die Beantragung, der Einbau sowie die Nutzung von iMSys(+) möglichst vereinfacht werden.

Andere in der Befragung erhobene Konstrukte wie das affektiv-kognitive Umweltbewusstsein oder die Technikaffinität der Befragten lassen sich nur bedingt von den Akteurinnen und Akteuren direkt beeinflussen. Dennoch können eine erhöhte Interoperabilität zwischen iMSys(+), Verbrauchseinrichtungen, Erzeugungsanlagen und Gebäude-EMS sowie offene Protokolle und Standards, die Plug-and-Play-Lösungen ermöglichen, dazu beitragen, Barrieren für weniger technikaffine Verbraucherinnen und Verbraucher zu senken und die Marktdurchdringung zu beschleunigen.

Handlungsempfehlungen:

- MSB können auf das Vertrauen der Verbraucherinnen und Verbraucher in iMSys(+) bauen und sollten dieses erhalten, indem sie eine transparente Kommunikation zum Thema iMSys(+) fördern, unkomplizierte und verständliche Informationsangebote bereitstellen und bei Problemen schnell, zugänglich und lösungsorientiert agieren.
- Die Einfachheit der Nutzung hat einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz von iMSys(+). Im Rahmen der Beantragung, des Einbauprozesses und der Nutzung sollte seitens der MSB daher auf möglichst einfache und verbraucherfreundliche Prozesse geachtet werden.
- Hardware- und Softwareanbieter sollten gezielt Plug-and-Play-Lösungen mit offenen Schnittstellen entwickeln, um eine nahtlose und unkomplizierte Integration von iMSys(+) mit Verbrauchseinrichtungen, Erzeugungsanlagen und Gebäude-Energiemanagementsystemen herzustellen und so eine höhere Nutzerfreundlichkeit und Kompatibilität zu gewährleisten.

Kernerkenntnis 2: Die Verbraucherinnen und Verbraucher stehen iMSys(+) positiv gegenüber, wünschen jedoch gleichzeitig mehr Informationen zu iMSys(+).

Insgesamt sind die Verbraucherinnen und Verbraucher dem Einbau von iMSys(+) gegenüber positiv eingestellt. 83,01 % der Befragten wären dazu bereit, sich ein iMSys(+) einzubauen lassen. Lediglich weniger als 5 % der Befragten sind skeptisch gegenüber einem Einbau. Als die wichtigsten Vorteile von iMSys(+) sehen die Befragten die Visualisierung des Stromverbrauchs, die Einsparung von Stromkosten durch dynamische Stromtarife sowie Tipps zum Stromverbrauch. Es sind jedoch nicht alle Vorteile gleichermaßen bekannt –,

jede zehnte Person kannte sogar keinen einzigen Vorteil von iMSys(+). Vor diesem Hintergrund gaben 70 % der Befragten an, dass sie gerne mehr über iMSys(+) erfahren möchten. Dabei wünschten sie sich vor allem eine Kommunikation via E-Mail oder Post. Im Rahmen dieser Kommunikationsmaßnahmen schlagen die Expertinnen und Experten vor, mögliche Vorurteile und Unsicherheiten zu adressieren und insbesondere die Vorteile von iMSys(+) zu erläutern. Auch sollte die Funktionsweise von iMSys(+) auf einfache und verständliche Weise erklärt werden.

Handlungsempfehlungen:

- MSB und Anbieter von dynamischen Stromtarifen oder Visualisierungslösungen sollten die Kommunikation zu iMSys(+) intensivieren. Ein Großteil der Befragten ist zwar positiv gegenüber iMSys(+) eingestellt, dennoch gibt es eine skeptische Minderheit. Bei der Kommunikation ist es wichtig, insbesondere die möglichen Vorteile zu kommunizieren, die sich beispielsweise in Kombination mit dem Abschluss eines dynamischen Stromtarifs oder mit der Anschaffung eines Gebäude-EMS erschließen. Selbst unter den Befragten mit einer positiven Einstellung zu iMSys(+) bestand hier ein Informationsdefizit. Als Kommunikationswege sollten den Befragungsergebnissen entsprechend der Postweg und E-Mail bevorzugt werden.
- Bei den Schnittstellen zu Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern sollten die Anbieter von z. B. Visualisierungslösungen auf eine verbraucherfreundliche Gestaltung der Softwareoberflächen achten.

Kernerkenntnis 3: Es besteht eine Zahlungsbereitschaft der Verbraucherinnen und Verbraucher für die Nutzung von iMSys(+). Bei der Inanspruchnahme von dynamischen Tarifen erwarten sie Einsparungen der Stromkosten.

