dena
Deutsche Energie-Agentur

Rolle der Digitalisierung im Gebäudebereich.

Eine Analyse von Potenzialen, Hemmnissen, Akteuren und Handlungsoptionen.

Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWi

BMWi-Projekt-Nr.: 102/16-13

Berlin, 2017

Impressum

Autoren
Hauptbearbeiter:
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur (dena)
mueller@dena.de
030 / 66 777 774

Bearbeiter:
Anton Barckhausen, Adelphi
Marian Bons, Ecofys
Dr. Jost Eder, BBH
Annika Hercegfi, Adelphi
Dr. Helge Maas, PwC
Dr. Christian Nabe, Ecofys
Markus Offermann, Ecofys
Axel Scheelhaase, Deutsche Energie-Agentur
Martina Schmitt, Deutsche Energie-Agentur
Nana von Rottenburg, Deutsche Energie-Agentur
Roman Zurhold, Deutsche Energie-Agentur

Kapitel 1, 2, 3 und 4:
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur

Kapitel 5,6 und Anhang I, II

Anton Barckhausen, Adelphi	(Kapitel 5.1.3 und 5.2.3 / 6.4 und 6.5 / Anhang I und II)
Dr. Jost Eder, BBH	(Kapitel 5.1 und 5.2 / 6 / 8)
Annika Hercegfi, Adelphi	(Kapitel 5.1.3 und 5.2.3 / 6.4 und 6.5 / Anhang I und II)
Dr. Helge Maas, PwC	((Kapitel 5.1.2, 5.1.3 und 5.2.2 / 6.1, 6.3 und 6.6 / Anhang I und II)
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 5.1 und 5.2 / 6 / Anhang I und II)
Markus Offermann, Ecofys	(Kapitel 5.1.1 und 5.2.1 / 6.1 und 6.2 und Anhang I und II)
Christian Nabe, Ecofys	(Kapitel 5.2.1 und 6.2 / Anhang I und II)
Martina Schmitt, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 5.1 und 5.2 / 6 / Anhang I und II)
Roman Zurhold, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 5.1 und 5.2 / 6 / Anhang I und II)

Kapitel 7

Anton Barckhausen, Adelphi	(Kapitel 7.2)
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 7)

Markus Offermann, Ecofys	(Kapitel 7.2)
Marian Bons, Ecofys	(Kapitel 7.2)
Axel Scheelhaase, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 7.1)
Nana von Rottenburg, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 7.1)

Kapitel 8:

Anton Barckhausen, Adelphi	(Kapitel 8.1.4, 8.1.5 und 8.2)
Annika Hercegfi, Adelphi	(Kapitel 8.1.4, 8.1.5 und 8.2)
Dr. Helge Maas, PwC	(Kapitel 8.1.2, 8.1.3 und 8.2)
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 8.1 und 8.2)
Christian Nabe, Ecofys	(Kapitel 8.2)
Markus Offermann, Ecofys	(Kapitel 8.2)
Roman Zurhold, Deutsche Energie-Agentur	(Kapitel 8.1 und 8.2)

Kapitel 9:
Christian Müller, Deutsche Energie-Agentur

Reviewer:
Dr. Clemens Rohde, Fraunhofer ISI

Inhalt

1 Zusammenfassung 7

2 Hintergrund 9

3 Zielsetzung 10

4 Methodisches Vorgehen 12

5 Anwendungsfälle sowie Effizienz- und Erneuerbare-Energien-Potenziale 14

5.1 Anwendungsfälle „Digitale Werkzeuge“ 15

5.1.1 BIM als Planungsmethode 15

5.1.2 BIM als Methode zum energieoptimiertem Management von Gebäuden 18

5.1.3 Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung 21

5.2 Steigerung Energieeffizienz/Erneuerbare-Energien-Einsatz durch IKT 22

5.2.1 Erhöhung Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit EE-Wärme 23

5.2.2 Steigerung EE-Eigenverbrauch 28

5.2.3 Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung 34

5.3 Zusammenfassung Potenzialabschätzung 40

6 Hemmniss- und Lückenanalyse sowie wichtige Türöffner 43

6.1 Anwendungsfall „Planung und industrielle Sanierung mit BIM“ im Bereich GWB 43

6.2 Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB 46

6.3 Anwendungsfall „Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbarer Energien“ im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom) 49

