

DIKOMO BERICHT

Diffusionsanalyse von Gebäudeautomation

Jens Clausen

Severin Beucker



IMPRESSUM

KURZTITEL

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

AUTOREN

Jens Clausen (Borderstep Institut)

M clausen@borderstep.de

Severin Beucker (Borderstep Institut)

M beucker@borderstep.de

VERLAG

Eigenverlag: © DiKoMo-Konsortium

KONSORTIALFÜHRUNG

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH, Dr. Severin Beucker

Clayallee 323 | 14169 Berlin | +49 (0)30 306 45 100-2 | www.borderstep.de

PROJEKTPARTNER

Berliner Institut für Sozialforschung GmbH | Brandenburgische Straße 16 | 10707 Berlin

ZITIERVORSCHLAG

Clausen, J. & Beucker, S. (2023). Diffusionsanalyse von Gebäudeautomation. DiKoMo-Bericht AP 1. Berlin: Borderstep Institut.

TITELBILD

© Sergey Nivens - AdobeStock

FÖRDERMITTELGEBER

Das Projekt DiKoMo wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

INHALTSVERZEICHNIS

Impressum.....	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Summary	1
1 Einleitung.....	3
1.1 Hintergrund des Berichts.....	3
1.2 Verständnis und Verbreitung von Gebäudeautomation	4
2 Faktoren und Dynamiken der Verbreitung grüner Innovationen.....	8
3 Diffusionsanalyse Gebäudeautomation	13
3.1 Erstellung von Fallprofilen der Diffusionsanalyse	13
3.2 Codesystem zur Erhebung der Einflussfaktoren	13
3.3 Diffusionsanalyse für Gebäudeautomation.....	17
3.4 Anwendung des Analysesystems auf die Gebäudeautomation	17
4 Diffusionsförderung von Gebäudeautomation	23
4.1 Zukunft der Wärmeversorgung von Gebäuden	25
4.2 Technische Weiterentwicklung von Gebäudeautomation.....	27
4.3 Branchenzugehörigkeit, Marktführende und Intermediäre von Gebäudeautomation	29
4.4 Verbesserte Kommunikation zur Gebäudeautomation	29
4.5 Förderung der Technik und (ordnungs-)rechtliche Maßnahmen.....	30
Quellen.....	31

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Häufigkeit von Suchen nach den Begriffen „Gebäudeautomation“ und „Smart Home“ nach Google Trends	5
Abbildung 2: Streudiagramm Diffusionsdynamik und Verbreitungsgrad für 130 Innovationen	9
Abbildung 3: Faktoren, die sich von Gruppe zu Gruppe unterscheiden	10
Abbildung 4: Streudiagramm Diffusionsdynamik und Verbreitungsgrad für die Gebäudeautomation im Vergleich zu 130 umweltentlastenden Produkten und Dienstleistungen	23
Abbildung 5: Quellen der Wärmeversorgung 2021 und gegen Ende der Wärmewende 2035	25

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Codesystem für die Diffusionsanalyse.....	14
Tabelle 2: Diffusionsanalyse für die Gebäudeautomation	17

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
ERP	Enterprise Resource Planning
GA	Gebäudeautomation
GEG	Gebäudeenergiegesetz
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
PV	Photovoltaik

SUMMARY

Der vorliegende Bericht ist im Rahmen des Vorhabens DiKoMo¹ entstanden, das gemeinsam mit Wohnungsunternehmen und Mietenden die Ursachen für den zögerlichen Einsatz von intelligenter Gebäudetechnik, insbesondere Gebäudeautomation, untersucht und Diffusions- und Kommunikationsstrategien für eine bessere Verbreitung von Produkten und Dienstleistungen der Technik entwickelt.

Ziel des Berichts ist, mit Hilfe einer Diffusionsanalyse fördernde und hemmende Faktoren für die Ausbreitung von Gebäudeautomation zu identifizieren. Dadurch sollen Ansatzpunkte und Strategien für eine bessere Marktdurchdringung der Technologie entwickelt werden.

In einem ersten Schritt werden das Begriffsverständnis und die Verbreitung der Technik analysiert. Dabei wird deutlich, dass sich der Begriff Gebäudeautomation im allgemeinen Sprachgebrauch und Verständnis nicht etabliert hat, obwohl Angebote seit mehreren Jahrzehnten verfügbar sind. Vielmehr wird die öffentliche Debatte oft von den Begriffen Smart Home, Smart Building und Smart Living geprägt, die jedoch im Gegensatz zur Gebäudeautomation weniger klar definiert sind. Dies führt in der Praxis zu zahlreichen Unklarheiten und Unsicherheiten in Bezug auf die Technik, ihre Leistungsfähigkeit sowie ihre Anwendungsfelder.

In einem zweiten Schritt wird dann mit einer Diffusionsanalyse untersucht, wie die Verbreitung von Gebäudeautomation im Vergleich zu anderen ‚grünen‘ Innovationen bewertet werden kann. Die Diffusionsanalyse kommt zu dem Schluss, dass für Gebäudeautomation eine erhebliche Verbesserung der Diffusionsdynamik möglich ist. Dies gilt v.a. für ihre Anwendung in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Ansatzpunkte hierfür bieten neben einer effizienten Wärmeversorgung die Zunahme an Wärmepumpen und Fernwärmeanschlüssen im Gebäudebestand, die mit Hilfe von Gebäudeautomation bedarfsgerecht dimensioniert und gesteuert werden können.

Weitere Ansatzpunkte können für eine Vertretung der Gebäudeautomationsbranche sowie eine konsequentere staatliche Unterstützung und Förderung der Technik identifiziert werden. Hierfür werden Umsetzungsvorschläge skizziert.

¹ Das Vorhaben „DiKoMo: Entwicklung von Diffusions- und Kommunikationsstrategien für intelligente Gebäudetechnik“ wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Es wird gemeinsam von den Forschungspartnern Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit und dem Berliner Institut für Sozialforschung (BIS) bearbeitet. Assoziierte Partner sind zudem der Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) e.V. sowie das Deutsche Energieberater-Netzwerk (DEN) e.V. Daneben nehmen mehrere Wohnungsunternehmen sowie Verbände und Netzwerkpartner an dem Vorhaben teil.

1 Einleitung

1 Einleitung

1.1 Hintergrund des Berichts

Dieser Bericht ist im Rahmen des Vorhabens DiKoMo² entstanden, das gemeinsam mit Wohnungsunternehmen und Mietenden die Ursachen für den zögerlichen Einsatz von intelligenter Gebäudetechnik untersucht und Diffusions- und Kommunikationsstrategien für eine bessere Verbreitung von Produkten und Dienstleistungen der Technik entwickelt. Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist die Frage, welche fördernden und hemmenden Faktoren die Ausbreitung der Technologie der Gebäudeautomation beeinflussen. Dies soll mit Hilfe einer Diffusionsanalyse erfasst werden, um darauf aufbauend Ansatzpunkte und Strategien für eine bessere Marktdurchdringung zu entwickeln.

Gebäudeautomation (GA) bzw. Gebäudeautomationssysteme (GA-Systeme) sind „Einrichtungen, Software, Dienstleistungen für die automatische Steuerung und Regelung (...) der technischen Gebäudeausrüstung“ (siehe DIN EN 15232). Sie ermöglichen u.a. einen energieeffizienten, wirtschaftlichen und sicheren Gebäudebetrieb. Die Gebäudeautomation ist Gegenstand mehrerer Normen z.B. der EN ISO 52000-1 oder der DIN EN 15232 (siehe auch (Beucker, S. & Schramm, S., 2022)).

Eine zentrale Aufgabe von Gebäudeautomation ist das Energiemanagement (siehe DIN EN 15232) und dabei insbesondere die Steuerung und das Monitoring des Wärmebedarfs. Dafür werden durch die Technik auf der Wohnungsebene über eine Steuerungseinheit Aktoren (z.B. Thermostat- bzw. Heizungsventile, Belüftungsregler) und Sensoren (z.B. für Temperatur, Anwesenheit, Fensteröffnung) miteinander vernetzt. Über die Steuerungseinheit können Sollwerte für die Temperatur in einzelnen Räumen (z.B. in Form von Stundenplänen oder Nutzungszeiten) vorgegeben werden. Über eine zentrale Steuereinheit im Gebäude werden die so erfassten Wärmebedarfe aus den Wohnungen zu einem Gesamtbedarf des Gebäudes aggregiert. Es handelt sich somit um ein hierarchisch vernetztes Steuer- und Regelsystem. Für die Vernetzung werden sowohl funk- als auch kabelgebundene Systeme (Bussysteme, Protokolle, etc.) genutzt, wobei hier zahlreiche Standards gegeneinander konkurrieren.

In die Ermittlung und Steuerung des Wärmebedarfs können weitere Parameter wie die prognostizierte Außentemperatur (Wetterprognose), das Aufheizverhalten des Gebäudes sowie der voraussichtliche Warmwasserbedarf eingehen. Das Energiemanagement der Gebäudeautomation ermittelt aus diesen Parametern kontinuierlich die erforderliche Heizlast und passt die Leistung des Wärmeerzeugers sowie die Wärmeverteilung im Gebäude (z.B. über regelbare Aktoren in Form von Pumpen, Strangventilen und Heizkörperthermostaten) daran an.

Viele Gebäudeautomationssysteme nutzen künstliche Intelligenz für die kontinuierliche Optimierung des Energiemanagements. Dies ermöglicht den Systemen aus dem Verhalten von Bewohnerinnen und Bewohnern zu lernen und sich verändernden Nutzungsprofilen anzupassen. Darüber hinaus sind viele der Systeme erweiterbar. So können z.B. Aktoren und Sensoren zur Steuerung von Verschattung, Beleuchtung oder Kühlung und Belüftung integriert und damit neben dem Energiemanagement auch komfort- oder sicherheitsrelevante Anwendungen umgesetzt werden.

² Das Vorhaben „DiKoMo: Entwicklung von Diffusions- und Kommunikationsstrategien für intelligente Gebäudetechnik“ wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. Es wird gemeinsam von den Forschungspartnern Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit und dem Berliner Institut für Sozialforschung (BIS) bearbeitet. Assoziierte Partner sind zudem der Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) e.V. sowie das Deutsche Energieberater-Netzwerk (DEN) e.V. Daneben nehmen mehrere Wohnungsunternehmen sowie Verbände und Netzwerkpartner an dem Vorhaben teil.

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Der Begriff der Gebäudeautomation und des Energiemanagements werden in der DIN EN 15232 „Energieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“ beschrieben (siehe ebd.). Dort wird ein Verfahren (GA-Faktor Verfahren) beschrieben, das auf der Grundlage einer vereinfachten Berechnung von Energieeinsparungen vier Automationsgrade und Effizienzklassen für die technische Gebäudeausrüstung und Heizungssteuerung definiert (DIN EN 15232, 2017, Kapitel 7).

Die höchste in der Norm beschriebene Effizienzkategorie wird mit einer Gebäudeautomation der Klasse A erreicht. Systeme dieser Klasse verfügen z.B. über eine bedarfsgeführte Einzelraumregelung sowie eine Präsenzerkennung, die mit der zentralen Heizungssteuerung lastabhängig kommunizieren. Ein System der Klasse B verfügt über eine adaptive Einzelraumregelung, die in der Lage ist, mit einem Gebäudeautomationssystem zu kommunizieren. Ein Standardsystem (Klasse C) verfügt über eine Regelung auf der Raum- und Gebäudeebene ohne Vernetzung und Klasse D bedeutet keine automatische Regelung. Die Energieeffizienzklassen der Norm entsprechen damit Energieeinsparungen, die durch den Einsatz der Technik in Gebäuden erreicht werden können (siehe Beucker, S. & Schramm, S., 2022). Die GA-Effizienzklassen sind für die energetische Gebäudeplanung und -sanierung von Bedeutung, denn die Einsparwirkung einer Gebäudeautomation darf damit laut Gebäudeenergiegesetz bei der Ermittlung des Energiebedarfs von Gebäuden berücksichtigt und auf den Energieausweis angerechnet werden (Bundesregierung, 2020). Die Technik stellt daher eine Maßnahme zur Effizienzsteigerung und Erreichung von Klimaneutralität in Gebäuden dar.

Die Ursprünge der Gebäudeautomation reichen in die 1980er Jahre zurück. Je nach Branche und Zugang zur Technik werden verschiedene, z.T. proprietäre Software-Protokolle sowie Vernetzungs- und Kommunikationsstandards verwendet werden (siehe Beucker, S. & Schramm, S., 2022). Während die Produkte und Technik der Gebäudeautomation traditionell auf Feldbus-Systemen aufbauen, sind speziell mit Smart Home- und Smart Building-Systemen zahlreiche neue Standards und Protokolle hinzugekommen. Mehrere Anbieterinnen und Anbieter haben sich zu internationalen Allianzen (z.B. ehemalige Zigbee Alliance heute Matter³) zusammengeschlossen. Die Vielzahl der genutzten Standards und Protokolle verdeutlicht zudem, dass die in der Theorie vorgenommene Abgrenzung zwischen Gebäudeautomation sowie Smart Home- und Smart Building-Systemen in der Praxis nicht praktikabel und nicht immer eine klare Zuordnung einzelner Produkte zu den Systemebenen möglich ist.