Im Durchschnitt sind die Verbraucherinnen und Verbraucher bereit, 52,37 € pro Jahr für die Nutzung eines iMSys(+) zu bezahlen. Dabei ist zu beachten, dass die Befragten über kein fundiertes Wissen bezüglich der mit iMSys(+) verbundenen Zusatzprodukte und deren Kosten verfügen. Daher kann aus Sicht der Befragten in der Zahlungsbereitschaft von 52,37 € pro Jahr gegebenenfalls auch der Mehrnutzen durch einen oder mehrere der erweiterten Anwendungsvorteile des iMSys(+) enthalten sein (vgl. Abbildung 9). Ein weiterer zentraler Vorteil liegt nach Ansicht der Befragten in den potenziellen Kosteneinsparungen durch die Nutzung von dynamischen Stromtarifen. Hier wünschen sich die Befragten eine Einsparung von monatlich 35,43 €. Trotz der Einsparwünsche kennen nur 54,59 % der Befragten den Begriff „dynamischer Stromtarif“ und nur 6,12 % nutzen solche Tarife bereits.

Um die Akzeptanz bei Verbraucherinnen und Verbrauchern zu steigern, sollten die Kosten für diese laut Aussage der Expertinnen und Experten mit dem Nutzen vereinbar sein. Eine POG, die sowohl die Zahlungsbereitschaft der Verbraucherinnen und Verbraucher als auch die Anforderungen seitens der MSB berücksichtigt, ist dabei entscheidend.

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass sich eine höhere POG bei der kundenseitig gewünschten Installation eines iMSys(+) negativ auf die Wirtschaftlichkeit dynamischer Tarife in Verbindung mit iMSys(+) auswirkt. Dies hat zur Folge, dass sich dynamische Tarife weniger stark am Markt durchsetzen und die Nachfrage nach iMSys(+) sinkt. Da die POG für die verpflichtende Zusatzleistung des iMSys(+)-Einbaus für die MSB gemäß §

35 Abs. 1 Ziff. 1 lediglich als Richtwert dient, rufen einige MSB bereits extrem hohe Preise auf.⁵ So berichten Anbieter dynamischer Tarife von Bestellpreisen, die teils über 800 € liegen (Dierks, 2025). Bei derart hohen Investitionskosten ist es schwierig, die von den Befragten erwartete finanzielle Einsparungen durch dynamische Stromtarife mit iMSys(+) zu erzielen. Dadurch verlieren dynamische Tarife als Treiber für den iMSys(+) Rollout erheblich an Bedeutung.

Handlungsempfehlungen:

- Die im MsbG vorgesehene Kostenaufteilung des Rollouts zwischen Letztverbraucherinnen und Letztverbrauchern sowie Netzbetreibern ist grundsätzlich sinnvoll. In der Diskussion steht vor allem die konkrete Höhe der POG, insbesondere für den Einbau auf kundenseitigen Wunsch. Diese kann zusätzlich zur Standard-POG erhoben werden, unterliegt jedoch keiner festen Deckelung. Die Befragung der Verbraucherinnen und Verbraucher kann einen Anhaltspunkt für eine marktorientierte POG bieten. Aus ihr geht die Zahlungsbereitschaft eines Jahresbetrags von 52,37 € für die Nutzung eines iMSys(+) hervor. Dieser Betrag schließt gegebenenfalls auch die Nutzung von weiteren, auf der iMSys(+) Infrastruktur aufbauenden Produkten ein, wie beispielsweise die Verbrauchsvisualisierung. Eine angemessene regulatorische Preisdeckelung als verpflichtende Zusatzleistung der MSB, auch für den Einbau auf kundenseitigen Wunsch, könnte die Bedeutung der dynamischen Tarife als treibende Kraft für den iMSys(+) Rollout stärken.

Kernerkenntnis 4: Die Absicht zur Anschaffung und Nutzung von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen und damit einhergehenden Ladestationen sowie weiteren Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen hat einen Einfluss auf die Planung des iMSys(+) Rollouts.

Ein Treiber für den Einbau von iMSys(+) könnte vor allem die Anschaffung und Nutzung von Elektro- bzw. Plug-in-Hybridfahrzeugen und die damit verbundene Installation einer Ladestation sein. Laut der Umfrage planen knapp 30% der Befragten die Anschaffung eines solchen Fahrzeugs. An zweiter Stelle folgt der geplante Einbau von PV-Anlagen (14,79 %), Akkuspeichern (9,7 %) und strombasierten Heizsystemen (9,2 %) (vgl. Kapitel 3.2.3). Zu beachten ist, dass die Anschaffung von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen nicht direkt an den Besitz einer Immobilie gekoppelt ist.

Da sowohl Ladestation als auch andere Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen mit bestimmten Eigenschaften den Pflichteinbau eines iMSys(+) erforderlich machen (vgl. Kapitel 2.2.1 und 2.2.2), haben die Anschaffungsabsichten der Verbraucherinnen und Verbraucher eine große Bedeutung für den iMSys(+) Rollout und somit auch für die Planung des iMSys(+) Rollouts durch die MSB.