6.4 Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB 55

6.5 Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG 58

6.6 Zusammenfassung 62

7 Stakeholder-Analyse und Ergebnisse Stakeholder-Workshop 63

7.1 Stakeholder-Analyse 63

7.2 Ergebnisse Stakeholder-Workshop 63

7.2.1 Bewertung Hemmnisse und Lücken sowie Türöffner durch Teilnehmer 63

7.2.2 Handlungsempfehlungen durch Teilnehmer 65

7.3 Zusammenfassung Stakeholder-Analyse und -workshop 65

8 Handlungsempfehlungen 67

8.1 Übersicht Handlungsempfehlungen 67

8.1.1 Handlungsempfehlungen BIM 68

8.1.2 Handlungsempfehlungen Steigerung Systemdienlichkeit/Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Wärmeerzeugung 69

8.1.3 Handlungsempfehlungen Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien 70

8.1.4 Handlungsempfehlungen Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung 70

8.2 Priorisierung Handlungsempfehlungen 71

8.2.1 Zentrale Handlungsempfehlungen: BIM-Planung und BIM-Realisierung 72

8.2.2 Zentrale Handlungsempfehlungen: Steigerung Systemdienlichkeit/Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Wärmeerzeugung 72

8.2.3 Zentrale Handlungsempfehlungen: Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien 74

8.2.4 Zentrale Handlungsempfehlungen: Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung 76

9 Fazit 78

10 Abbildungsverzeichnis 79

11 Übersicht Expertengespräche 80

12 Literatur- und Quellenverzeichnis.....81

13 Abkürzungen.....89

1 Zusammenfassung

Ziel der Studie ist die Benennung, Konkretisierung und Bewertung der Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien in Wohn- und Nichtwohngebäuden, die mit Hilfe der Digitalisierung gehoben werden können.

Im ersten Teil der Studie werden die verschiedenen Anwendungsfälle konkret beschrieben und hinsichtlich ihres Beitrags zur Steigerung der Energieeffizienz und zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien bewertet. Die Anwendungsfälle beziehen den gesamten Gebäudebestand mit ein und betreffen zwei große Themenfelder:

- digitale Werkzeuge zur energetisch optimierten Planung, Realisierung und Betrieb von Gebäuden (BIM)
- Steigerung der Energieeffizienz durch Informations- und Kommunikationstechnik

Dabei werden auch einzelwirtschaftliche und systemische Kosten sowie der notwendige Gebäudeautomatisierungsgrad mit betrachtet. Im Ergebnis kann auf Grundlage dieser Bewertung die Zahl der Anwendungsfälle für die drei betrachteten Gebäudetypen (Ein- und Zweifamilienhaus (EFH/ZFH), Geschosswohnungsbau (GWB) und Nichtwohngebäude (NWG)) auf folgende fünf Fälle reduziert werden:

- Industrielle Sanierung mit BIM im Geschosswohnungsbau unter Berücksichtigung von BIM-Planung
- Steigerung der Systemdienlichkeit erneuerbarer Energien im Wärmebereich in Nichtwohngebäuden unter Beachtung der Potenziale im Geschosswohnungsbau
- Optimierung des Eigenverbrauchs aus erneuerbaren Energien in Ein- und Zweifamilienhäusern unter Beachtung von Mieterstrommodellen im Geschosswohnungsbau
- Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz in Ein- und Zweifamilienhäusern und im Geschosswohnungsbau
- Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung in Nichtwohngebäuden

Für diese Fälle werden im Anschluss Hemmnisse und Lücken benannt und in eine Matrix eingeordnet, die einerseits die Schwere des Hemmnisses und andererseits die Abbaubarkeit des Hemmnisses berücksichtigt. Hierbei werden insbesondere die Hemmnisse genauer analysiert, die eine hohe Bedeutung haben und zugleich gut abbaubar sind. Im Ergebnis wird deutlich, dass die Themen Standardisierung, Qualitätssicherung und Produkttransparenz, Datenschutz und Datensicherheit sowie Schaffung von wirtschaftlichen Anreizen zentrale Herausforderungen darstellen.