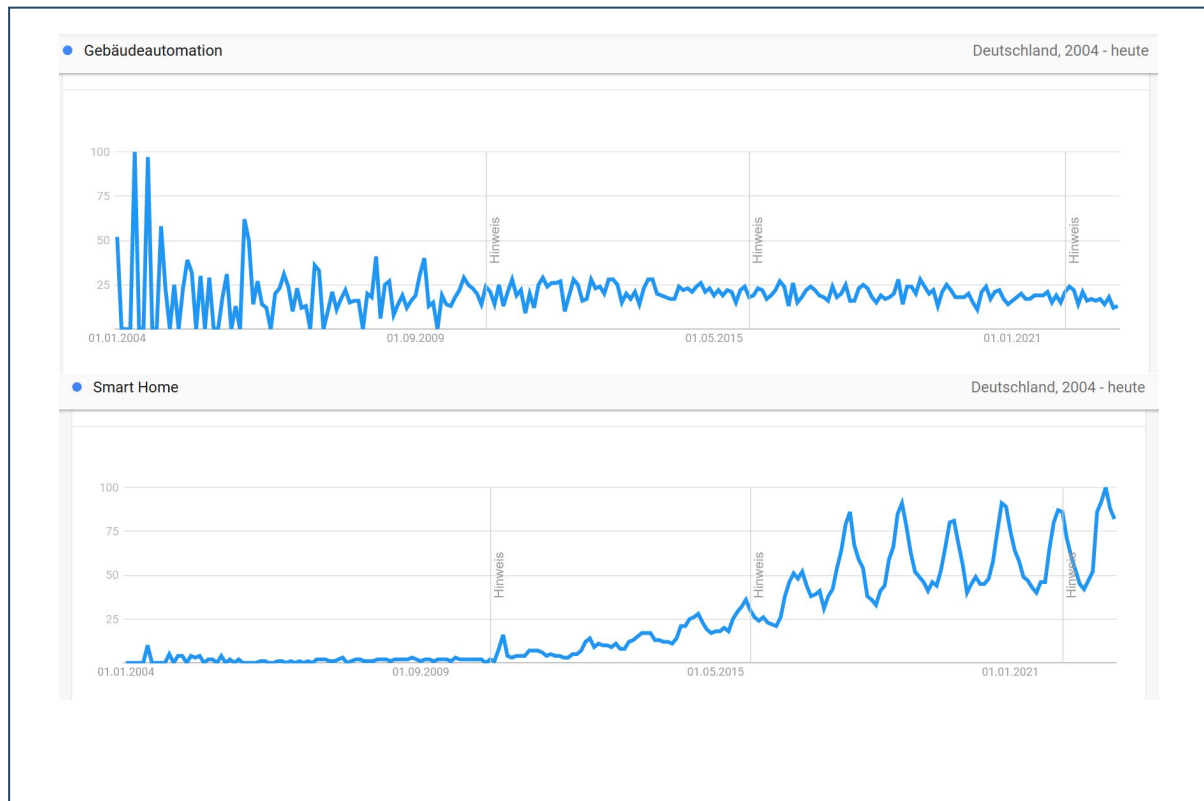
1.2 Verständnis und Verbreitung von Gebäudeautomation

Neben der Gebäudeautomation werden in der Literatur und Praxis zahlreiche weitere Begriffe verwendet, die Überschneidungen zur Gebäudeautomation besitzen bzw. von dieser abgegrenzt werden müssen. Dazu zählen z.B. die Begriffe Smart Home, Smart Building und Smart Living Ansätzen (siehe (Beucker, S. & Schramm, S., 2022).

Obwohl Gebäudeautomation in der Norm DIN EN 15232 technisch exakt beschrieben ist, hat er sich im alltäglichen Sprachgebrauch eher nicht durchgesetzt. So legt die Suche mit „Google-Trends“ die Vermutung nahe, dass der deutsche Begriff der Gebäudeautomation im normalen Sprachgebrauch seit dem Jahr 2010 eher dem Oberbegriff Smart Home zugeordnet wird.

³ Siehe: <https://buildwithmatter.com> (Abruf Februar 2023)

Abbildung 1: Häufigkeit von Suchen nach den Begriffen „Gebäudeautomation“ und „Smart Home“ nach Google Trends



Quelle: Google Trends

Dass die Frage der energetischen Optimierung wiederum für das Verständnis des Begriffes Smart Home eine zentrale Rolle spielt, wird daran deutlich, dass die Suche nach dem Begriff Smart Home in den letzten sechs Jahren zwischen November und Februar ungefähr dreimal so häufig durchgeführt wurde wie zwischen März und Oktober. Dies legt nahe, dass im Winterhalbjahr, in dem in den Haushalten durch Heizung mehr Energie verbraucht wird, ein größeres Interesse an energiesparenden Ansätzen besteht. Besonders deutlich wird dies zuletzt aufgrund des starken Anstiegs der Suche im September 2022 infolge der Energiekrise.

Wie stark aber ist Gebäudeautomation verbreitet? Waide et al. (2014) schätzten schon vor knapp zehn Jahren, dass bestehende Nicht-Wohngebäude (z.B. Büros, Verwaltungsgebäude, Schulen) in Europa zu ca. 26 % mit der Technik ausgestattet sind. Dieser relativ hohe Verbreitungsgrad ist allerdings dadurch zu erklären, dass Nicht-Wohngebäude häufiger mit zentralen und geregelten Heizungs- und Lüftungsanlagen ausgestattet sind, die wiederum durch Gebäudeautomation gesteuert werden. Im Teilsektor der Wohngebäude gehen Waide et al. dagegen von einer weitaus geringeren Verbreitung von nur wenigen Prozent aus (Waide et al., 2014).

Deutlich optimistischer werden dagegen die Verbreitungsgrade von Smart Home Technik eingeschätzt. Nach einer Umfrage von co2online (2019) nutzen 29 % der befragten 1.400 Verbraucherinnen und Verbraucher Smart Home Systeme und/oder smarte Anlagen. Im Detail zeigt sich jedoch, dass unter dem Smart Home Begriff eine große Vielfalt von mehr oder weniger intelligenten Anwendungen verstanden werden. Diese umfassen: intelligente Thermostate (19 %), internetfähige Heizungen (10 %), Wetterprognosesteuerung der Heizung (4,6 %), internetfähige Wärmemengenzähler

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

(2,9 %) und Fernwartung der Heizung (2,3 %). Ob und in welchem Umfang diese Smart Home Anwendungen zur Energieeffizienz beitragen, ist schwer zu bewerten, da sie sich nicht in allen Fällen in bekannte Klassifikationen (z.B. gemäß den in der DIN EN 15232 beschriebenen Funktionen) einordnen lassen.

Eine Befragung des Bitkom im Jahr 2022 kommt zu dem Ergebnis, dass 25 % (von 1.315 befragten Personen) intelligente Heizkörperthermostate nutzen (Berg, 2022). Als größter Vorteil wird von den Befragten die Möglichkeit zur Senkung des Energieverbrauchs gesehen (ca. 80 %), während jedoch verschiedene Vorbehalte die Menschen von der Nutzung dieser Technologien abhalten: „Ich habe Angst vor Hacker-Angriffen“ meinen 47 % der Nicht-Nutzenden von Smart Home Anwendungen, „Ich habe Angst vor Missbrauch persönlicher Daten“ meinen 37 % und „Ich habe Angst um meine Privatsphäre“ meinen 29 %. Auch für die Bitkom-Befragung gilt, dass keine eindeutige Definition von Smart Home Funktionen (z.B. im Sinne der Energieeffizienzklasse der DIN EN 15232) vorgenommen wird.

Das statistische Bundesamt hat schließlich die Ausstattung von Haushalten mit smarten Geräten und Systemen im Berichtsjahr 2022 erstmals erfragt (Destatis, 2022): *„Smarte Energiemanagement-Systeme waren in 14 % der Haushalte mit einem (monatlichen) Einkommen von 2.500 Euro bis unter 18.000 Euro vorhanden. Damit waren diese Haushalte rund dreimal häufiger mit solchen Systemen ausgestattet als Haushalte mit einem (monatlichen) Einkommen bis 2.500 Euro (4 %).“*

Im Fokus standen hier mit dem Internet verbundene und über das Netz steuerbare Energiemanagement-Systeme, wobei keine eindeutige Definition des Energiemanagements wie in der DIN EN 15232 genutzt wird. Gemeint sind daher wohl eher Smart Home Funktionen, die in unterschiedlicher Form auf den Energieverbrauch (Wärme und Strom) in einem Haushalt einwirken können. Interessant an den Ergebnissen dieser Befragung ist aber, dass die Technik in hohen Einkommensklassen verbreiteter ist als in niedrigeren, was durchaus typisch für die ersten Phasen der Verbreitung einer neuen Technologie im Markt ist.

Aus den Umfragen wird deutlich, dass sich einzelne Anwendungen der Gebäudeautomation in Nischenmärkten verbreitet haben. Nur intelligente Thermostate scheinen mit einem Marktanteil von ca. 25 % in den Massenmarkt vorzudringen, wobei diese je nach Funktionsumfang und Verletzbarkeit nicht zur Gebäudeautomation gezählt werden (Beucker, S. & Schramm, S., 2022). Insgesamt ist die Datenlage zum Verbreitungsgrad von Gebäudeautomation in Wohngebäuden allerdings unbefriedigend, was auch auf die uneinheitliche Definition von Begriffen und Technik (siehe oben) zurückgeführt werden kann.

2 Faktoren und Dynamiken der Verbreitung grüner Innovationen

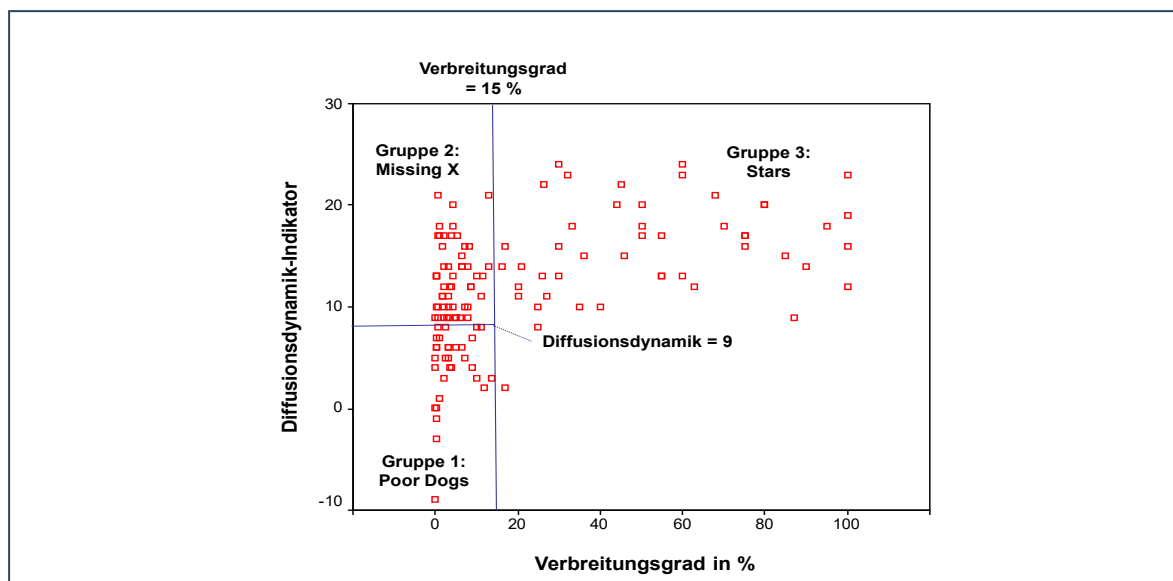
2 Faktoren und Dynamiken der Verbreitung grüner Innovationen

Nach der Theorie der Diffusionsanalyse von Fichter und Clausen (Clausen & Fichter, 2019; Fichter & Clausen, 2013, 2016) können fördernde und hemmende Faktoren einer Diffusion (vgl. Abschnitt 3.2) von Produkten sowie Dienstleistungen identifiziert und zu einem Spitzenindikator aggregiert werden, der als „Diffusionsdynamik“ bezeichnet wird. Die Bildung dieses Indikators erfolgt durch die Addition 22 unabhängiger bewerteter Variablen.

Das zentrale Ziel der Arbeiten zur Diffusionsanalyse besteht demnach in der Herausarbeitung von Hemmnissen und Treibern des Diffusionsprozesses. Als Maßstab zur Beurteilung des Diffusionsgrades von marktgängigen Gütern wird dabei die Marktdurchdringung bzw. der „Verbreitungsgrad“ als Variable herangezogen⁴.

Die von Clausen und Fichter (2019) untersuchte Stichprobe enthält 57 Grundlageninnovationen und 73 Verbesserungsinnovationen sowie 60 Produkte, 49 Produkt-Dienstleistungssysteme und 21 Dienstleistungen. Die Innovationen werden in 60 Fällen von etablierten Unternehmen, in 36 Fällen von neuen Unternehmen (Start-ups) und in 20 Fällen von beiden Unternehmenstypen eingeführt. Kundinnen und Kunden sind in 32 Fällen Endnutzende, in 40 Fällen professionelle Nutzende und in 58 Fällen beide. Die Beziehung zwischen der Diffusionsdynamik und dem Verbreitungsgrad für diese 130 Innovationen ist in Abb. 1 gezeigt:

Abbildung 2: Streudiagramm Diffusionsdynamik und Verbreitungsgrad für 130 Innovationen



Quelle: Borderstep, n = 130

⁴ Als Maßstab der Diffusion von marktgängigen Gütern wird die Marktdurchdringung bzw. der Verbreitungsgrad als Variable herangezogen. Um einen solchen Verbreitungsgrad bestimmen zu können, müssen verschiedene Informationen vorliegen: a) eine Information zur Zahl der aktuell in Gebrauch befindlichen Produkte oder zur Zahl der in einer Zeiteinheit abgesetzten Produkte, b) eine Information zur Größe eines jeweils geeigneten Bezugsmarktes. Dabei werden je nach Produkt jeweils unterschiedliche Bezugsmärkte festgelegt, anhand deren Größe des Verbreitungsgrades jeweils bestimmt wird. Grundsätzlich werden dabei, falls Daten vorhanden sind, Bestandsdaten gewählt (z.B. Absorptionskältemaschine: Bezugsgröße ist der Anteil an der gesamten Kälteerzeugung für Gebäudeklima und Industrie). Falls solche nicht bekannt sind, werden Umsatzanteile im jeweils möglichst aktuellen Absatzmarkt ermittelt (z.B. Hocheffizienter Kühlschrank: Bezugsmarkt Anteil A++-Kühlschränke und besser an allen verkauften Kühlschränken).