Handlungsempfehlungen:

- Die MSB sollten bei der Planung des iMSys(+) Rollouts insbesondere die Marktentwicklungen sowie die verbraucherseitigen Anschaffungsabsichten von Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen (insbesondere PV-Anlagen) berücksichtigen, die unter die Pflichteinbaufälle fallen (vgl. Kapitel 2.2.1 und 2.2.2). Für detaillierte Prognosen solcher Einbaufällen sind insbesondere netzgebietsspezifische Daten zu verbraucherseitigen Anschaffungsabsichten von Vorteil. Mit diesen Informationen könnten MSB die Pflichteinbaufälle für die kommenden Jahre präziser prognostizieren.

⁵ Gemäß § 35 Abs. 1 gilt eine jährliche Bestellungs-POG von 30 € sowie eine einmalige Bestellungs-POG von 100 € als angemessen für die Installation eines iMSys auf Wunsch der Kundinnen und Kunden. Der Wert der Bestellungs-POG nach § 35 Abs. 1 Satz 1 Nummer 1 wird zusätzlich zu den sonstigen POG erhoben. Allerdings haben MSB die Möglichkeit, nachweislich höhere Einbaukosten geltend zu machen und entsprechend deutlich höhere Beträge in ihren Abrechnungen zu verlangen.

Kernerkenntnis 5: Technische Voraussetzungen und Netzabdeckung sicherstellen

Eine flächendeckende Netzabdeckung ist essenziell für den erfolgreichen Rollout von iMSys(+). Neben dem LTE-Ausbau sollten alternative Kommunikationsinfrastrukturen wie 450Mhz Glasfaser und Breitband-Powerline gezielt ausgebaut beziehungsweise eingesetzt werden, um eine stabile und zukunftssichere Datenübertragung zu gewährleisten. Gleichzeitig erfordert die Umsetzung eine ausreichende Anzahl qualifizierter Fachkräfte, um die Installationen und Wartung der iMSys(+-)Infrastruktur sicherzustellen.

Handlungsempfehlungen:

- Es sollten neben dem LTE-Netz auch gezielt den Ausbau von Glasfaser- und Breitband-Powerline-Infrastrukturen vorangetrieben werden, um eine flächendeckende und zuverlässige Netzabdeckung sicherzustellen.
- MSB und Netzbetreiber müssen verstärkt Fachkräfte ausbilden, rekrutieren und die Attraktivität der entsprechenden Berufsfelder steigern, um einem Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

5 Fazit

Das Ziel dieser Studie besteht darin, die für den Rollout von iMSys(+) relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren und zu bewerten. Hierzu fand eine umfassende Literaturrecherche zur Ermittlung relevanter Faktoren statt. Die Ergebnisse dieser Literaturrecherche flossen als Input in die qualitative Erhebung durch Interviews mit Expertinnen und Experten ein und wurden im Rahmen der Interviews validiert. Im Anschluss folgte eine quantitative Befragung mit 392 Teilnehmenden. Diese ermöglichte einen Einblick in die quantitative Wirkung der Einflussfaktoren auf den iMSys(+-)Rollout sowie die Akzeptanz von iMSys(+) durch Letztverbraucherinnen und Letztverbraucher.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Akzeptanz von iMSys(+) bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern von der wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung beeinflusst wird. Für Verbraucherinnen und Verbraucher ist eine benutzerfreundliche Ausgestaltung von Beantragung, Installation und Nutzung der iMSys(+) entscheidend. MSB sollten daher bei Einbau und Nutzung von iMSys(+) auf einfache und verständliche Prozesse setzen und diese transparent kommunizieren. Die Risiken bezüglich des Datenschutzes in Verbindung mit iMSys(+) werden von den Verbraucherinnen und Verbrauchern als gering eingeschätzt.

Zudem besteht eine grundsätzlich positive Haltung gegenüber iMSys(+). Über 80 % der Befragten wären zum Einbau bereit. Dennoch besteht ein Informationsdefizit, viele Vorteile der iMSys(+) sind bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern nur unzureichend bekannt. MSB sowie Anbieter von dynamischen Stromtarifen und Visualisierungslösungen sollten daher gezielte Informationskampagnen durchführen und die Funktionsweise sowie die Vorteile von iMSys(+) einfach und verständlich kommunizieren.

Im Durchschnitt sind die Verbraucherinnen und Verbraucher bereit, einen Betrag von 52,37 € pro Jahr für die Nutzung eines iMSys(+) zu zahlen. Bei diesem Wert ist zu beachten, dass die Befragten über kein fundiertes Wissen bezüglich iMSys(+) und den damit verbundenen Zusatzprodukten wie beispielsweise Visualisierungslösungen und deren Kosten verfügen.

Sofern Kundinnen und Kunden einen bilanzierbaren dynamischen Tarif abschließen möchten, benötigen sie ein iMSys(+). Bei der Nutzung dynamischer Tarife sind für die Verbraucherinnen und Verbraucher die Kosten einsparungen relevant. Um dynamische Tarife als Rollout-Treiber zu stärken, bedarf es einer angemessenen regulatorischen POG für Einbaufälle auf Wunsch der Kundinnen und Kunden.