Um von der Problembeschreibung zur Entwicklung von Lösungsansätzen zu kommen, werden im nächsten Arbeitsschritt zu den identifizierten Hemmnissen und Lücken entsprechende Lösungsansätze entwickelt. Die Analyse verdeutlicht, dass für eine weitere Durchdringung gerade im Bereich Transparenz und Steuerung eine Gewährleistung hoher Sicherheitsstandards, eine interoperable Gerätekommunikation und eine stärkere Beachtung des Kundennutzens notwendig sind. Zugleich erscheinen aufgrund der Vielzahl an Anbietern und Angeboten weiterführende Informations- und Beratungsangebote sinnvoll, um Informations- und Transparenzdefizite aufzufangen. Weiterhin gilt es Anreize zu

stärken bzw. zu schaffen, um die Digitalisierung der Bauwirtschaft zu fördern und den systemdienlichen Betrieb von Erneuerbaren-Energien-Anlagen anzuregen. Die noch offenen technischen Fragen im Bereich des Smart Meter Gateway sollten möglichst bald in Form von marktfähigen Lösungen beantwortet werden.

Die Diskussion dieser Ansätze mit zentralen Stakeholdern macht deutlich: Die Erwartungshaltung der Wirtschaft gegenüber der Politik ist als relativ hoch einzustufen. Entsprechend intensiv wird hier um Fragen der Standardisierung und der Notwendigkeit von regulatorischen Rahmenbedingungen gerungen. Der Austausch mit Vertretern aus Wirtschaft, Gesellschaft und Forschung zeigt zugleich, wie wichtig ein intensiver Dialog von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ist, um die Akzeptanz digitaler Tools und Angebote zu steigern. Insgesamt wünscht sich die Wirtschaft eine stärkere Wahrnehmung der öffentlichen Hand als Vorreiter bei der Digitalisierung, indem die öffentliche Hand auch als aktiver Nutzer digitaler Anwendungen in Erscheinung tritt.

Zum Abschluss der Studie werden auf Grundlage der durchgeführten Analysen und des Austauschs mit Experten und Stakeholdern Handlungsempfehlungen entwickelt, die sich sowohl auf Empfehlungen für vertiefende Untersuchungen als auch auf konkrete Maßnahmen beziehen. Als zentral werden dabei weitere Untersuchungen zur Forcierung des Smart Meter-Rollout, zur Sicherstellung von Interoperabilität und zur Entwicklung von Maßnahmen zum Anreiz für systemdienliches Verhalten angesehen. Weiterhin sollte untersucht werden, welche Förderansätze im Bereich Stromspeicher und Stromverbrauchssteuerung besonders erfolgsversprechend sind. Es gilt einen Diskurs zu den Themen Datenschutz und Datensicherheit zu initiieren, um hier einen breiten Konsens herzustellen.

2 Hintergrund

Die Digitalisierung, das heißt die Implementierung moderner und innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien, gehört zu den zentralen Themen und Herausforderungen Deutschlands im 21. Jahrhundert. Entsprechend groß ist die Bedeutung der Digitalisierung für eines der Schlüsselprojekte der Bundesregierung, die Energiewende.

Digitale Tools und Anwendungen sind ein zentraler Bestandteil, wenn es um die bessere Vernetzung von Erzeugung, Transport, Speicherung und Verbrauch möglichst CO_2freier Energie geht. Informations- und Kommunikationstechnologien können dabei helfen, die Energiewende erfolgreich zu meistern und sind in manchen Sektoren sogar zwingende Voraussetzung, um Vernetzung zu ermöglichen und um damit verbundene Effizienz- und Synergieeffekte realisieren zu können. Mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende wurde eine zentrale regulatorische Weiche gestellt, um den flächendeckenden Einbau intelligenter Stromzähler unter Gewährleistung der Datensicherheit zu ermöglichen.

Nicht nur im Strombereich kann die Digitalisierung eine wichtige Rolle spielen bzw. Türöffner für die Ausschöpfung vorhandener Energieeffizienz- und CO_2-Einsparpotenziale sein. So benennt beispielsweise das Grünbuch Energieeffizienz die Digitalisierung als einen zentralen Punkt für höhere Energieeffizienz im Industrie-, Gewerbe- und Haushaltssektor. Dies betrifft insbesondere den Bereich der Wohn- und Nichtwohngebäude. Mit ihrem fast 40-prozentigen Anteil am gesamten Energieverbrauch in Deutschland stellen sie ein großes Anwendungsfeld für digitale Ansätze zur Steigerung der Energieeffizienz und zum stärkeren Einsatz erneuerbarer Energien dar.