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Innerhalb des Streudiagramms der Stichprobe lassen sich drei Gruppen von Innovationen identifizieren, die abhängig von ihrer Diffusionsdynamik und ihrem Verbreitungsgrad, in die charakteristischen Fälle „Poor Dogs“, „Missing X“ und „Stars“ unterteilt wurden:

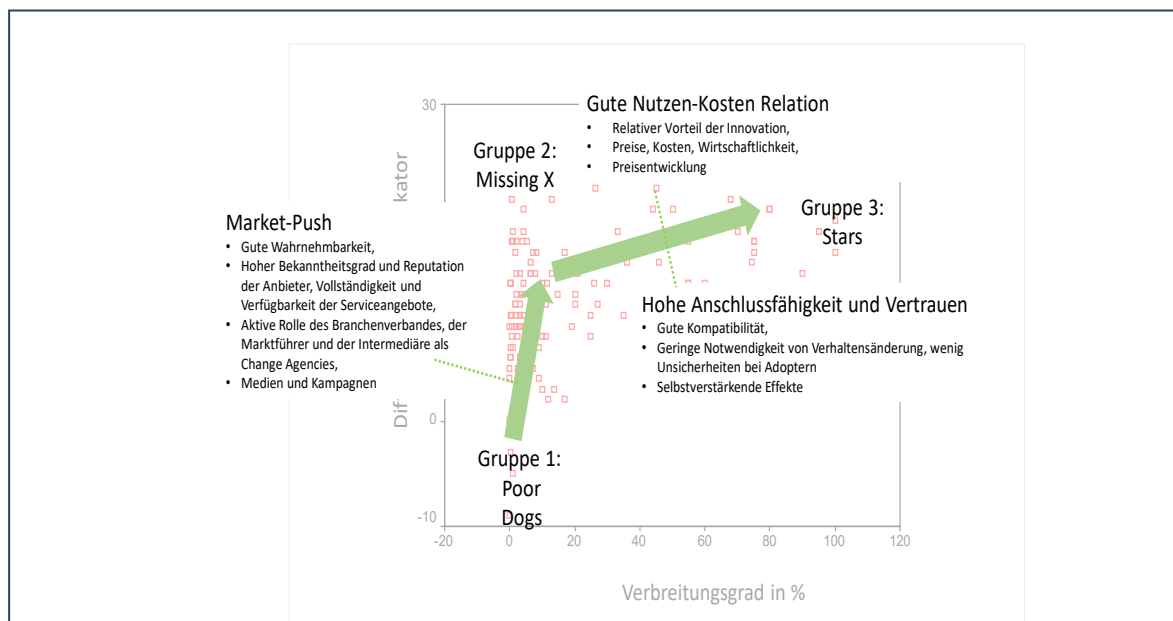
- (1.) Gruppe 1 „Poor Dogs“: 40 Produkte oder Dienstleistungen mit einem Wert bis zu 9 beim Indikator Diffusionsdynamik mit kleinen Verbreitungsgraden von maximal 15 %.
- (2.) Gruppe 2 „Missing X“: 42 Produkte oder Dienstleistungen mit einem Wert größer 9 beim Indikator Diffusionsdynamik mit kleinen Verbreitungsgraden von maximal 15 %.
- (3.) Gruppe 3 „Stars“: 48 Produkte oder Dienstleistungen mit Verbreitungsgraden von 15 % bis 100 %.

Diffusionsfälle der Gruppe 1 „Poor Dogs“ sind solche, die (noch) nicht wirklich marktreif sind. Typischerweise sind Innovation dieser Gruppe bisher nicht in den Massenmarkt vorgedrungen.

Diffusionsfälle der Gruppe 2 umfassen bekannte Anbietende mit vollständigeren Angeboten sowie aktivere Marktführer, Branchenverbände und Intermediäre, die sich aufgrund von Medienberichten und Kampagnen von Gruppe 1 abheben. In Fällen der Gruppe 2 haben die Akteure Partnerschaften geschlossen und Vertriebsstrukturen aufgebaut. Hier findet ein aktiver Market-Push statt. Trotz des Market-Push fehlen bei diesen Diffusionsfällen aber offenbar weitere wichtige Merkmale einer starken Verbreitung. Deshalb wird die Gruppe hier als „Missing X“ überschrieben.

In die Gruppe 3 der „Stars“ schaffen es primär diejenigen Diffusionsfälle, die für die Anwenderinnen und Anwender sehr vorteilhaft und wirtschaftlich sind und bei denen der Preis im Laufe der Zeit sinkt. Wirklich erfolgreich verbreitet werden also diejenigen Innovationen, die adopterfreundliche Eigenschaften haben und bei denen die Rahmenbedingungen des Marktes und die Marktangebote (relativer Preisvorteil gegenüber weniger nachhaltigen Konkurrenzprodukten) die Adoption fördern. Eine gute Nutzen-Kosten Relation fördert hier die Diffusion.

Abbildung 3: Faktoren, die sich von Gruppe zu Gruppe unterscheiden



Quelle: Borderstep

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Dabei ist von großer Bedeutung, dass die Innovationen nicht durch ein zu hohes Maß notwendiger Verhaltensänderung oder durch Unsicherheit auf Seiten der Nachfragenden gebremst werden. Vielmehr sind eine gute Anschlussfähigkeit und Vertrauen in die Innovation wichtig. Es ist diffusionsförderlich, wenn die Innovation zu ihrem Umfeld kompatibel ist, nur geringe Verhaltensänderungen erfordert und zu wenigen Unsicherheiten führt. Abgemildert wird dieser hemmende Effekt dann, wenn selbstverstärkende Effekte auftreten. Dies kann der Fall sein, wenn z.B. Unsicherheiten dadurch abgebaut werden, dass schon viele Menschen im Umfeld eine Innovation nutzen und die Hemmschwelle der Verhaltensänderung überwunden wird, damit man „auch dabei ist“.

Es ist festzustellen, dass sich Gruppe 1 von Gruppe 2 bei solchen Faktoren unterscheidet, die die Marktakteure durch gezielte Marketinganstrengungen verbessern können und die primär die Distribution (Anbietende, Händler) und die marktbezogene und öffentliche Kommunikation (Intermediäre, Medien, Kampagnen) betreffen. Diese Faktoren führen zu einem Market-Push, der politisch durch Information und Kommunikation, aber auch durch Vernetzung oder Kooperation mit Branchen unterstützt werden kann.

Für die Gruppe 3, also der realen Erschließung des Massenmarktes, spielen zusätzlich das Produkt selbst und eine gute Nutzen-Kosten Relation eine große Rolle. Wesentlich ist der politische Rahmen der Marktpreise. Entsprechen z.B. Preise nicht der ökologischen Realität, weil Emissionen nicht ausreichend berücksichtigt sind oder weil umweltschädliche Subventionen (z.B. Steuerprivilegien) Preise verzerren, so können sich nachhaltige Produkte oft nicht durchsetzen. Wirksame Instrumente zur Erhöhung der Preise für die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen, oder wirksam angelegte Förderprogramme sind damit eine wichtige Voraussetzung der erfolgreichen Verbreitung zahlreicher umweltentlastender Innovationen. Auch durch eine auf produktionstechnische und kostensenkende Optimi

erung gerichtete F&E lässt sich die Kosten-Nutzen-Relation vieler umweltentlastender Produkte verbessern.

Ergänzend zur Marktvorbereitung durch Market-Push und zur Herstellung einer guten Nutzen-Kosten Relation ist es von Bedeutung, eine hohe Anschlussfähigkeit und Vertrauen in die Innovation zu erreichen. Hier kann ggf. die Nutzerintegration in den Innovationsprozess in Reallaboren helfen, die Kompatibilität zu erhöhen und Unsicherheiten zu reduzieren (Walz, Gotsch, Gandenberger, Peters, & Günther, 2017). Dabei birgt die Nutzerintegration allerdings das Risiko, primär Nutzerpioniere und damit eine für den späteren Diffusionsprozess in den Massenmarkt nichtrepräsentative Gruppe einzubeziehen. Daher sollten die entsprechenden Ansätze zur Nutzerintegration stark an realistischen und unterschiedlichen Milieus und Zielgruppen ausgerichtet werden.

Wichtig kann auch die kulturelle Anschlussfähigkeit sein. So können sich Umweltinnovationen auch als Nebeneffekte eines kulturellen Wandels, z.B. im Kontext der Digitalisierung, verbreiten. Dabei können wiederum Rebound- und Backfireeffekte⁵ auftreten, die dann Effizienzgewinnen entgegenwirken. Für umweltentlastende Innovationen können zudem Motivallianzen (z. B. Gesundheit, Lifestyle, Innovativität) als Argument genutzt werden. Beispielhaft können hier Pedelecs aufgeführt werden, die eine klimafreundliche Alternative zu Fahrten mit dem PKW sind und zusätzliche Mehrwerte (z.B. Gesundheit durch körperliche Bewegung sowie Zeitersparnis durch kurze Parkplatzsuche) bieten.

⁵ Der Reboundeffekt ist ein Feedback-Mechanismus, der dazu führt, dass Einsparpotenziale von Effizienzsteigerungen nicht oder nur teilweise verwirklicht werden. Wird aus der erhofften Einsparung sogar ein Mehrverbrauch, so spricht man von einem Backfire-Effekt.

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

In einem Sektorenvergleich wurde die Verbreitung von Umweltinnovationen detaillierter untersucht. Mit Blick auf besonders erfolgreiche und besonders wenig erfolgreiche Diffusionsprozesse energieeffizienter Produkte kommt die Analyse zu folgenden Erkenntnissen (Fichter & Clausen, 2021):

- ▶ Die erfolgreichen Innovationen sind Produkte, die einer weniger effizienten Alternative direkt funktional gleichwertig sind (z.B. LED vs. konventionelle Glühbirnen, effiziente vs. ineffiziente Waschmaschine) und somit voll kompatibel mit bestehenden Angeboten und technisch nicht komplex sind. Dies begrenzt das Ausmaß der notwendigen Verhaltensänderung und die Unsicherheiten auf Seiten der Adoptierenden sind gering.
- ▶ Erfolgreiche Innovationen bieten in der Regel einen klaren wirtschaftlichen Nutzen für den Endverbrauchenden, während dies bei weniger erfolgreichen Innovationen nur teilweise der Fall ist.
- ▶ Die rechtliche Durchsetzung der Verbreitung erfolgreicher Innovationen ist oft stärker. Ökodesign-Mindeststandards (das bekanntestes Beispiel ist das EU-Verbot von Glühlampen) verdrängen z.B. ineffiziente Technologien effektiv vom Markt. Die politische Unterstützung ist für weniger erfolgreiche Innovationen oftmals deutlich schwächer.

3 Diffusionsanalyse

Gebäudeautomation

3 Diffusionsanalyse Gebäudeautomation

Das im Folgenden genutzte System der Diffusionsanalyse wurde im Projekt „Diffusionspfade von Umweltinnovationen“ (Fichter & Clausen, 2013) und im Rahmen des Projektes „Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy“ im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt (Clausen & Fichter, 2019). Die Methodik zur Erstellung der Fallprofile ist, da sie nicht verändert wurde, einem der im Projekt erstellten Materialbände entnommen (Stedle & Clausen, 2016) und nur leicht an die fokussierte Zielsetzung der Analyse angepasst.

3.1 Erstellung von Fallprofilen der Diffusionsanalyse

Bei der Diffusionsanalyse wird zunächst aus Sekundärinformationen für jeden Fall ein Profil erstellt. Die Beschreibung der Fälle im jeweiligen Profil folgt dabei einem definierten Profilschema. Dieses umfasst zentrale Eckdaten zum Innovationsgegenstand und zum Ablauf der Diffusion sowie zu den 22 Einflussfaktoren, die von Fichter und Clausen (2013, S. 97) als potenziell relevant für den Verlauf des Diffusionsprozesses herausgearbeitet wurden.

Das Profilschema hat die Funktion eines standardisierten Erhebungsinstruments (vgl. Fichter & Clausen 2013, S. 156 ff.), vergleichbar einem Beobachtungsprotokoll. Es werden nur solche Faktoren untersucht, denen in der Fachwelt oder aufgrund von Sekundärinformationen plausibel eine Wirkung unterstellt werden kann. Das Vorgehen ist also ähnlich der teilnehmenden Beobachtung.

Da „Innovationen“ nicht befragt werden können, erfolgt die Datenerhebung nicht, wie in der quantitativen Sozialforschung sonst üblich, durch Befragung der Merkmalsträger, sondern in einem qualitativen Schritt durch Codierung in einem Codierteam. Dabei wird jeder mit einer Ausprägung für jeden Faktor versehen. Die Einflussfaktoren werden mit 3er und 5er-Skalen (0 bis +2 und -2 bis +2) erhoben. Das Ergebnis der Datenerhebung ist ein Datensatz, der Eckdaten aller untersuchter Fälle von Innovationen sowie Ausprägungen von 22 Variablen (die potenziellen Einflussfaktoren) enthält. Interrater-Reliabilität⁶ wird in diesem Prozess der Datenerhebung insofern hergestellt, als die Codierung in einem mehrköpfigen Team erfolgt und dadurch intersubjektiv nachvollziehbar und reproduzierbar ist. Auf diese Weise wird qualitatives Datenmaterial quantifiziert und einer deskriptiven statistischen Auswertung zugänglich gemacht, ohne den Anspruch zu erheben, Kausalitäten abgebildet oder Messungen vorgenommen zu haben.