Nicht zuletzt ist die geplante Anschaffung von Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen entsprechend den Pflichteinbaufällen (vgl. Kapitel 2.2.1 und 2.2.2) ein zentraler Treiber für den iMSys(+-)Rollout. Die MSB sollten Marktentwicklungen sowie die netzgebietsspezifischen Anschaffungsabsichten analysieren, um zukünftige Pflichteinbaufälle genau prognostizieren und entsprechend strategisch planen zu können.

Die Studie legt eine wichtige Basis, um den iMSys(+-)Rollout anhand relevanter Einflussfaktoren besser zu verstehen. Bei der Integration der Erkenntnisse in Planungstools wie dem im SET Hub Pilot 3 entwickelten Smart-Meter-Rollout-Planungstool (dena, 2025) können diese Erkenntnisse berücksichtigt werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den am iMSys(+-)Rollout beteiligten Akteurinnen und Akteuren – wie MSB, Anbieter dynamischer Tarife und Politik – wird dabei helfen, technische Lösungen und regulatorische Anforderungen effektiv zu etablieren, umzusetzen und noch verbraucherfreundlicher zu gestalten. Daher sollten diese Akteurinnen und Akteure aktiv in den Austausch treten und die Ausgestaltung von Hardware, Software und Prozessen gemeinsam – auch unter Einbeziehung der Perspektive der Verbraucherinnen und Verbraucher – vorantreiben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Vorgehensweise der Studie	8
Abbildung 2	Das Technologieakzeptanzmodell (Venkatesh & Bala, 2008)	21
Abbildung 3	Das RITAM nach Park et al. (2014), eigene Darstellung und Übersetzung	22
Abbildung 4	Strukturmodell basierend auf dem RITAM (Park et al., 2014; Holl, 2021) mit den zugehörigen Hypothesen	23
Abbildung 5	Altersverteilung der Teilnehmenden in Prozent.....	27
Abbildung 6	Anteil der Personen, die wissen, was ein iMSys(+) ist	27
Abbildung 7	Anteil der Personen, bei denen bereits ein iMSys(+) eingebaut wurde.....	28
Abbildung 8	Bereitschaft zum Einbau eines -iMSys(+) in Prozent.....	28
Abbildung 9	Bekanntheit von möglichen Vorteilen in Kombination mit der Nutzung eines -iMSys(+) in Prozent.....	29
Abbildung 10	Zustimmung zur Aussage, dass die Befragten mehr zu iMSys(+) wissen möchten.....	30
Abbildung 11	Nutzung von dynamischen bzw. flexiblen Stromtarifen.....	31
Abbildung 12	Vereinfachte Darstellung der Ergebnisse des Strukturgleichungsmodells für das Strukturmodell ohne Wechselwirkung, komplexe Darstellung siehe Anhang 5	33

Literaturverzeichnis

AlAbdulkarim, L., Lukszo, Z., & Fens, T. (2012). *Acceptance of Privacy-Sensitive Infrastructure Systems: A Case of Smart Metering in The Netherlands*. Third International Engineering Systems Symposium (CESUN), Delft. <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:16b8f9eb-2a52-4867-85c4-a84e2934b9ea>

AlAbdulkarim, L., Molin, E., Lukszo, Z., & Fens, T. (2014). Acceptance of ICT-intensive socio-technical infrastructure systems: Smart metering case in the Netherlands. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, 399–404. <https://doi.org/10.1109/ICNSC.2014.6819659>

Bentler, P. M. (1992). On the fit of models to covariances and methodology to the Bulletin. *Psychological Bulletin*, 112(3), 400–404. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.3.400>

Bergsträßer, J. (2022). Herausforderungen bei der Digitalisierung der Energieversorgung. Kopernikus-Projekt Ariadne.

Bitkom e.V. (2024). 83 Prozent sehen Digitalisierung als Chance für die Energiewende. <https://www.bit-kom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-Chance-fuer-Energiewende>

Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4., korrigierte und erweiterte Auflage). Pearson.

Budde, L. (2015). Akzeptanz von variablen Stromtarifen: Ergebnisse einer qualitativen Vorstufe und einer bevölkerungsrepräsentativen Umfrage. Forsa. Abgerufen am 13. Dezember 2024, von https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Akzeptanz-variable-Stromtarife_Umfrage-Forsa-vzbv-November-2015.pdf

Cattell, R. B. (1978). *The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2262-7>

Chawla, Y., Kowalska-Pyzalska, A., & Oralhan, B. (2020). Attitudes and opinions of social media users towards smart meters' rollout in Turkey: Quantitative study via online survey. *Energies*, 13(3), 732. <https://doi.org/10.3390/en13030732>

Comrey, A. L., & Lee, H. B. (2013). *A First Course in Factor Analysis* (2nd ed). Taylor and Francis.