Die vorhandenen Ansätze zur Digitalisierung im Gebäudebereich sind bislang noch nicht systematisch erfasst und hinsichtlich ihrer Umsetzungsmöglichkeiten bewertet worden. Entsprechend groß ist der Handlungsbedarf, die Möglichkeiten der Digitalisierung im Gebäudesektor systematisch zu erfassen und hinsichtlich ihres Beitrags zum Gelingen der Energiewende zu bewerten. Vor diesem Hintergrund erfolgte die Beauftragung der Studie, um Anwendungsfälle zu identifizieren und diese auf einer Metaebene hinsichtlich ihrer Potenziale, vorhandener Hemmnisse und möglicher Lösungsansätze zu bewerten.

3 Zielsetzung

Im Mittelpunkt dieser Studie stehen die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien in Wohn- und Nichtwohngebäuden, die mit Hilfe der Digitalisierung gehoben werden können. Es gilt diese Potenziale in Form konkreter Anwendungsfälle zu benennen und hinsichtlich ihrer Folgewirkungen zu bewerten. Dabei sind zentrale Hemmnisse und Lücken zu identifizieren und geeignete digitale Lösungsansätze und Türöffner zu benennen. Darauf aufbauend sind Handlungsempfehlungen zu den Anwendungsfällen zu entwickeln.

Gemäß der Aufgabenbeschreibung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie konzentriert sich die Studie dabei auf zwei große Themengebiete:

a) Digitale Werkzeuge zur energetisch optimierten Planung, Realisierung und Betrieb von Gebäuden

Unter diesem Themengebiet werden alle digitalen Ansätze und Angebote zusammengefasst, die sich rund um die energetisch optimierte Planung und Realisierung sowie den energieeffizienten Betrieb von Gebäuden bewegen. Einen zentralen Bestandteil bildet dabei das sog. Building Information Modelling (BIM), durch welches ein digitales Gebäudemodell in der gesamten Breite der baulichen Wertschöpfungskette abgebildet wird. BIM kann damit ein zentraler Türöffner für Planung, Betrieb und Realisierung bzw. Sanierung von Gebäuden sein. Offen sind jedoch Fragen zur Bedeutung von BIM für die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und die Umsetzungsmöglichkeiten zur industriellen Produktion von Bauteilen mit Hilfe von digitalen Anwendungen. Grundsätzlich besteht hier ein erhebliches Kosteneinsparpotenzial für den Planungsprozess und die Sanierungsumsetzung, das jedoch genauer hinsichtlich der damit verbundenen Konsequenzen, Hemmnisse und Lücken zu untersuchen ist.

b) Steigerung der Energieeffizienz durch Informations- und Kommunikationstechnik

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Vernetzung der verschiedenen Energieerzeugungsanlagen und Verbrauchssektoren können IKT-basierte Anwendungen eine zentrale Rolle bei der verbesserten Systemintegration und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien einnehmen. Dies gilt insbesondere für dezentrale strombasierte oder -gekoppelte Anlagen wie Wärmepumpen oder Blockheizkraftwerke, deren Vernetzung die Grundlage für deren netzdienlichen Betrieb und die Synchronisation mit Preissignalen ist. Zugleich kann die Digitalisierung auch einen Beitrag für den wirtschaftlichen Betrieb dieser Anlagen leisten, der beispielsweise durch die Teilnahme am Regelleistungsmarkt oder am Peer-to-Peer-Energiehandel ermöglicht wird. Dies könnte den Ausbau der erneuerbaren Energien beschleunigen und damit einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung und Dezentralisierung der Energieerzeugung leisten.

Bereits heute gibt es eine breite Palette an Produkten und digitalen Angeboten, die sich unter dem Schlagwort „Smart Home“ zusammenfassen lassen. Durch intelligente Haustechnik, die entweder die verstärkte Verbrauchstransparenz oder die intelligente Steuerung der Anlagentechnik adressiert, könnten Verbraucher und Gebäudenutzer zu einem bewussten Energieumgang motiviert werden. Sie ermöglichen eine bedarfsgerechte Steuerung der Gebäudetechnik und optional eine verbesserte Einbindung erneuerbarer Energien.