3.2 Codesystem zur Erhebung der Einflussfaktoren

Die Erfassung von Informationen über die Diffusions-Fallprofile sowie die Codierung der Ausprägungen der Einflussfaktoren erfolgt nach dem in Tabelle 1 dokumentierten Schema. Dabei wird jedem Diffusionsfall genau eine Ausprägung jedes Einflussfaktors zugewiesen. Die für diese Codierung erforderlichen Informationen werden dabei aus vorliegenden Dokumenten entnommen und die Quellen jeweils dokumentiert. Zur Gewährleistung intersubjektiver Nachvollziehbarkeit wird eine annähernde Interrater-Reliabilität durch Codierung der Fallprofile in einem mehrköpfigen Codierteam hergestellt.

⁶ Von Interrater-Reliabilität spricht man, wenn verschiedene Bewertende bei der Anwendung eines Bewertungsverfahrens gleiche oder doch zumindest sehr ähnliche Ergebnisse erzielen.

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Die Codierung erfolgte grundsätzlich anhand der verfügbaren Informationen über den gesamten bisherigen Diffusionsprozess, d. h. auf den Zeitraum von der Markteinführung bis zum Zeitpunkt der Analyse.

Die Codierung erfolgt nach dem Prinzip der Abweichung von der Nullhypothese. Generell wird daher jedem Faktor eine Einflusswirkung von 0 unterstellt. Nur dort, wo die erhobenen empirischen Informationen unstrittig und intersubjektiv nachvollziehbar eine andere Annahme nahelegen, wird mit 1 und 2 für einen förderlichen oder sehr stark förderlichen Einfluss und mit -1 und -2 für einen hemmenden bzw. sehr stark hemmenden Einfluss codiert.

Tabelle 1: Codesystem für die Diffusionsanalyse

Produktbezogene Faktoren	Codierung
<p><i>1. Relativer Vorteil der Innovation:</i> Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt?</p>	<p>2: Neue nützliche Funktion oder starker sozialer Vorteil 1: Weniger wesentliche neue Funktion oder kleiner sozialer Vorteil 0: Kein relativer Vorteil erkennbar</p>
<p><i>2. Wahrnehmbarkeit:</i> Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne dass durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?</p>	<p>2: Deutlich UND in der Öffentlichkeit wahrnehmbar 1: Weniger deutlich oder nur in Innenräumen u. ä. wahrnehmbar 0: Nicht wahrnehmbar</p>
<p><i>3. Kompatibilität:</i> Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?</p>	<p>0: Neutral -1: Anschlussfähigkeit erfordert Aufwand oder Lernen -2: Anschlussfähigkeit nur schwer herzustellen</p>
<p><i>4. Komplexität:</i> Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?</p>	<p>0: Unkomplex -1: Leicht komplex -2: Bedarf besonderen Fachwissens</p>
<p><i>5. Erprobbarkeit:</i> Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch den Adopter erprobt werden?</p>	<p>2: Einfach und mit im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit geringen Kosten erprobbar 1: Aufwendig erprobbar 0: Nicht erprobbar</p>
Adopterbezogene Faktoren	Codierung
<p><i>6. Nutzer-Innovatoren:</i> Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Adopterseite identifizieren? Gibt es Hinweise, dass Nutzer-Innovatoren gezielt in den Herstellerinnovationsprozess integriert wurden?</p>	<p>2: Die Existenz einer größeren Gruppe von Innovatoren ist bekannt 1: Die Existenz einer kleinen Gruppe von Innovatoren ist bekannt 0: Nicht bekannt</p>
<p><i>7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung:</i> Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?</p>	<p>0: Keine Verhaltensänderung erforderlich -1: Verhaltensänderung erforderlich -2: deutliche Verhaltensänderung erforderlich</p>
<p><i>8. Unsicherheiten bei Adoptoren:</i> Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?</p>	<p>0: Keine Unsicherheiten bekannt -1: Kleine Unsicherheiten -2: Deutliche Unsicherheiten</p>
<p><i>9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit:</i> Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?</p>	<p>2: Hohe Wirtschaftlichkeit oder billiger 1: Leicht wirtschaftlich oder etwas billiger</p>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

	<p>0: Neutral</p> <p>-1: Leicht unwirtschaftlich oder etwas teurer</p> <p>-2: Deutlich unwirtschaftlich oder deutlich teurer</p>
<p>Anbieterbezogene Faktoren</p>	<p>Codierung</p>
<p><i>10. Ausbildungsaufwand</i> Erfordert die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Ausbildung und im Qualitätsmanagement?</p>	<p>0: Neutral</p> <p>-1: Hoher Ausbildungs- und QM-Aufwand wirken leicht hemmend</p> <p>-2: Hoher Ausbildungs- und QM-Aufwand wirken deutlich hemmend</p>
<p><i>11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbietenden:</i> Existieren bereits Anbietende der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?</p>	<p>2: Bekannte Unternehmen mit hoher Reputation bieten die Innovation an</p> <p>1: Weniger bekannte Unternehmen bieten die Innovation an</p> <p>0: Nur unbekannte Anbietende</p>
<p><i>12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote:</i> Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?</p>	<p>2: Verfügbarkeit und Service sind überall sichergestellt</p> <p>1: Kleine Einschränkungen in Verfügbarkeit oder Service</p> <p>0: Neutral</p> <p>-1: Schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken leicht hemmend</p> <p>-2: Schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken deutlich hemmend</p>
<p>Branchenbezogene Faktoren</p>	<p>Codierung</p>
<p><i>13. Rolle des Branchenverbandes:</i> Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?</p>	<p>2: Starke und aktive Unterstützung</p> <p>1: Weniger starke oder weniger aktive Unterstützung</p> <p>0: Kein Branchenverband bzw. keine Aktivität</p> <p>-1: Leicht hemmender Einfluss</p> <p>-2: Deutlich hemmender Einfluss</p>
<p><i>14. Rolle der Marktführer:</i> Wer waren die Marktführenden in der Branche, in der die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?</p>	<p>2: Marktführende haben die Innovation von Anfang an mit eingeführt</p> <p>1: Marktführende haben die Innovation leicht gefördert</p> <p>0: Marktführende verhielten sich neutral</p> <p>-1: Marktführende haben die Diffusion leicht behindert</p> <p>-2: Marktführende haben engagiert gegen die Diffusion gekämpft</p>
<p><i>15. Intermediäre als Change Agencies:</i> Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?</p>	<p>2: Viele Intermediäre haben die Diffusion engagiert gefördert</p> <p>1: Einige Intermediäre haben sich für die Diffusion eingesetzt</p> <p>0: Keine aktiven Intermediäre bekannt</p> <p>-1: Einige Intermediäre bremsen die Diffusion</p> <p>-2: Viele Intermediäre bremsen die Diffusion</p>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Politische Faktoren	Codierung
<p>16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?</p>	<p>0: Keine Hemmnisse -1: Kleine Hemmnisse -2: Deutliche Hemmnisse</p>
<p>17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?</p>	<p>2: Deutliche Förderung 1: Eingeschränkte Förderung 0: Keine Förderung -1: Kleine Hemmnisse -2: Deutliche Hemmnisse</p>
<p>18. Leitmarktpolitiken: Ist die Innovation Teil einer gezielten Leitmarktpolitik auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene?</p>	<p>2: Eine Leitmarktpolitik ist bekannt und wird aktiv verfolgt 1: Nebenaspekt eines Leitmarktes 0: Nicht bekannt</p>
<p>19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?</p>	<p>2: Die Innovation wurde durch die Medien deutlich gefördert 1: Die Innovation wurde durch die Medien etwas gefördert 0: Über die Innovation wird nur selten berichtet -1: Medienberichte etc. wirkten hemmend -2: Medienberichte etc. wirkten deutlich hemmend</p>
Pfadbezogene Faktoren	Codierung
<p>20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit gebremst?</p>	<p>2: Die Innovation hat sich sehr schnell zum dominanten Design, also einem de facto standard (Abernathy & Utterback, 1978), entwickelt 1: In einigen Marktsegmenten erreicht die Innovation den Status des dominanten Designs 0: Neutral -1: Vorgängerprodukte haben über ein leichtes lock-in die Diffusion gebremst -2: Vorgängerprodukte haben über ein starkes lock-in die Diffusion stark verzögert</p>
<p>21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?</p>	<p>2: Preis ist seit der Markteinführung z.B. durch ‚economies of scale‘ oder Folgeinnovationen stark gesunken 1: Preis ist wenig gesunken 0: Preis ist gleich geblieben -1: Preis ist leicht gestiegen -2: Preis ist deutlich gestiegen</p>
<p>22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte, z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführenden oder kritische Masse Phänomene zu erkennen?</p>	<p>2: Deutliches „kritische Masse Phänomen“ 1: Leichtes „kritische Masse Phänomen“ 0: Keine selbstverstärkenden Effekte</p>

3.3 Diffusionsanalyse für Gebäudeautomation

Das Fallprofil der Diffusion der Gebäudeautomation folgt der in Kapitel 3.2 vorgestellten Methodik. Als Varianten der Gebäudeautomation werden dabei sowohl der Einsatz von Gebäudeautomation in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden als auch Smart Home Anwendung in Einfamilienhäusern untersucht. Da die verschiedenen Anwendungen und Produkte wesentliche Unterschiede in Bezug auf die Diffusion aufweisen, erfolgt bei einigen Faktoren eine getrennte Bewertung für die jeweiligen Anwendungskontexte.

3.4 Anwendung des Analysesystems auf die Gebäudeautomation

Tabelle 2: Diffusionsanalyse für die Gebäudeautomation

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
<p><i>1. Relativer Vorteil der Innovation:</i> Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt?</p>	<p>Die auf das Energiemanagement gerichtete Funktion der Gebäudeautomation ermöglicht die zentrale Steuerung der Heizung und ggf. Klimatisierung des Gebäudes durch eine zentrale Steuerungseinheit und/oder durch eine Benutzerschnittstelle (Webseite, APP, etc.).</p> <p>Zusätzlich übernimmt das Energiemanagement die optimale Regelung der Wärme- und Kälteversorgung in Abhängigkeit vom Wetter sowie vom Nutzungsverhalten der Bewohnenden, soweit die hierfür notwendigen Daten automatisiert erfasst werden. Dies führt für die Nutzenden zu Energie- und Kosteneinsparungen, für die Vermietenden bestenfalls zu einem besseren Image sowie zu verringerten der CO₂-Emissionen und -Abgaben.</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: +1 Nicht-Wohngebäude: +2</p>
<p><i>2. Wahrnehmbarkeit:</i> Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne dass durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?</p>	<p>Das Vorhandensein eines Energiemanagements ist im öffentlichen Raum nicht wahrnehmbar. Innerhalb von Gebäuden ist es z.B. durch Aktoren an den Heizkörpern sowie u.U. durch die intelligente Steuerungstechnik (Steuerungseinheit und/oder durch eine Benutzerschnittstelle) begrenzt wahrnehmbar.</p>	1
<p><i>3. Kompatibilität:</i> Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?</p>	<p>Vielfältige Kompatibilitätsprobleme behindern die Diffusion. So löst die Steuerung der Heizung auf Grundlage von Nutzerverhalten und -daten Sorgen zum Datenschutz, -sicherheit und zur Privatsphäre aus (Berg, 2022). Zahlreiche Komponenten der Gebäudeautomation sowie von Smart Home Systemen sind nur sehr eingeschränkt untereinander oder zwischen verschiedenen Herstellenden kompatibel (siehe auch Kap. 1).</p> <p>Unterschiedliche BUS-Systeme, Funkstandards und Protokolle verkomplizieren die Lage. Weiter sind autonome Einzelgeräte wie intelligente Heizkörperthermostate oft nicht geeignet, mit einer später zugekauften zentralen Steuerungseinheit zu kommunizieren.</p>	-1
<p><i>4. Komplexität:</i> Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?</p>	<p>Aufgrund der vielfältigen Funktionen sowie der Einbindung in eine zentrale Steuerung wird Gebäudeautomation von Teilen der wenig digitalaffinen Einfamilienhausbesitzenden als sehr komplex empfunden. Auf professionelle Anwendende dürfte sich aufgrund eines höheren Kompetenzniveaus die Komplexität weniger hemmend auswirken.</p>	<p>Private EFH: -2 Wohnungsunternehmen: 0 Nicht-Wohngebäude: 0</p>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