Davis, F. (1986). *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-user Information Systems: Theory and Results*. [Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192>

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2025) *SET Pilot 3: Smart Meter Rollout Planungstool – Entwicklung und Evaluierung eines Planungstools für den Rollout von intelligenten Messsystemen*

Dierks, S. (2025, 13. Februar). Verbraucherzentrale prüft Klage gegen Messstellenbetreiber: <https://www.energate-messenger.de/news/251011/verbraucherzentrale-prueft-klage-gegen-messstellenbetreiber>

Frondel, M., Ritter, N., & Sommer, S. (2015). Stromverbrauch privater Haushalte in Deutschland: Eine ökonomische Analyse (No. 92). Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI). ISBN 978-3-86788-661-1

Gäde, J. C., & Schermelleh-Engel, K. (2023). Strukturgleichungsmodelle. In N. Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 923–950). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_17

Gumz, J., Fettermann, D. C., Sant'Anna, A. M. O., & Tortorella, G. L. (2022). Social influence as a major factor in smart meters' acceptance: Findings from Brazil. *Results in Engineering*, 15, 100510. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100510>

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis* (7. Auflage, Pearson new internat. ed.). Pearson.

Hitschfeld, B. (2016). Akzeptanz von Technik und Technologie. Smart Meter - Smart Metering. Hitschfeld Unternehmensberatung GmbH. https://www.hitschfeld.de/wp-content/uploads/2017/04/20170331_Studie_Akzeptanz_2017_Welle_1.pdf

Holl, F. (2021). *Die Akzeptanz von Smart Metern durch Endverbraucherinnen und Endverbraucher im Kontext von Smart Grids in Deutschland—Welche Faktoren haben einen Einfluss auf die Akzeptanz von Smart Metern?* Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V. <https://smartgrids-bw.net/publikationen/studie-zur-akzeptanz-von-smart-metern/>

Hüppe, K. K., Kruse, M., & Arthur D. Little GmbH. (2020). Smart meter roll-out in Deutschland: Eine Zwischenbilanz – Neun Erkenntnisse und Tipps für Smart Meter Marktteilnehmer und die, die es noch werden wollen. Arthur D. Little. <https://www.adlittle.com/en/insights/viewpoints/smart-meter-roll-out-deutschland>

Kranz, J., Gallenkamp, J. V., & Picot, Arnold. (2010). *Exploring the Role of Control – Smart Meter Acceptance of Residential Consumers.* Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems, Lima, Peru. <https://aisel.aisnet.org/amcis2010/315/>

Mohaupt, F., Macht, L., Dede, C., & Gährs, S. (2018). *Mögliche Akzeptanzfaktoren für Flexibilitäten im Energiesystem—Eine literaturbasierte Analyse im Rahmen von Arbeitspaket 8 im Projekt Designet.* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.

Park, C.-K., Kim, H.-J., & Kim, Y.-S. (2014). A study of factors enhancing smart grid consumer engagement. *Energy Policy*, 72, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.017>

Rajaguru, S., Johannsson, B., & Gianluigi, V. (2024). *Users' understanding of smart meters in Sweden: An interpretive study.* 23rd International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR 2024), Prag, Tschechien. <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1908504&dswid=-5423>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (Fifth edition). Free Press.

Römer, D. & Steinbrecher, J. (2021). Die Elektromobilität nimmt Fahrt auf – doch wer setzt sich eigentlich ans Steuer? KfW Research. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-331-Mai-2021-EMobilitaet.pdf>

Schneider, C. (2020). *Den Rollout im Blick – die Kenntnis der Bevölkerung von Smart Metern/intelligenten Messsystemen—Eine repräsentative Untersuchung in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen.* Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V. https://smartgrids-bw.net/public/uploads/2020/07/Smart-GridsBW2020_Bekanntheit_Smart-Meter_V09.pdf

Schreiber, J. B., Nora, A., Stage, F. K., Barlow, E. A., & King, J. (2006). Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review. *The Journal of Educational Research*, 99(6), 323–338. <https://doi.org/10.3200/JEOR.99.6.323-338>

Statistisches Bundesamt. (2023). *Gemeinden nach Bundesländern und Einwohnergrößenklassen am 31.12.2022* [Dataset]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/08-gemeinden-einwohner-groessen.html>

Statistisches Bundesamt. (2024a). *Bevölkerung nach Altersgruppen* [Dataset]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/bevoelkerung-altersgruppen-deutschland.html>

Statistisches Bundesamt. (2024b). *Eigentumsquote* [Dataset]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Tabellen/tabelle-eigentumsquote.html>

Tounquet, F., & Alaton, C. (2019). Benchmarking smart metering deployment in the EU-28. European Commission.

Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Vetter, M., Haug, S., Dotter, C., & Weber, K. (2024). 4. Arbeitspapier: Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von Smart-Meter-Anwendungen und datenbasierten Mehrwertdiensten. Erste Auswertungen im Rahmen von EVEKT. Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Regensburg. <https://sozial-gesundheitswissenschaften.oth-regensburg.de/forschung/ist-institut-fuer-technikfolgenabschaetzung/projekte/projekte-im-bereich-mobilitaet-und-energie/evekt>

Anhang

Anhang 1: Ergebnisse zur Messqualität und Struktur der Erhebung

Die Messqualität der Erhebung wurde in mehreren Schritten geprüft. Neben der internen Konsistenz der Skalen wurde sowohl eine explorative als auch eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt. Ursächlich für diese Form der Prüfung ist, dass für die meisten Skalen – mit Ausnahme der Messung des Umweltbewusstseins sowie der Technikaffinität – neue Fragebogen-Items entwickelt oder bestehende Messverfahren an den Kontext des iMSys(+) angepasst wurden.

In einem ersten Schritt wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, um insbesondere die Struktur der theoretischen Konstrukte, für die neue Fragebogen-Items entwickelt wurden, zu überprüfen. Es wurde eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt. Auf Basis der Eigenwerte extrahierte diese Methode zwölf Faktoren mit Eigenwerten > 1 auf Basis der Fragebogen-Items, wie in Anhang 2 zu sehen ist. Der Screeplot wiederum sieht einen Knick bei neun Faktoren vor.

Basierend auf den Ergebnissen der rotierten Komponentenmatrix wurde eine wesentliche Änderung bei der weiteren statistischen Analyse vorgenommen: Die Kurzskala für das Konstrukt „Umweltbewusstsein“ wurde nicht mehr als eindimensional interpretiert, sondern entsprechend der Item-Beschreibung bei Geiger & Holzhauer (2020) das Konstrukt in zwei Dimensionen aufgespaltet: „affektiv-kognitives Umweltbewusstsein“ und „Verhalten Umweltbewusstsein“.

In einem zweiten Schritt wurden die Reliabilitäten der Faktoren berechnet. Dabei wurde für die Skala „Umweltbewusstsein“ sowohl eine zweidimensionale Lösung als auch eine eindimensionale Lösung geprüft. Hierbei zeigte sich, dass eine zweidimensionale Betrachtung des Konstrukt „Umweltbewusstsein“ nicht zulässig ist, da die verhaltensbasierte Dimension nicht über eine ausreichende Reliabilität verfügt. Sie wurde deshalb nicht weiter in der Auswertung berücksichtigt. Darüber hinaus musste bei den Konstrukten „Wahrnehmene Kontrolle“ und „Wahrnehmener Nutzen“ jeweils ein Item entfernt werden, um eine ausreichende Reliabilität zu erzielen. Alle anderen Konstrukte weisen eine gute bis sehr gute Reliabilität auf.

Tabelle 3 Reliabilitäten und Skaleneigenschaften für die Konstrukte *Wahrnehmene Kontrolle, Wahrnehmener Nutzen, Subjektive Norm, Einfachheit, Risiken, Zuverlässigkeit*

Name des Konstrukt	Wahrnehmene Kontrolle	Wahrnehmener Nutzen	Subjektive Norm	Einfachheit	Risiken	Zuverlässigkeit
Eigenentwicklung	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Anzahl Items	5	5	3	4	3	3
Reliabilität (Cronbachs Alpha)	0,65	0,59	0,77	0,83	0,85	0,86

Tabelle 4 Reliabilitäten und Skaleneigenschaften für die Konstrukte *Datenschutz*, *Dynamische Stromtarife*, *Energetische Sanierung*

Name des Konstrukt	Datenschutz	Dynamische Stromtarife	Energetische Sanierung
Eigenentwicklung	ja	ja	ja
Anzahl Items	3	3	3
Reliabilität (Cronbachs Alpha)	0,82	0,86	0,84

Prinzipiell weisen die Skalen eine akzeptable bis gute Reliabilität auf. Ausnahmen sind die Dimension „Verhalten“ bei der Skala „Umweltbewusstsein“ sowie die Skalen „Wahrgenommene Kontrolle“ und „Wahrgenommener Nutzen“, da diese nur fragliche Reliabilitäten erzielen. Durch das Entfernen von jeweils einem Item lassen sich zumindest akzeptable Werte erzielen. Die Reliabilitätsanalyse legt für die Skala „Umweltbewusstsein“ eine einfaktorielle Lösung nahe.

Abschließend wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt. Dabei bestätigten sich die Annahmen zur Faktorstruktur.

Insgesamt weist die Untersuchung eine ausreichende Messqualität auf. Einige Skalen könnten jedoch noch höhere Reliabilitäten aufweisen. Die Grundstruktur der Messung und die Verteilung der Konstrukte bleiben erhalten, jedoch wurde jeweils ein Item aus den Skalen „Wahrgenommene Kontrolle“ und „Wahrgenommener Nutzen“ für die Nutzung im Rahmen des Strukturgleichungsmodells entfernt. Zudem wird das Konstrukt „Umweltbewusstsein“ in den weiteren Ergebnissen als zweidimensional berücksichtigt.