Die soeben skizzierten Anwendungsmöglichkeiten sind dabei in vielen Fällen der Forschung entwachsen, haben Marktreife erlangt oder diese steht unmittelbar bevor. Vor diesem Hintergrund liefert die Studie Antworten auf das Potenzial digitaler Angebote für den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden, für den Bauplanungs- und Umsetzungsprozess sowie der Effizienzsteigerung durch verstärkte Transparenz und Gebäudesteuerung. Zugleich werden zentrale Stakeholder für diese Prozesse und Angebote identifiziert sowie im Rahmen eines Workshops relevante Hemmnisse diskutiert und Lösungsansätze entwickelt. Auf dieser Grundlage werden energiepolitische Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Die Studie leistet damit einen substantiellen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende in Deutschland und bietet eine Orientierung für weitere Untersuchungen, die sich mit einzelnen Anwendungsfällen näher beschäftigen.

4 Methodisches Vorgehen

Die Studie zur Rolle der Digitalisierung im Gebäudesektor basiert auf einer intensiven Literaturrecherche sowie der Auswertung von Ergebnisberichten nationaler und internationaler Forschungsansätze und Modellprojekte. Durch zusätzlich durchgeführte Experteninterviews wurde gewährleistet, dass Expertise abseits des Desk-Researchs Beachtung findet. Auf dieser Grundlage wurden durch die Bearbeiter der Studie die zu untersuchenden Anwendungsfälle (digitale Werkzeuge zur energetisch optimierten Planung, Realisierung/Sanierung und Betrieb von Gebäuden sowie Steigerung der Energieeffizienz und verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien durch Informations- und Kommunikationstechnik) unter Berücksichtigung der drei Gebäudekategorien – Ein- und Zweifamilienhäuser, Geschosswohnungsbau und Nichtwohngebäude – hinsichtlich ihrer Potenziale zur Primärenergiebedarfsreduktion überschlägig bewertet. Die abgeschätzten Einsparungen wurden in Relation zu den zu erwartenden einzelwirtschaftlichen und systemischen Kosten gestellt sowie der notwendige Grad der Gebäudeautomatisierung beachtet. Im Ergebnis konnte mit Hilfe dieser Methodik die Zahl der zu betrachtenden Anwendungsfälle bzw. die als relevant einzuschätzenden Gebäudetypen pro Anwendungsfall für eine detailliertere Analyse weiter reduziert werden.

Im weiteren Verlauf wurden die verbliebenen Anwendungsfälle (BIM-Planung und -Sanierung im GWB; Steigerung Systemdienlichkeit erneuerbarer Wärmeerzeugung in NWG; Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien in EFH/ZFH; Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz in EFH/ZFH & GWB; Steigerung Energieeffizienz durch Steuerung in NWG) einer detaillierten Untersuchung unterzogen. Hierbei stand die Identifikation von Hemmnissen, Lücken und Türöffnern im Mittelpunkt. Anhand einer dafür entwickelten Hemmnismatrix, die sowohl die Hemmnisschwere als auch die -abbaubarkeit berücksichtigt, wurden die Hemmnisse bewertet und entsprechend der vorgegebenen Systematik (Technik, Regulatorik, Finanzierung, Psychologie, Organisation und Sonstiges) eingeordnet.

Auf Grundlage der identifizierten Hemmnisse wurden Türöffner auf Basis der Studien- sowie Projektauswertung und der geführten Experteninterviews ermittelt. Diese wurden ebenfalls anhand einer Matrix mit den Kriterien Umsetzungswahrscheinlichkeit und Relevanz klassifiziert.

Darüber hinaus wurden im Rahmen einer Stakeholder-Analyse die Stakeholder bzw. Stakeholdergruppen identifiziert, die entweder bei der Potenzialausschöpfung oder der Hemmnisüberwindung eine zentrale Rolle spielen. Auch hier wurde wieder mit Hilfe von Desk-Research und Expertengesprächen gearbeitet. Es erfolgte eine Bewertung der ermittelten Stakeholder anhand von drei Kriterien: Marktanteil bzw. Einflusspotenzial, Erwartung an Bundesregierung und Politik sowie Konflikte mit Rahmenbedingungen. Auf dieser Grundlage wurden insgesamt rund 100 Stakeholder identifiziert. Der Schwerpunkt lag auf privatwirtschaftlichen Akteuren, die wiederum differenziert nach vorgegebenen Branchen bewertet wurden. Die Ergebnisse dienten der Organisation und Durchführung des Stakeholder-Workshops. Dieser Ansatz gewährleistete eine große Nähe zu vorhandenen Marktangeboten, anhand derer Potenziale, Hemmnisse und Türöffner konkret benannt und diskutiert werden konnten.