<p>5. <i>Erprobbarkeit:</i> Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch den Adopter erprobt werden?</p>	<p>Am einzelnen Standort begrenzt erprobbar. Erfahrungen mit den Anlagen müssen wissenschaftlich dokumentiert und publiziert werden, so dass für Neukundinnen und Neukunden Sicherheit, Vertrauen in die Technologie und Reproduzierbarkeit auch ohne die Möglichkeit der Erprobung entstehen kann. Dies könnte durch den Austausch zwischen erfahrenen Nutzenden und neuen Interessierten gefördert werden.</p>	<p>0</p>
<p>Adoptorbezogene Faktoren</p>	<p>Fakten</p>	<p>Wertung</p>
<p>6. <i>Nutzer-Innovatoren:</i> Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Adoptorseite identifizieren? Gibt es Hinweise, dass Nutzer-Innovatoren gezielt in den Herstellerinnovationsprozess integriert wurden?</p>	<p>Gebäudeautomation wird in geringem Umfang von genossenschaftlichen oder kommunalen Wohnungsunternehmen mit längerfristigem Investitionshorizont eingesetzt. Smart Home Systeme werden dagegen in erster Linie durch besser verdienende Haushalte installiert (Destatis, 2022).</p> <p>In Anlehnung an Rogers (2003) kann daher auf eine gewisse Bedeutung der frühen Adoptergruppe der Innovatoren geschlossen werden. In Nicht-Wohngebäuden wird z.T. ein Verbreitungsgrad von Gebäudeautomation von 26 % angenommen (Waide et al., 2014), was auf Unternehmen als Eigentümer von Geschäftsgebäuden als weitere Pilotkundengruppe hinweist.</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: 0 Nicht-Wohngebäude: +2</p>
<p>7. <i>Notwendigkeit von Verhaltensänderung:</i> Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?</p>	<p>Die Bedienung der Heizung muss in Teilen neu erlernt und Einstellungen müssen bewusster durchgeführt werden als früher (Beucker, Schramm, Gabriel, & Vogl, 2022).</p> <p>Zudem ergeben sich neue Aufgaben für Hausmeister und Gebäudeverwaltungen in Bezug auf Wartung und Monitoring der Systeme, die von den Unternehmen nicht immer wahrgenommen werden (Beucker, 2022).</p>	<p>-1</p>
<p>8. <i>Unsicherheiten bei Adoptoren:</i> Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?</p>	<p>Es gibt zahlreiche Unsicherheiten von Adoptoren (Wohnungsunternehmen und Mietende) bezüglich der Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Gebäudeautomation. Zum einen werden von Wohnungsunternehmen die erzielbaren Energieeinsparungen angezweifelt. Zum anderen werden mangelnder langfristiger Service sowie versteckte Wartungs- und Betriebskosten als ein Nachteil der Technik angesehen (Beucker et al., 2022).</p> <p>Unsicherheiten bestehen zudem seitens der Mietenden, die teilweise Schwierigkeiten mit dem Erlernen der Bedienung der Technik haben und das Funktionieren anzweifeln sowie die Speicherung persönlicher Daten bemängeln. Speziell das Thema Datenschutz und Datensicherheit ist jedoch für Smart Home Systeme relevanter (Berg, 2022), da bei diesen Produkten mehr Daten über das Netz übertragen und genutzt werden.</p>	<p>-1</p>
<p>9. <i>Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit:</i> Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?</p>	<p>Der Einbau einer Anlage zur Gebäudeautomation ist im Vergleich zur baulichen Sanierung (Dämmung, Tausch von Fenstern, etc.) mit eher geringen Kosten pro Quadratmeter Wohnfläche verbunden (Gambardella, Bergset, & Beucker, 2012).</p> <p>Dies senkt zwar die Bedenken bei den Adoptoren, allerdings müssen diese gegen die Unsicherheiten bezüglich der Leistungsfähigkeit, der Sicherheit sowie der versteckten Kosten von Gebäudeautomation (siehe oben) aufgewogen werden. Speziell im Fall von Wohnungsunternehmen, die in als Inverkehrbringer in die Technik investieren müssen, reduziert das Investor-Nutzer-</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: -1 Nicht-Wohngebäude: +2</p>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

	Dilemma ⁷ die Wirtschaftlichkeit auf nahe Null. Bei gewerblich genutzten Nicht-Wohngebäuden schlägt sich die Wirtschaftlichkeit dagegen offenbar positiv nieder.	
Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
<p><i>10. Ausbildungsaufwand:</i> Erfordert die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Ausbildung und im Qualitätsmanagement?</p>	<p>Die Installation, die Inbetriebnahme sowie der dauerhafte Betrieb von Gebäudeautomation erfordert ausgebildete Fachkräfte (z.B. Installateure, Haus- und Gebäudetechniker). Die Ausbildung und die Verfügbarkeit von entsprechendem Personal stellt daher einen Engpass bei der Verbreitung der Technik dar (Beucker et al., 2022). In selbst genutzten Nichtwohngebäuden mit Gebäudeautomation existieren diese Probleme kaum, da professionelle Unternehmen für Gebäudetechnik Planung, Installation sowie den Betrieb. Existieren.</p> <p>Im Fall von Smart Home Technik wird die Installation alleine durch den Nutzenden oder einen beauftragten Handwerksbetrieb vorgenommen.</p>	<p>Private EFH: -2 Wohnungsunternehmen: -2 Nicht-Wohngebäude: 0</p>
<p><i>11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter:</i> Existieren bereits Anbietende der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?</p>	<p>Im Bereich der Gebäudeautomation gibt es zahlreiche etablierte Unternehmen (Kieback&Peter, Siemens, Schneider Electric, Gira, Busch-Jäger, etc.), die seit Jahrzehnten Produkte und Dienstleistungen anbieten. Diese werden hauptsächlich in Nichtwohngebäuden eingesetzt.</p> <p>Teilweise bieten die Unternehmen auch Produkte für Wohngebäude an. Diese sind jedoch meist weniger bekannt.</p> <p>Neben den Anbietenden von Gebäudeautomation sind auch zahlreiche Unternehmen der Heizungsindustrie sowie Anbietende von Smart Home Technik am Markt vertreten. Diese adressieren jedoch stärker das Segment der Endkundinnen und Endkunden.</p>	<p>Private EFH: +2 Wohnungsunternehmen: +2 Nicht-Wohngebäude: +2</p>
<p><i>12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote:</i> Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?</p>	<p>Produkte, wie auch Services für Gebäudeautomation, sind grundsätzlich verfügbar. Die Qualität der produktbegleitenden Dienstleistungen wird jedoch von einigen Adoptoren als unzureichend bewertet (Beucker et al., 2022).</p> <p>Für Smart Home Technik werden insgesamt weniger Dienstleistungen angeboten, da die Produkte meist von Endkundinnen und Endkunden gekauft und installiert werden. Unter dem eigentlich aus der IT-Technik stammenden Begriff der Systemintegration sind jedoch auch Dienstleistungen für Endkundinnen und Endkunden hochwertiger Smart Home Lösungen verfügbar.</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: +1 Nicht-Wohngebäude: +1</p>
Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
<p><i>13. Rolle des Branchenverbandes:</i> Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der</p>	<p>Die Technik der Gebäudeautomation wird in Deutschland von keinem eindeutigen Branchenverband vertreten.</p> <p>Der Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. widmet sich dem Thema zwar unter dem Begriff der intelligenten Heizung, versteht darunter jedoch vernetzte Heizungsanlagen für</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: 0</p>

⁷ Das Investor-Nutzer-Dilemma besteht darin, dass das Wohnungsunternehmen als Inverkehrbringer der Gebäudeautomation zwar in diese investieren muss, jedoch im Gegensatz zu den Mietenden keinen Nutzen daraus zieht. Die Umlage der Investitionskosten auf die (Kalt-)Miete wird zudem durch das Mietrecht und Mietobergrenzen (z.B. Mietspiegel oder Milieuschutz) stark begrenzt.

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

<p>Innovation ein?</p>	<p>Einfamilienhäuser. Der Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. konzentriert seine Arbeit wiederum auf raumlufttechnische Anlagen die v.a. in Nicht-Wohngebäuden eingesetzt werden.</p> <p>Der Digitalverband Bitkom hat in den letzten Jahren Studien und Marktdaten zu Smart Home, digitaler Gebäudetechnik sowie Gebäudeautomation veröffentlicht (siehe z.B. (Berg, 2022) oder (Beucker & Hinterholzer, 2021b)). Das Interesse des Verbands gilt jedoch schwerpunktmäßig den softwarebezogenen Aspekten der Systeme.</p> <p>Viele etablierte Unternehmen der Gebäudeautomation engagieren sich im KNX-Verband, der sich als Plattform für eine Gestaltung der technischen Gebäudeinfrastruktur auf Basis des KNX-Standards versteht.</p> <p>Schließlich existiert seit einigen Jahren die Wirtschaftsinitiative Smart Living (WISL), die ihre Aufgaben darin sieht, die Digitalisierung von Haushalten und Lebensumgebung zu fördern und Deutschland zum internationalen Leitmarkt für Smart Living zu machen.</p>	<p>Nicht-Wohngebäude: 0</p>
<p><i>14. Rolle der Marktführer:</i> Wer waren die Marktführenden in der Branche, in der die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?</p>	<p>Marktführende im Sektor der Nicht-Wohngebäude sind etablierte Unternehmen (Kieback&Peter, Siemens, Schneider Electric, Gira, Busch-Jäger, etc.) der Gebäudeautomation. Im Wohngebäudektor haben sich diese Unternehmen u.a. aufgrund von Komplexität und Kosten der Technik bisher nicht durchsetzen können.</p> <p>Unternehmen der Heizungstechnik sowie aus dem Smart Home bzw. Smart Building Sektor versuchen ebenfalls in den Markt vorzudringen. Einen klaren Marktführenden gibt es im Bereich der Wohngebäude nicht. Die sehr große Anzahl an Anbietenden und die verschiedenen technischen Ansätze wirken sich derzeit eher hemmend auf die Diffusion aus.</p>	<p>0</p>
<p><i>15. Intermediäre als Change Agencies:</i> Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?</p>	<p>Wichtige Intermediäre für die Verbreitung der Technik können z.B. Energie- und Klimaschutzagenturen sein, deren Erfolg aber regional sehr unterschiedlich eingeschätzt wird (Plattform Wettbewerb, 2021). Das Thema Gebäudeautomation oder Smart Home spielt in ihrer Kommunikation bisher kaum eine Rolle.</p> <p>Weitere Intermediäre können Energieberatende- und Planende sein. Auch in dieser Branche gibt es bisher jedoch wenig Erfahrungen mit der Technik.</p> <p>Schließlich können die Verbände der Wohnungswirtschaft (GdW, Haus& Grund, etc.) eine wichtige Rolle bei der Vermittlung von Fachwissen und Erfahrungen mit der Technik übernehmen.</p>	<p>0</p>
<p>Politische Faktoren</p> <p><i>16. Institutionelle Hemmnisse:</i> Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?</p>	<p>Fakten</p> <p>Ein indirektes institutionelles Hemmnis ist, dass Investitionen von Wohnungsunternehmen in Gebäudeautomation nur selten auf die Miete, z.B. über die Modernisierungsumlage, aufgeschlagen werden können. Dies verstärkt das Investor-Nutzer-Dilemma und verhindert Investitionen.</p> <p>Ein weiteres institutionelles Hemmnis ist, dass die bestehenden Normen zur Gebäudeautomation (z.B. DIN EN 15232) und die darin definierten Effizienzklassen noch nicht ausreichend im</p>	<p>Wertung</p> <p>1</p>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

	geltenden Recht und dem Förderrahmen (z.B. GEG und BEG) verankert sind.	
<p><i>17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten:</i> Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?</p>	<p>Ordnungsrechtliche Vorschriften, die die Gebäudeautomation obligatorisch machen würden, sind nicht bekannt. Gleiches gilt für Smart Home Technik.</p> <p>Förderprogramme sind bekannt, ihre Wirkung scheint jedoch begrenzt zu sein. Eine Wirksamkeit im Bereich der Wohnungsgesellschaften scheint aufgrund des Investor-Nutzer Dilemmas besonders begrenzt.</p>	<p>Private EFH: +1 Wohnungsunternehmen: +1 Nicht-Wohngebäude: +2</p>
<p><i>18. Leitmarktpolitiken:</i> Ist die Innovation Teil einer gezielten Leitmarktpolitik auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene?</p>	Keine Leitmarktpolitik bekannt. Deutschland gilt im Themengebiet der Digitalisierung eher als Nachzügler der internationalen Entwicklung.	0
<p><i>19. Medien und Kampagnen:</i> Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?</p>	Zwar sind eine Reihe Kommunikationskampagnen der Wirtschaft bekannt (u.a. Bosch, 2022; ZVEH, 2023), die einzige öffentliche Kampagne stammt aber vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) und widmet sich den Sicherheitsrisiken des Smart Home (BSI, 2023).	0