Anhang 2 Ergebnisse zur Messqualität des Fragebogens: Faktorextraktion auf Basis der Eigenwerte

Tabelle 5 Ergebnisse zur Messqualität des Fragebogens: Faktorextraktion auf Basis der Eigenwerte

Komponente	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	13,753	25,006	25,006	13,753	25,006	25,006	7,449	13,544	13,544
2	7,041	12,802	37,807	7,041	12,802	37,807	5,862	10,658	24,202
3	5,565	10,119	47,926	5,565	10,119	47,926	5,214	9,480	33,682
4	4,180	7,600	55,527	4,180	7,600	55,527	5,135	9,336	43,019
5	3,928	7,142	62,669	3,928	7,142	62,669	4,404	8,008	51,027
6	3,289	5,981	68,650	3,289	5,981	68,650	3,847	6,994	58,020
7	3,012	5,477	74,127	3,012	5,477	74,127	3,827	6,958	64,978
8	2,296	4,175	78,301	2,296	4,175	78,301	3,614	6,571	71,549
9	1,696	3,083	81,384	1,696	3,083	81,384	3,012	5,476	77,025
10	1,654	3,007	84,392	1,654	3,007	84,392	2,434	4,425	81,450
11	1,520	2,763	87,155	1,520	2,763	87,155	2,213	4,023	85,473
12	1,210	2,199	89,354	1,210	2,199	89,354	2,134	3,880	89,354
13	,943	1,714	91,068						
14	,863	1,570	92,638						
15	,834	1,516	94,153						
16	,624	1,135	95,288						
17	,575	1,046	96,334						
18	,500	,909	97,243						
19	,443	,805	98,048						
20	,390	,710	98,758						

Anhang 3 Ergebnisse zur Messqualität des Fragebogens: Reliabilitäten der Skalen

Tabelle 6 Reliabilitäten und Skaleneigenschaften für die Konstrukte Usability, Technikaffinität, Gesetzlicher Rahmen, Umweltbewusstsein (eindimensional), Umweltbewusstsein: Dimension „Affektiv-kognitiv“, Umweltbewusstsein: Dimension „Verhalten“

Name des Konstruks	Usability	Technik-affinität	Gesetzlicher Rahmen	Umweltbe-wusstsein (eindimensional)	Umweltbe-wusstsein af-fektiv-kogniti-viv	Umweltbe-wusstsein: Verhalten
Eigenentwicklung	ja	nein	ja	nein	nein	nein
Anzahl Items	3	4	3	9	6	3
Reliabilität (Cronbachs Alpha)	0,73	0,75	0,87	0,83	0,84	0,55
Änderung					Entfernung Item 3: 0,87	

Tabelle 7 Reliabilitäten und Skaleneigenschaften für die Konstrukte Wahrgenommene Kontrolle, Wahrgenommener Nutzen, Subjektive Norm, Einfachheit, Risiken, Zuverlässigkeit

Name des Konstrukts	Wahrge-nommene Kontrolle	Wahrge-nommener Nutzen	Subjektive Norm	Einfachheit	Risiken	Zuverlä-ssigkeit
Eigenent-wicklung	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Anzahl Items	5	5	3	4	3	3
Reliabilität (Cronbachs Alpha)	0,65	0,59	0,77	0,83	0,85	0,86
Änderung	Entfernung Item 5: 0,68	Entfernung Item 4: 0,69				

Tabelle 8 Reliabilitäten und Skaleneigenschaften für die Konstrukte Datenschutz, Dynamische Stromtarife, Energetische Sanierung