Im Stakeholder-Workshop identifizierten die Teilnehmer in drei Arbeitsgruppen aufgeteilt (Transparenz & Steuerung, Systemdienlichkeit & Optimierung Eigenverbrauch, BIM-Planung & -Steuerung) gemeinschaftlich bestehende Hemmnisse und entwickelten Lösungsansätze. Mit Hilfe des gebündelten Ex-

pertenwissens aus Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft sowie durch die Diskussion der Arbeitsergebnisse im Plenum konnte gewährleistet werden, dass zentrale Hemmnisse diskutiert und konkretisiert werden konnten. Zugleich gelang es, Handlungsempfehlungen zu entwickeln und die Erwartungshaltung der Stakeholder gegenüber der Politik zu dokumentieren. Damit stellten die Bearbeiter der Studie sicher, dass die Handlungsempfehlungen unter Beachtung des Marktgeschehens und der Marktbedürfnisse entwickelt wurden. Zum Schluss wurden auf Grundlage der vorangegangenen Analysen Handlungsleitlinien für die Anwendungsfälle entwickelt. Es fand eine Priorisierung anhand der zuvor entwickelten Türöffner statt.

5 Anwendungsfälle sowie Effizienz- und Erneuerbare-Energien-Potenziale

Ziel des Arbeitspaketes 1 war es Effizienzpotenziale sowie Potenziale zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien von Anwendungsfällen im Bereich der Digitalisierung in Gebäuden zu analysieren. Dazu wählte das Projektteam in Absprache mit dem Auftraggeber zunächst aus 18 möglichen Kombinationen (drei Gebäudetypen und sechs Anwendungsfelder) zwölf sinnvolle Anwendungsfälle für die Potenzialanalyse aus. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Auswahl der zwölf Anwendungsfälle (grün) sowie drei Anwendungsfälle, für die eine Übertragbarkeit geprüft werden sollte (gelb).

Anwendungsfelder	EFH/ZFH	GWB	NWG
BIM-Planung	--------	x	--------
BIM-Betrieb	--------	--------	x
BIM-Realisierung	--------	x	--------
Steigerung Wirtschaftlichkeit/ Systemdienlichkeit EE-Wärme	x	x	x
Optimierung Eigenverbrauch EE	x	x	x
Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz & Steuerung	x	x	x
	= Nicht Betrachten	=Übertrag-barkeit prüfen	= Betrach-ten

Abbildung 1: Auswahl von zwölf sinnvollen Kombinationen aus 18 möglichen Anwendungsfällen zur groben Abschätzung ihrer Potenziale

Mit dem Ziel, aus diesen zwölf Anwendungsfällen ca. fünf wesentliche Anwendungsfälle für die weitere, vertiefte Betrachtung auszuwählen, wurde im Rahmen des Arbeitspaketes 1 eine grobe Abschätzung im Hinblick auf zentrale Indikatoren durchgeführt:

- Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz
- Potenzial zum verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien
- Einzelwirtschaftliche Kosten
- Systemische Kosten
- Benötigter Gebäudeautomatisierungsgrad

Darüber hinaus wurde der aktuelle Stand der Technik sowie der Markteinführung und -durchsetzung erfasst. Für die Analyse dienten zunächst verschiedene Studien als Informationsgrundlage. Ergänzend wurden gezielte Experteninterviews durchgeführt. Auf Basis der Abschätzungen leitete das Projektteam für jeden Anwendungsfall eine Empfehlung ab, ob der Anwendungsfall weiter im Hinblick auf Hemmnisse und Türöffner sowie Handlungsempfehlungen untersucht werden sollte. In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der qualitativen Analyse der Anwendungsfälle in den Bereichen „Digitale Werkzeuge“ und „Informations- und Kommunikationstechnik“ dargestellt.

5.1 Anwendungsfälle „Digitale Werkzeuge“

Im Rahmen der digitalen Werkzeuge zum energetisch optimierten Planen, Betreiben und industriellen Sanieren von Gebäuden wird das Building Information Modelling, kurz BIM, untersucht. Anhand des BIM kann die gesamte bauliche Wertschöpfungskette in einem digitalen Gebäudemodell abgebildet werden. Da sich BIM für kleine Gebäude bzw. Wohnhäuser weniger eignet, konzentriert sich die Analyse auf den Geschosswohnungsbau und Nichtwohngebäude.

5.1.1 BIM als Planungsmethode

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall von BIM in der Planung von Geschosswohnungsbauten umfasst die Energieperformance und die Integration erneuerbarer Energien.