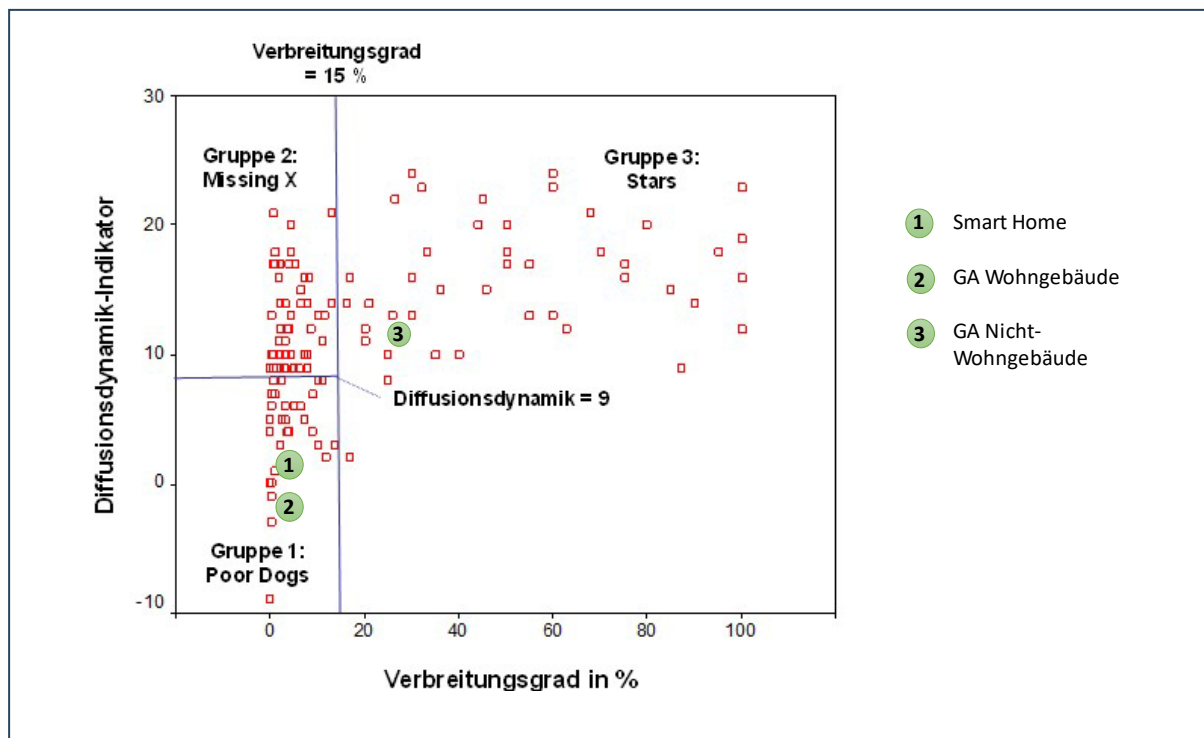
Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
<p><i>20. Pfadabhängigkeiten:</i> Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit gebremst oder beschleunigt?</p>	<p>Eine Reihe von Pfadabhängigkeiten bremsen die Entwicklung. Dies ist zum einen die Gewohnheit der Nutzenden, die Heizung selbst zu bedienen. Zum zweiten folgen einige Herstellende der Gebäudetechnik traditionellen Produkt- und Dienstleistungskonzepten (Beucker et al., 2022), was den Vertrieb von Technik in den Mittelpunkt stellt, ohne den Service der Produkte ausreichend zu berücksichtigen. Das mehrfach erwähnte Investor-Nutzer Dilemma in der Wohnungswirtschaft stellt eine institutionelle Pfadabhängigkeit dar, die die Entwicklung zusätzlich bremst. Der Markt für Ausrüstungen von Nichtwohngebäuden ist von diesen Pfadabhängigkeiten aber weniger stark betroffen.</p>	<p>Private EFH: -1 Wohnungsunternehmen: -2 Nicht-Wohngebäude: 0</p>
<p><i>21. Preisentwicklung:</i> Wie hat sich der (inflationbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?</p>	<p>Die Preisentwicklung für Gebäudeautomation ist schwer zu ermitteln, da es nur bedingt Katalogpreise für die Technik bzw. einzelne Komponenten gibt. Die Angebote an die Wohnungswirtschaft sind oft auf die individuellen Bedürfnisse und Anlagen abgestimmt. Als genereller Richtwert gilt jedoch, dass es zahlreiche Angebote im sogenannten niedriginvestiven Bereich (< 30 Euro/m² Wohnfläche) gibt.</p> <p>Die Preise für Smart Home Technik weichen hiervon ab und weisen eine große Spannbreite auf. Ein direkter Vergleich ist schwierig, da dieser die Funktionen und Leistungsfähigkeit der Systeme einbeziehen muss.</p>	0
<p><i>22. Selbstverstärkende Effekte:</i> Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-</p>	<p>Im Anwendungsfeld der Nichtwohngebäude haben vermutlich aufgrund hoher Energiekosten und verschärften Gebäudestandards selbstverstärkende Effekte eingesetzt.</p>	<p>Private EFH: 0 Wohnungsunternehmen: 0 Nicht-Wohngebäude: +2</p>

4 Diffusionsförderung von Gebäudeautomation

4 Diffusionsförderung von Gebäudeautomation

Zur Gebäudeautomation in Deutschland liegen kaum aktuelle Marktdaten vor. Waide et al. (2014) geben an, dass vor etwa zehn Jahren ca. 26 % Nicht-Wohngebäude mit der Technik ausgerüstet waren. Für Wohngebäude wurde die Ausstattung auf „wenige Prozent“ geschätzt. Die Diffusionsanalyse ergibt einen Diffusionsdynamik-Indikator von 9 für Nichtwohngebäude, von 1 für Einfamilienhäuser und von -2 für größere Mehrfamilien-Wohngebäude. In Relation zu einer großen Zahl anderer anhand dieser Daten bewerteten Innovationen ergibt sich folgendes Bild:

Abbildung 4: Streudiagramm Diffusionsdynamik und Verbreitungsgrad für die Gebäudeautomation im Vergleich zu 130 umweltentlastenden Produkten und Dienstleistungen



Quelle: nach Clausen und Fichter (2019), n= 130

Die Anwendung von Smart Home Technik zur Heizungsregelung fällt in dieser Darstellung genauso wie die Anwendung der Gebäudeautomation in Mehrfamilienhäusern in die Gruppe der „Poor Dogs“. Die Anwendung in Nichtwohngebäuden stellt sich dagegen als vergleichsweise mäßig performender „Star“ heraus.

Da sich die Diffusionsfälle der Gruppe 2 „Missing X“ durch bekanntere Anbietende mit vollständigeren Angeboten sowie aktivere Marktführer und Branchenverbände, aktivere Intermediäre sowie eine höhere Zahl an Medienberichten und Kampagnen von Gruppe 1 „Poor Dogs“ abheben (Clausen & Fichter, 2019), wäre explizit auf die Möglichkeit der Verbesserung dieser Faktoren zu schauen und zu fragen, wie ein aktiver Market-Push stattfinden kann.

Tabelle 2 zeigt, dass bei diesen Faktoren in der Tat erhebliche Verbesserungen der Diffusionsdynamik möglich erscheinen. Die deutlichste Lücke finden wir bei den Faktoren 13 (Branchenverband), 14 (Marktführer) und 15 (Intermediäre). Weiter wurden in den Interviews Lücken bei der Verfügbarkeit

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

kundengerechter Angebote deutlich und auch das Fehlen von Fachwissen sowie neutrale und einheitliche Informationen zur Technik sowie zu Produkten wurden vielfach angemahnt (Beucker et al., 2022).

In die Gruppe 3 der „Stars“ schaffen es primär diejenigen Diffusionsfälle, die für die Anwendenden sehr vorteilhaft und wirtschaftlich sind und bei denen der Preis im Laufe der Zeit sinkt. Dies scheint bei Gebäudeautomationssystemen für Nichtwohngebäude in einem gewissen Rahmen schon gegeben zu sein. Die Diffusion in den Massenmarkt hinein wird hier besonders durch ein offenbar gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis gefördert. Auch geht in diesem Teilmarkt durch die schon hohe Verbreitung das Maß an Unsicherheiten zurück.

Die hohe Verbreitung im Bereich der Nicht-Wohngebäude weist darauf hin, dass die häufig beklagten Probleme der Interoperabilität und der Komplementarität mit anderen Systemen an Bedeutung zu verlieren scheinen, wenn der Wille zum Einsatz in einem größeren Gebäude von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen getrieben wird und den Kunden ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis erwarten lässt. Die existierenden Anbietenden (z.B. Siemens, Kieback&Peter, Schneider Electric) scheinen mit ihrem Produktangebot diesen B2B-Markt erfolgreich zu erschließen.

Da sich Teile des Nicht-Wohngebäudesektors (z.B. Bürogebäude, Schulen) bautechnisch und -physikalisch kaum von mehrgeschossigen Mietwohngebäuden unterscheiden, kann ein Einsatz von Systemen der Gebäudeautomation auch hier als technisch möglich und energiepolitisch sinnvoll angesehen werden. Dafür sprechen auch existierenden Modellprojekte (Beucker & Hinterholzer, 2021a).

Ein wesentlicher Unterschied liegt jedoch in der Tatsache, dass in Wohngebäuden das Investor-Nutzer-Dilemma ein extrem starkes Hemmnis der Diffusion ist, da der Investition durch den Gebäudeeigentümer oder die Gebäudeeigentümerin keine ausreichenden Kapitalrückflüsse gegenüberstehen. Dabei stehen Kosten von ca. 20 bis 30 Euro für eine Gebäudeautomation je Quadratmeter Wohnfläche (für den Vermietenden) Heizenergieeinsparungen von rund 20 % (für den Mietenden) gegenüber. Hinzu kommen jährliche Servicekosten für die Wartung und Instandhaltung der Gebäudeautomation. Mildernd wirken sich dagegen niedrige Zinsen und Tilgungszuschüsse, z.B. im Fall einer KfW-Finanzierung⁸ aus. Zudem können gegebenenfalls Geschäftsmodelle, in denen das Energiemanagement mit Mess- und Abrechnungsdienstleistungen kombiniert wird, die Rentabilität verbessern, da diese durch den der Vermietenden auf die Mietnebenkosten umlegt werden können.

Insgesamt folgt daraus jedoch, dass Investitionen in Gebäudeautomation mit längere Rentabilitätszeiträumen verbunden sind. Diese lagen vor der Energiekrise abhängig vom Preis für fossile Brennstoffe (Erdgas oder Erdöl) bei Zeiträumen zwischen fünf und zehn Jahren (Beucker, 2017). Selbst die gestiegenen Energiepreise sowie der zukünftige Anteil des Vermietersanteils an der CO₂-Abgabe stellen noch keinen ausreichenden Anreiz dar, wie folgendes Zitat deutlich macht: *„Nach Berechnungen des Mieterbundes beträgt die CO₂-Steuer für eine durchschnittliche Wohnung in einem Miethaus bei einer Gasheizung jährlich rund 67 Euro an Mehrkosten, bei einer Ölheizung fallen rund 98 Euro an Mehrkosten an“* (Steinhauer, 2022).

⁸ Der Einbau von Gebäudeautomation wird im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert (siehe: https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Anlagentechnik/anlagentechnik_node.html, Abruf März 2023)

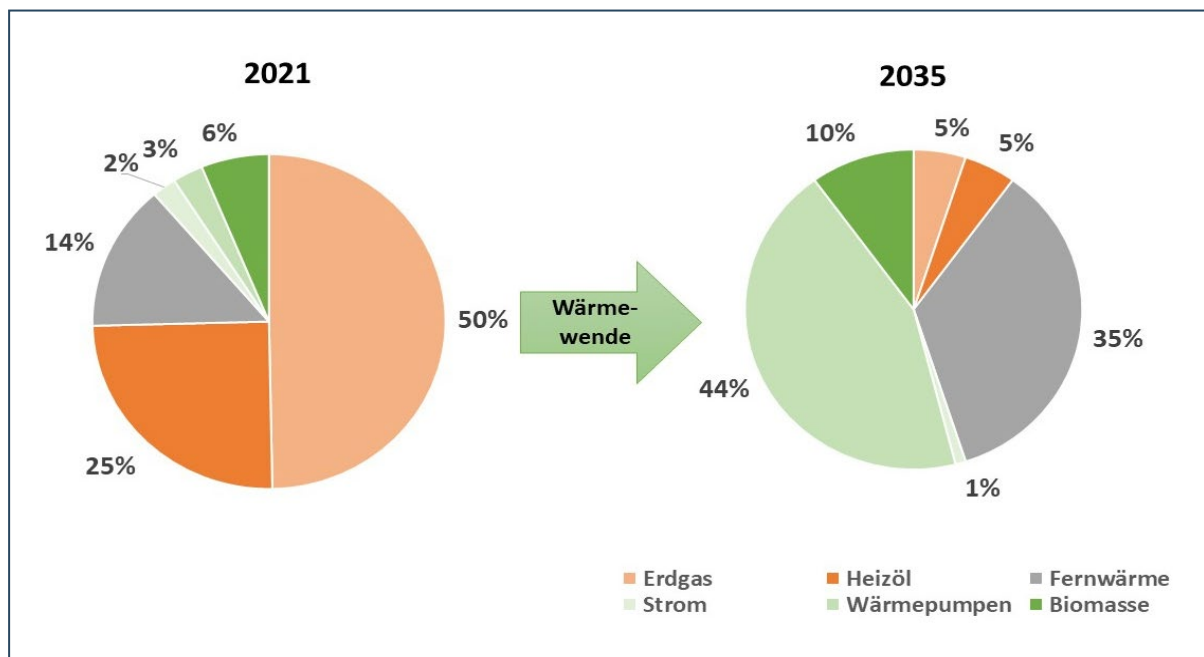
4.1 Zukunft der Wärmeversorgung von Gebäuden

Die Entwicklung einer Diffusionsstrategie für die Gebäudeautomation muss vor dem Hintergrund der absehbaren Veränderung der Wärmeversorgung des deutschen Gebäudesektors erfolgen. Wesentliche Zielvorgaben hierfür liefert das Klimaschutzgesetz (die Bundesregierung, 2021), welches für das Jahr 2045 Klimaneutralität vorschreibt und dadurch faktisch alle Formen fossiler Energieträger für das Heizen verbietet. Als Folge dieses Gesetzes sind einige wesentliche Entwicklungen absehbar:

- ▶ Der Anteil der mit Erdgas und Öl beheizten Gebäude wird von etwa 75 % in der Gegenwart auf ca. 25 % in den Jahren 2035 bis 2040 zurückgehen.
- ▶ Der Anteil der Fernwärme wird besonders bei der Versorgung städtischer Mehrfamilienhäuser stark steigen.
- ▶ Der Bestand an Einfamilienhäusern wird zunehmend mit Wärmepumpen beheizt werden.
- ▶ Sowohl in Ein- wie in Mehrfamilienhäusern werden vermehrt Photovoltaikanlagen eingesetzt werden, deren Stromproduktion in Verbindung mit Speichern zum Betrieb von Wärmepumpen eingesetzt wird.

Parallel zum wachsenden Anteil der Fernwärme an der Versorgung werden sich die Fernwärmequellen von fossiler KWK zu einem breiten nicht-fossilen Wärmequellenmix verschieben (Fraunhofer IEE, 2021; Scientists for Future, 2022).