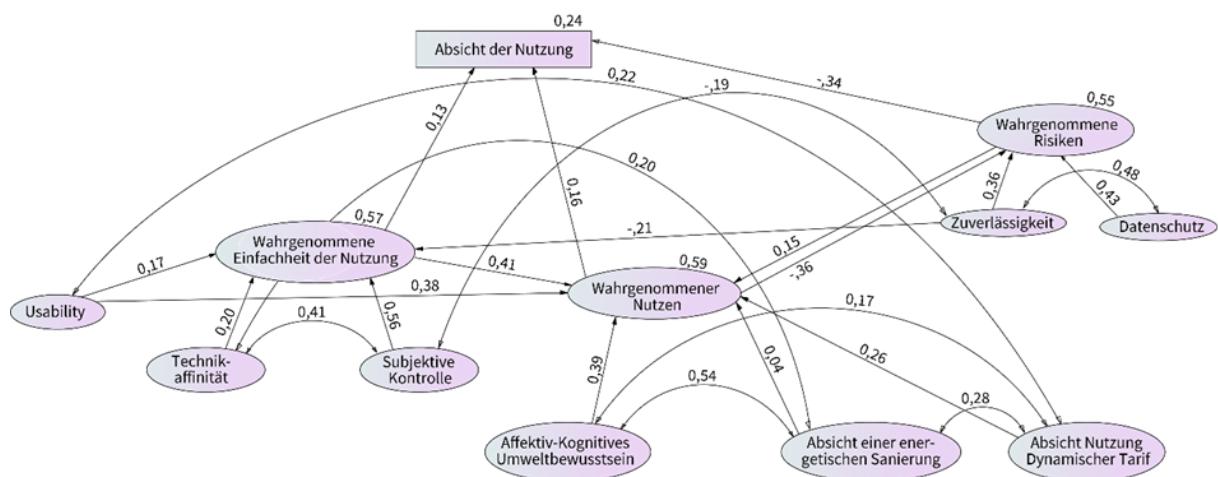
Name des Konstrukts	Datenschutz	Dynamische Stromtarife	Energetische Sanierung
Eigenentwicklung	ja	ja	ja
Anzahl Items	3	3	3
Reliabilität (Cronbachs Alpha)	0,82	0,86	0,84
Änderung			

Anhang 4 Passung des Modells

Das Modell erzielt den folgenden Modellfit: $\chi^2 = 1447,18$, $df = 751$, $p = ,00$, $CFI = ,903$, $RMSEA = ,051$, $SRMR = ,103^6$. Insgesamt kann also von einer ausreichenden Passung ausgegangen werden, einzig der Standardized Root Mean Residual (SRMR) fällt mit ,103 erhöht aus. Diese ausreichende Passung ermöglicht nun die Prüfung der Hypothesen anhand des Modells.

Mithilfe der angegebenen Werte lässt sich überprüfen, ob das Modell gut zu den erhobenen Daten passt. Diese Beurteilung sollte dabei nicht auf Basis eines einzigen „Fit-Wertes“ stattfinden, sondern es werden in der Literatur mehrere Fit-Indizes empfohlen. Ein erster Wert, der hierbei beurteilt wird, ist der χ^2 -Wert, der durch die degrees of freedom (df), (Freiheitsgrade), geteilt wird. Die Größe des χ^2 -Werts hängt von der Stichprobengröße und der Komplexität des Modells ab, wobei die Komplexität durch die df erfasst wird. Teilt man den signifikanten χ^2 -Wert durch die df, so erhält man einen Wert von 1,93. Laut Schreiber et al. (2006) deuten Werte von bis zu 3 auf einen guten Fit hin. Dieses Kriterium ist erfüllt. Der Comparative Fit Index (CFI) vergleicht – wie der Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) und der SRMR – das gefundene Modell mit einem Nullmodell, das annimmt, dass es beispielsweise keine latenten Variablen gibt. Der Wert kann zwischen 0 und 1 liegen. Es wurde ein Wert von 0,903 erzielt. In der Literatur werden unterschiedliche Grenzwerte angegeben. Bentler (1992) betrachtet einen Wert von über .90 als ausreichend. Auch dieses Kriterium wird erfüllt. Der RMSEA liegt zwischen 0 und 1 und baut auf den χ^2 auf, jedoch wird hierbei noch die Populationsgüte berücksichtigt. Es wurde ein Wert von .051 erzielt. Hu & Bentler (1999) gehen von einer guten Passung des Modells aus, wenn der Wert kleiner als .06 ist. Dieses Kriterium ist ebenfalls erfüllt. Schließlich wurde der SRMR mit einem Wert von ,103 erhoben. Er kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. In der Literatur wird von einer guten Modellpassung ausgegangen, wenn der Wert <.11 ist (Hu & Bentler, 1998). Da alle Schwellwerte für die einzelnen Modell-Fit-Indizes erreicht worden sind, kann von einer guten Passung des Modells ausgegangen werden.

Anhang 5 Komplexe Darstellung des Strukturgleichungsmodells



Abkürzungen

BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CFI	Comparative Fit Index
df	degrees of freedom, dt. Freiheitsgrade
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMR	Elektromagnetischer Radiation
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ESA	Energieserviceanbieter
GDEW	Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende
GNDEW	Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende
iMSys	Intelligentes Messsystem
iMSys(+)	Intelligentes Messsystem oder intelligentes Messsystem plus Steuerungssystem
iMSys+	Intelligentes Messsystem plus Steuerungssystem
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LTE	Long Term Evolution
mME	Moderne Messsysteme
MSB	Messstellenbetreiber
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MW	Megawatt
POG	Preisobergrenze
PV	Photovoltaik

RITAM	Risikoerweitertes Technologieakzeptanzmodell
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SD	Standardabweichung
SET	Start Up Energy Transition
SMGW	Smart Meter Gateway
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
SteuVE	Steuerbare Verbrauchseinrichtungen
TAM	Technologieakzeptanzmodell
WAN	Wide Area Network