Abbildung 5: Quellen der Wärmeversorgung 2021 und gegen Ende der Wärmewende 2035



Quellen: 2021 (AGEB, 2021, S. 10), 2035: (Ariadne Projekt, 2021, S. 96)

Dieser Wandel in der Wärmeversorgung verdeutlicht, dass sich auch die Anforderungen an die Management- und Steuerungsfunktionen von Gebäudeautomation sowie Smart Home Technik verändern. Zwar bleibt die effiziente Wärmeversorgung ein zentrales Ziel, da sie auch für den wirtschaftlichen und netzdienlichen Betrieb von Wärmepumpen und Fernwärmeanschlüssen Voraussetzung ist,

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

hinzu kommen jedoch weitere Funktionen des Energiemanagements und der Sektorenkopplung. Der Wärmepumpenhersteller Stiebel Eltron stellt z.B. die elektronische Regelung in der Verbindung von Stromerzeugung mit der Photovoltaikanlage sowie dem Verbrauch durch Wärmepumpen in den Mittelpunkt (Klingaul, 2023):

„Die Kombination beider Systeme ist vor allem mit Blick auf steigende Heiz- und Stromkosten eine wirkungsvolle Maßnahme, um die Eigenverbrauchsquote des Solarstroms und damit den Autarkiegrad von Neu- und Bestandsbauten effektiv zu erhöhen. Ausgerüstet mit einer entsprechenden Kommunikations-Schnittstelle bietet die Systemkopplung nicht nur die Möglichkeit, selbsterzeugten PV-Strom unmittelbar zum Betrieb der Wärmepumpe einzusetzen, sondern auch überschüssige Energie zu nutzen und diese thermisch zu speichern – etwa in einem Heizungspuffer- oder Warmwasserspeicher. (...) Darüber hinaus lassen sich Wärmepumpe und PV-Anlage (...) in ein umfassendes Smart Home-System (...) integrieren. Eine solche Lösung ermöglicht eine übergreifende Steuerung, Regelung und Überwachung der gesamten Gebäude-Technik und vernetzt alle Stromerzeuger mit den Stromverbrauchern des Haushalts.“

Auch die Integration von Stromspeichern und Ladepunkten für Elektromobile ist bereits häufig Gegenstand des Gebäudeenergiemanagements. Mit Blick auf Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude wird also zukünftig die Frage eines sektorkoppelnden Energiemanagements hohe Bedeutung haben. Zukünftig gilt es, dezentrale Energieerzeugung in Gebäuden und Liegenschaften mit dem Angebot und dem Bedarf aus zentralen Netzen abzugleichen. Daraus resultieren komplexe Optimierungsaufgaben, die z.B. ein Management von Eigenstromerzeugung, dynamischen Strompreisen aus dem Netz und Energieumwandlung bzw. Speicherung erfordern (Severin Beucker et al., 2021). Die Systeme müssen daher in der Lage sein, zum einen die technische Steuerung dieser Prozesse umzusetzen und zum anderen nach verschiedenen Optimierungsgrößen (z.B. Emissions- oder Kostenminimierung) steuern und damit auch Eigenversorgungs- oder Mieterstrommodelle umsetzen zu können. Schließlich ist durch die Umstellung erheblicher Teile der Mehrfamilienhäuser auf die Versorgung mit Fernwärme auch die intelligente Steuerung von Fernwärme-Übergabestationen notwendig. Diese wird von einzelnen Wärmenetzbetreibern schon angekündigt (enercity, 2022):

„enercity forciert sein Engagement im Bereich Fernwärme und setzt dabei auch auf Künstliche Intelligenz (KI) (...) Der KI-Einsatz sieht vor, ans Fernwärmenetz angeschlossene Objekte sukzessive mit entsprechender Software auszustatten und Bestandsgebäude nachzurüsten. In einem ersten Schritt werden bis 2027 rund 5.000 Mehrfamilienhäuser in Hannover ausgestattet. Durch den Einsatz von KI in diesen 5.000 Gebäuden lassen sich rechnerisch rund 50.000 Megawattstunden (MWh) Wärme und 5.000 Tonnen Kohlendioxid (CO₂) pro Jahr einsparen – oder alternativ 500 weitere Gebäude mit Wärme versorgen.“

Neben der Einsparung einer hohen Energiemenge wird auch die Reduktion der Spitzenlast um ca. 20 % erwartet, wodurch es im Gesamtnetz möglich wird, 25 % zusätzlicher Kundinnen und Kunden ans Fernwärmenetz anzuschließen (enercity, 2022).

Vor dem Hintergrund dieser veränderten Rahmenbedingungen, die zu einer deutlich veränderten Struktur der Wärmeversorgung führen werden, sind die in den Interviews herausgearbeiteten Anforderungen an die technische Weiterentwicklung zu bewerten.

4.2 Technische Weiterentwicklung von Gebäudeautomation

Von Beucker et al. (2022) wurden auf der Grundlage von Expertengesprächen mit Nutzenden und Anbietenden von Gebäudeautomation eine Reihe von Handlungsoptionen zur Weiterentwicklung bestehender Produkte herausgearbeitet:

- ▶ **Standardisierung und offene Schnittstellen** (z.B. Open Metering) von GA-Systemen sollten durch Anbietende und Branchenverbände (z.B. Bitkom und ZVEI) vorangetrieben werden. Dies gilt auch für Schnittstellen von der GA zur wohnungswirtschaftlichen Software (z.B. ERP-Systeme oder Abrechnungssysteme) sowie die Einbindung von Messtellen und Zähler (z.B. intelligente Strom-, Wärmemengen- und Wasserzähler).
- ▶ **Mangelnde Interoperabilität und Kompatibilität der Technik:** Bestehende Angebote der Gebäudeautomation stellen oft Insellösungen dar, die sich nicht durch Komponenten und Angebote anderer Anbietender ergänzen lassen. Es gibt den Wunsch nach einer besseren Kompatibilität der verfügbaren Technikangebote. Diese Forderung ist aus Sicht der anwendenden Personen bzw. Kundinnen und Kunden nachvollziehbar, in der Praxis aber schwer umzusetzen. Es haben sich bereits viele Initiativen zur Harmonisierung von Protokollen und Standards für Smart Home- und Smart Building gebildet, die bisher jedoch nicht zu einer deutlichen Komplexitätsreduktion geführt haben (siehe auch Beucker, S. & Schramm, S., 2022).
- ▶ **Ersatzteil- und Modernisierungsgarantien:** Erweiterte Produkt- und Modernisierungsgarantien für Technik der Gebäudeautomation (z.B. Mindestverfügbarkeit von Ersatzteilen für zehn Jahre) durch herstellende Unternehmen, um den langfristigen Betrieb der Technik zu gewährleisten und so die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Die Vorschläge der befragten Expertinnen und Experten aus dem Umfeld der Anwendenden von Gebäudeautomation sind verständlich. Ihre Umsetzung erscheint aber unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht unbedingt realistisch. Die Technik der Gebäudeautomation befindet sich gegenwärtig in einem disruptiven Wandlungsprozess und wird dabei stark von immer besseren Möglichkeiten der IKT einerseits und von sich abrupt ändernden Rahmenbedingungen der Energiewende andererseits angetrieben.

Der schnelle Technologiewandel in der Gebäudeautomation wird auch im Themenwechsel der Marktstudie des Schweizer Fachverbands der Gebäudeautomationsplanenden klar, die im Jahr 2016 noch auf das Thema der Gebäudeautomation allein fokussierte (MeGA, 2016), aktuell aber das große Thema der KI-Nutzung im Gebäude zum Thema hat (MeGA, 2022).

Vor dem beschriebenen Hintergrund ist auch fraglich, ob es einer weiteren Initiative zur Normung oder Standardisierung von Gebäudeautomation und Smart Home Technik bedarf. Stattdessen könnte auch eine Förderung oder Verpflichtung zu offenen Schnittstellen und Interoperabilität (siehe z.B. Open Metering) helfen, verschiedene proprietäre Systeme und Protokolle besser nutzbar zu machen. Aus der Sicht einer Diffusionsförderung, die die gerade in den nächsten Jahren absehbaren innovativen Weiterentwicklungen nicht behindern möchte, wäre daher u.U. am praktikabelsten, sich auf ein Nebeneinander proprietärer Einzelsysteme im Wettbewerb einzulassen und darauf zu vertrauen, dass sich mit der Skalierung der Angebote die Vielfalt der Lösungen eigendynamisch reduziert. Dies geschieht parallel auch über die Konsolidierung innerhalb der Branche. So ist derzeit eine verstärkte Übernahme kleinerer Unternehmen und Startups der Gebäudeautomation bzw. aus dem Bereich Smart Home durch etablierte Anbietende zu beobachten.

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

Im Zuge des zu erwartenden Umbaus fossiler Heizungssysteme auf Wärmepumpen in Einfamilienhäusern und Fernheizungsanlagen in Mehrfamilienhäusern wäre es weiter praktikabel, auf die Einführung von Gebäudeautomation im Zuge dieses Umbaus zu setzen. Die bereits zu beobachtende Tendenz, dass die Herstellenden von Heizungsanlagen die von ihnen angebotenen Steuerungen auf die Mitsteuerung von PV und Stromspeichern hin erweitern, ist ein Beispiel dafür.

Sowohl bei den Herstellenden von Wärmepumpen wie bei den Betreibenden von Wärmenetzen würden sich durch die Integration der auf Energieeffizienz gerichteten Funktionen der Gebäudeinnovation erhebliche Synergieeffekte ergeben. Bei Wärmepumpen wäre aufzuführen:

- ▶ Je effizienter eine Heizungsanlage funktioniert, desto geringer fallen die unbedingt notwendigen Umbauten an Gebäuden aus, deren Heizung auf Wärmepumpe umgestellt werden soll. Durch die Nutzung einer Einzelraumregelung und eines Energiemanagements auf Ebene eines größeren Wohngebäudes oder einer Heizgruppe von Reihenhäusern können so Umbaukosten eingespart werden.
- ▶ Eine effizientere Heizungsanlage mit Wärmepumpe vergrößert gleichzeitig den Anteil am Gebäudebestand, der auf Wärmepumpe umgerüstet werden kann. Dadurch vergrößert sich der zugängliche Markt für die Wärmepumpenherstellenden.
- ▶ Des Weiteren verbessern die auf Energieeffizienz gerichteten Funktionen der Gebäudeautomation das Ausmaß, in dem die Wärmepumpen netzdienlich zur Entlastung des Stromnetzes gesteuert werden können. Hierdurch wird die Anzahl der in einem Netz mit Wärmepumpen zu versorgenden Gebäude erhöht.

Ähnliche Synergien bieten sich auch für die Betreibenden von Fernwärmenetzen:

- ▶ Je effizienter eine Heizungsanlage funktioniert, desto geringer ist die notwendige Vorlauftemperatur für ein Gebäude und desto geringer ist die benötigte Energiemenge zur Wärmeerzeugung. Auch die erforderliche Spitzenlast ist geringer, da die Zeitsteuerung der Heizungsanlagen gerade bei Synchronisation des ganzen Netzes durch eine Streckung der Versorgung mit Wärme über einen längeren Zeitraum z.B. die morgendlichen Lastspitzen dämpfen kann.
- ▶ Die Absenkung der benötigten Wärmemenge für Gebäude führt zu einem geringeren Bedarf an Wärmegewinnungsanlagen. Da im Zuge der Abschaltung der fossilen Kraftwerke, die heute noch ca. 80 % der in den Netzen verteilten Wärmemenge produzieren (AGFW e.V., 2021), fast alle Wärmegewinnungsanlagen neu errichtet werden müssen, führt dies zu erheblichen Einsparungen an Investitionen.
- ▶ Effizientere Heizungsanlagen mit geringeren Anforderungen an die Vorlauftemperatur ermöglichen langfristig eine Absenkung der Vorlauftemperatur in den Netzen. Diese wiederum spart Leitungsverluste sowie Strom in allen Wärmepumpenanlagen, die in das Wärmenetz eingebunden sind.

Eine Diffusionsstrategie für die Gebäudeautomation sollte diese Synergien erschließen und die hier maßgeblichen Akteure systematisch einbinden.

4.3 Branchenzugehörigkeit, Marktführende und Intermediäre von Gebäudeautomation

Die Technologie der Gebäudeautomation ist keinem Branchenverband eindeutig zuzuordnen. Vielmehr wird sie je nach Anbietendem und Ausrichtung von unterschiedlichen Verbänden und Organisationen repräsentiert.

Mehrere etablierte Unternehmen der Gebäudeautomation engagieren sich z.B. im KNX-Verband (www.knx.de), der sich als Plattform für eine Gestaltung der technischen Gebäudeinfrastruktur auf Basis des KNX-Standards versteht. Darüber hinaus sind Unternehmen in der Wirtschaftsinitiative Smart Living (WISL) (www.smartliving-germany.de/) organisiert, die ihre Aufgaben darin sieht, die Digitalisierung von Haushalten und Lebensumgebung zu fördern und Deutschland zum internationalen Leitmarkt für Smart Living und Smart Home Technik zu machen.

Auf der Ebene einzelner Gewerke der Heiztechnik sind der Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V., der Bundesverband Wärmepumpe e.V. sowie der Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. zu nennen, die z.B. Anbietende von Heiz- und Lüftungstechnik vertreten.

Der Digitalverband Bitkom hat in den letzten Jahren auch vermehrt zu den Themen Stellung genommen, konzentriert sich dabei jedoch stärker auf digitale Dienstleistungen und Software.

Der Schweizer Fachverband der Gebäudeautomationsplanenden weist in seiner Marktstudie 2016 ganze 25 Anbietende von Gebäudeautomationssystemen aus, davon aber nur wenige, die auch in Deutschland aktiv sind (z.B. Siemens, Kieback&Peter). Als aktive Marktführende treten aber auch diese Unternehmen zumindest öffentlich nicht in Erscheinung.

Die Nichtvertretung der Technologie der Gebäudeautomation durch einen großen Verband in Verbindung mit dem geringen öffentlichen Bekanntheitsgrad der Gebäudeautomation als Energiespartechologie hat zur Folge, dass die Gebäudeautomation im Themenportfolio der Klimaschutz- und Energieagenturen, falls überhaupt, bestenfalls eine Nebenrolle spielt.

Schließlich zeigt die Auswertung der Experteninterviews (Beucker et al., 2022), dass auch zentrale Intermediäre, die zur Verbreitung der Technologie beitragen könnten und sollten (z.B. Energieberatende, Energieagenturen, TGA-Planende), mit der Ausnahme weniger spezialisierter Anbietender, wenig Kenntnisse und Fachwissen zur Gebäudeautomation besitzen.

Dauerhaft sollen daher stärkere Verbandsstrukturen bzw. Kooperationen mit bestehenden Verbänden (z.B. Bundesverband Wärmepumpe e.V., DEN, BDH und/oder AGFW e.V.) angestrebt werden, um einen besseren Wissensstand zu den Anwendungsmöglichkeiten und der Leistungsfähigkeit der Technik herzustellen.

4.4 Verbesserte Kommunikation zur Gebäudeautomation

Die vorangegangenen Abschnitte haben bereits deutlich gemacht, dass der Ausgangspunkt für eine wirksame Informationskampagne zu Gebäudeautomation kompliziert ist:

- ▶ Eine Vielfalt von Begriffen und Definitionen schafft zwar Raum für Differenzierung der Anbietenden, trägt aber gleichzeitig erheblich zu Verwirrung und Unklarheit bei.
- ▶ Die Komplexität der Zusammenhänge ist groß, was die Ermittlung eindeutiger und übertragbarer Daten zu Energieeinspareffekt, Kosten und Wirtschaftlichkeit erschwert.

- ▶ Die aktuell vorherrschende Trennung der Akteure, die für die Einführung, Umsetzung und Betreuung der Technik erforderlich sind, führt zu einem Kommunikationsproblem zwischen Akteuren bzw. Stakeholdern, die ein Interesse an der Umsetzung von Gebäudeautomation haben.

Vor diesem schwierigen Hintergrund gilt es, das Vertrauen in die Technik zu steigern. Dies könnte z.B. durch eine neutrale Bewertung des Effizienzbeitrags von Gebäudeautomation zur Energiebilanz von Gebäuden und die systematische Auswertung von Best-Practice-Vorhaben erfolgen. Es stellt sich aber nicht nur die Frage, welche Informationen eine solche Kampagne umfassen soll, sondern auch, wer eigentlich die Trägerin oder der Träger sein sollte.

Von Beucker et al. (2022) wurden eine Reihe von Handlungsoptionen mit Blick auf die Kommunikation herausgearbeitet. Als Kommunizierende werden hier Technikanbietende, TGA-Planende, die Wohnungswirtschaft und ihre Verbände sowie die Energieberatung und allgemein Branchenverbände genannt. Mit Ausnahme der Herstellenden der Technik dürfte aber keiner der genannten Akteure ein starkes wirtschaftliches Interesse daran haben, die Gebäudeautomation voranzutreiben. Damit rückt die Suche nach neuen, die Kampagne mit starken Interessen tragenden, Akteuren nochmals in den Vordergrund.

4.5 Förderung der Technik und (ordnungs-)rechtliche Maßnahmen

Haupthindernis für einen Breitereinsatz von GA in Wohngebäuden ist das Investor-Nutzer-Dilemma. Darunter wird verstanden, dass die Wohnungswirtschaft die Kosten für die Beschaffung der Technik trägt, die Wohnungsnutzenden/ Mietenden jedoch von geringeren Energiekosten profitieren. Deshalb unterbleiben in der Regel die Investitionen, da sie sich nur schwer refinanzieren lassen.

Damit liegt ein Marktversagen vor, da die Diffusion einer wichtigen Effizienztechnik nicht stattfindet. Es stellt sich daher die Frage, ob durch eine gezielte Förderung der Technik sowie (ordnungs-)rechtliche Maßnahmen die Verbreitung unterstützt werden kann.

Grundlage hierfür kann folgende Argumentation sein: Der deutsche Gebäudesektor soll bis 2045 klimaneutral sein (die Bundesregierung, 2021). Dieses Ziel ist jedoch mit den bisher beschlossenen Maßnahmen kaum zu schaffen. Dagegen legen aktuelle Analysen nahe, dass bis zu einem Drittel der bis 2030 geplanten Reduktion der CO₂-Emissionen des Gebäudesektors durch den großflächigen und niedriginvestiven Einsatz von Gebäudeautomation im Bestand (Beucker & Hinterholzer, 2019, 2021b) erzielt werden könnte.

Um dieses hohe Potenzial erschließen zu können, erscheint eine ordnungsrechtliche Verpflichtung zum Einbau der Technik ratsam. Zentrale Voraussetzung hierfür wäre, den Einsatz von Gebäudeautomation zu einer technischen Anforderung im Gebäudeenergiegesetz (GEG), insbesondere für die Sanierung von bestehenden Mehrgeschossbauten zu machen. Über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) erfolgt zwar bereits eine Unterstützung, diese wird jedoch aufgrund des Investor-Nutzer-Dilemmas zu wenig in Anspruch genommen.

Die gleiche Logik könnte aber auch in eine Förderstrategie übersetzt werden. Erhöht man die Fördersätze für Wärmepumpenanlagen und Fernwärmeübergabestationen, die diese Funktionalitäten bieten, dann würde der Anteil der Geräte mit dieser Funktionalität ansteigen.

QUELLEN

- Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80(7), 41–47.
- AGEB. (2021). *Energieverbrauch in Deutschland Daten für das 1. Bis 3. Quartal 2021*. Münster. Abgerufen von <https://www.ag-energiebilanzen.de/>
- AGFW e.V. (2021). *AGFW Hauptbericht 2020*. Frankfurt. Abgerufen von <https://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht>
- Ariadne Projekt. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Potsdam. Abgerufen von <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/#weiterfuehrende-kapitel-110-appendix-modellbeschreibungen-glossar>
- Berg, A. (2022, September). *Smart Home 2022*. Berlin. Abgerufen von <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Smart-Home-2022>
- Beucker, S. (2017). *Finanzierungs- und Geschäftsmodelle für das Dezentrale Energiemanagement in Quartieren*. Berlin: Borderstep Institut.
- Beucker, S. (2022). *Fokusgruppe Hansa Bau—Einflussfaktoren und Diffusionspfade von Gebäudeautomation*. Berlin: Borderstep Institut.
- Beucker, S., & Hinterholzer, S. (2019). *CO₂-Minderungspotentiale im Wohngebäudesektor durch Gebäudeautomation*. Berlin: Borderstep Institut. Abgerufen von Borderstep Institut website: https://www.smart-living-germany.de/SL/Redaktion/DE/Publikationen/2020_Borderstep-Studie_CO2-Reduktion_Smart-Living.html
- Beucker, S., & Hinterholzer, S. (2021a). *Energiesparen durch Gebäudeautomation: Ausgewählte Fallbeispiele*. Berlin: Wirtschaftsinitiative Smart Living. Abgerufen von Wirtschaftsinitiative Smart Living website: https://www.smart-living-germany.de/SL/Redaktion/DE/Meldungen/2021/2021_06_03_Studie-Gebaeudeautomation-mit-Fallbeispielen.html
- Beucker, S., & Hinterholzer, S. (2021b). *Klimaschutz und Energieeffizienz durch digitale Gebäudetechnologien*. Berlin: Bitkom e.V. Abgerufen von Bitkom e.V. website: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-11/211111_st_klimaschutz-und-energieeffizienz.pdf
- Beucker, S. & Schramm, S. (2022). *Digitale Gebäudetechnik: Systeme, Kunden, Markt* [Forschungsbericht DiKoMo]. Berlin: Borderstep Institut.
- Beucker, S., Schramm, S., Gabriel, J., & Vogl, D. (2022). *Ergebnisse der ersten Expertenbefragung zu Einflussfaktoren und Diffusionspfaden von Gebäudeautomation*. Berlin: Borderstep Institut.
- Bosch. (2022, April 25). Smart Home trifft auf smarte Mobilität: BMW und Bosch Smart Home starten gemeinsame Kampagne. Abgerufen 29. Januar 2023, von [Bisch-presse.de website: https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/smart-home-trifft-auf-smarte-mobilitaet-bmw-und-bosch-smart-home-starten-gemeinsame-kampagne-239424.html](https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/smart-home-trifft-auf-smarte-mobilitaet-bmw-und-bosch-smart-home-starten-gemeinsame-kampagne-239424.html)
- BSI. (2023). Smarthome absichern. Geht ganz einfach. Abgerufen 29. Januar 2023, von [Bsi.bund.de website: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Kampagne-einfach-absichern/Smart-Home/smart-home_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Kampagne-einfach-absichern/Smart-Home/smart-home_node.html)
- Bundesregierung. (2020). *Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze (Gebäudeenergiegesetz—GEG)*. Abgerufen von [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&bk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*\[@attr_id=%27bgbl107s1519.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1728.pdf%27%5D__1603811241858](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&bk=Bundesanzeiger_BGBl&start=//*[@attr_id=%27bgbl107s1519.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl120s1728.pdf%27%5D__1603811241858)

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

- Clausen, J., & Fichter, K. (2019). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 64–95. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>
- CO2-Online. (2019). *Verbraucherumfrage Smart Home Kennt und nutzt die Bevölkerung Smart-Home-Systeme?* Berlin. Abgerufen von <https://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/umfrage-smarthome.pdf>
- Destatis. (2022). *Jeder zehnte Haushalt verfügt über smarte Energiemanagement-Systeme*. Wiesbaden. Abgerufen von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/10/PD22_455_63.html
- die Bundesregierung. (2021). *Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) zuletzt geändert August 2021*. Abgerufen von <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/>
- DIN EN 15232. (2017). *DIN EN 15232-1:2017-12 Energieeffizienz von Gebäuden—Teil 1: Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement*. Berlin: Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag.
- enercity. (2022, Juni 16). *Enercity macht Fernwärme smart*. Abgerufen 28. Januar 2023, von Enercity.de website: <https://www.enercity.de/presse/pressemitteilungen/2022/enercity-macht-fernwaerme-smart>
- Fichter, K., & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.
- Fichter, K., & Clausen, J. (2016). Diffusion Dynamics of Sustainable Innovation—Insights on Diffusion Patterns Based on the Analysis of 100 Sustainable Product and Service Innovations. *Journal of Innovation Management*, 4(2), 30–67.
- Fichter, K., & Clausen, J. (2021). Diffusion of environmental innovations: Sector differences and explanation range of factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 38, 34–51. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.10.005>
- Fraunhofer IEE. (2021). *Potenzialstudie klimaneutrale Wärmeversorgung Berlin 20*. Berlin.
- Gambardella, C., Bergset, L., & Beucker, S. (2012). *Vergleich der CO2-Vermeidungskosten zwischen konventionellem Wärmeschutz und einem Hausautomationssystem*. Berlin.
- Klingaul, J. (2023, Januar 10). *Fokus Wärmepumpenhochlauf: Stiebel Eltron-Pressetreffen im Signal Iduna Park Dortmund*. Abgerufen 27. Januar 2023, von stiebel-eltron.pressroom-rbt.com/2023/01/10/fokus-waermepumpenhochlauf-stiebel-eltron-pressetreffen-im-signal-iduna-park-dortmund/
- MeGA. (2016). *MeGA - Marktstudie Gebäudeautomation CH 2016*. Luzern: Fachverband Gebäudeautomationsplaner. Abgerufen von Fachverband Gebäudeautomationsplaner website: <https://www.mega-planer.ch/publikationen-downloadbereich/marktstudien>
- MeGA. (2022). *MeGA - Marktstudie Gebäudeautomation CH 2022*. Luzern: Fachverband Gebäudeautomationsplaner. Abgerufen von Fachverband Gebäudeautomationsplaner website: <https://www.mega-planer.ch/publikationen-downloadbereich/marktstudien>
- Plattform Wattbewerb. (2021). *Wattbewerb Ranking*. Abgerufen 30. Dezember 2021, von Plattform Wattbewerb website: <https://plattform.wattbewerb.de/ranking>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Scientists for Future. (2022). *Wärmenetze. Die klimaneutrale Wärmeversorgung für verdichtete Stadtgebiete*. Berlin. Abgerufen von <https://de.scientists4future.org/keypoints-kommunale-waermewende/>

DIFFUSIONSANALYSE VON GEBÄUDEAUTOMATION

- Severin Beucker, Hannes Doderer, Alexander Funke, Hendrik Kondziella, Christopher Koch, Jörn Hartung, ... Niko Rogler. (2021). *Flexibilität, Markt und Regulierung*. [Synthesebericht]. Berlin: WindNODE-Konsortium. Abgerufen von WindNODE-Konsortium website: https://www.bor-derstep.de/wp-content/uploads/2021/01/FMR_ES.pdf
- Steinhauer, P. (2022, November 12). CO2 Steuer: Vermieter zahlen anteilig ab 2023. Abgerufen 25. Januar 2022, von Vermietet.de website: <https://www.vermietet.de/magazin/co2-steuer-vermieter-zahlen-antelig-ab-2023/>
- Steudle, L., & Clausen, J. (2016). *Materialband 5: Vermietung und Verleih. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy*. Berlin. Abgerufen von Materialband 5: Vermietung und Verleih. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy
- Waide, P., Ure, J., Karagiana, N., Smith, G., & Bordass, B. (2014). *The scope for energy and CO2 savings in the EU through the use of building automation technology Second edition, 13 June 2014*. Manchester.
- Walz, R., Gotsch, M., Gandenberger, C., Peters, A., & Günther, E. (2017, Februar). *Nachhaltiges Wirtschaften – Stand der Transformation zu einer Green Economy. Ergebnisse einer Metastudie im Rahmen von NaWiKo*. Gehalten auf der NaWiKo-Vernetzungskonferenz, Halle (Saale). Halle (Saale).
- ZVEH. (2023). Smart Home/Smart Building – live im E-Haus. Abgerufen 29. Januar 2023, von Zveh.de website: <https://www.zveh.de/arge-medien/aktuelle-kampagnen/smart-home.html>