Da Gebäude mittels BIM im Vorfeld detailliert in digitaler Form ,,konstruiert“ werden, können energetisches Design und Planungsprozess iterativ aufeinander abgestimmt und optimal gestaltet werden. Ebenso lassen sich auch Änderungen bei anderen Konstruktionsphasen genauer und effizienter berücksichtigen. Die gesteigerte Sicherheit in der Kosten- und Zeitplanung durch den Einsatz von BIM kann zu einer Reduktion der Gesamtkosten führen. Es ist damit zu rechnen, dass die Verwendung von BIM in den kommenden Jahren, insbesondere für Großprojekte, zunehmen wird. Die Grundlage für eine zunehmende Marktdurchdringung von BIM ist die Entwicklung, Definition und Verbesserung von Schnittstellen und öffentlichen Austauschformaten, um die Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Softwareprodukten sicherzustellen.

Im Anwendungsfall können verschiedene Neu- und Weiterentwicklungen von Technologien und Geschäftsmodellen beobachtet werden:

Technologien	▪ Nutzungsarten: Open/Closed BIM ▪ Software: Prinzipiell alle CAD und TGA Programme ▪ Schnittstellen/Formate: Industry Foundation Classes (IFC) bietet Möglichkeit für softwareübergreifenden Datenaustausch
Geschäftsmodelle	▪ Berufsgruppen: BIM-Manager, BIM-Koordinator ▪ Dienstleistungen/Software: Aus- und Weiterbildungen, BIM-Cloud, Apps, Vermessung und Digitalisierung der Daten ▪ Herstellung von Hardware: Digitale Arbeitsgeräte für Baustelle, Vermessungsdrohnen

Konkrete Anwendungsbeispiele

Technologien: Es gibt eine Vielzahl BIM-fähiger Softwareprodukte auf dem Markt, welche sich derzeit in einer Phase maßgeblicher Entwicklung befinden. Je nachdem welche Funktionen die Software erfüllen kann, wird dabei von einer Mehrdimensionalität gesprochen (4D, 5D, ...). Mögliche Erweiterungen sind üblicherweise die zusätzliche Planung von Terminen, Kostenkalkulationen, Betrachtung einer optimierten Nachhaltigkeit durch z.B. Life Cycle Management (Gebäude- und Anlagenmanagement), aber auch verschiedene Anwendungen zur Überwachung bzw. Optimierung der Energieperformance des Gebäudes. Ebenso können beliebig viele („nD“) weitere Informationen mit dem virtuellen Gebäudemodell vernetzt und für alle Projektteilnehmer verfügbar gemacht werden.

Begrenzend wirkt die mangelnde Kompatibilität der Software-Produkte unterschiedlicher Unternehmen (Hersteller) und das Fehlen eines universellen Datenaustauschformats, mit dem die Daten verlustfrei und softwareübergreifend genutzt werden können. Aufgrund dessen werden zwei wesentliche Systeme unterschieden: Closed BIM und Open BIM.

Als Ideallösung der BIM-Anwendung gilt die fachübergreifende Arbeit aller Projektbeteiligten mit herstellerunabhängigen Softwarelösungen an einem ganzheitlichen Datenmodell (Big-Open BIM). Um dabei eine verlustfreie Datenübertragung sicherzustellen, ist ein standardisiertes, herstellerneutrales Datenformat notwendig. Für diesen Zweck scheinen sich die Industry Foundation Classes (IFC) durchzusetzen, welche vom weltweit agierenden Verband buildingSMART entwickelt werden. Aufgrund seiner Komplexität und breiten Anwendbarkeit, bietet das IFC-Datenmodell sehr viele detaillierte Modellierungsmöglichkeiten, die jedoch auch zu einigen Kompatibilitätsproblemen führen.

Geschäftsmodelle: Die BIM-Planung kommt aufgrund des erhöhten Planungsaufwands meist nur für größere Bauprojekte infrage. BIM-Manager und BIM-Koordinatoren kümmern sich aufgrund der Komplexität der Bauprojekte alleine um die Koordination der BIM relevanten Daten. Durch Zusatzausbildungen können diese Rollen auch von etablierten Architekten, Projektplanern oder Fachplanern übernommen werden. Durch die Notwendigkeit dieser neuen Berufsgruppe entstehen neue Geschäftsfelder in der Aus- und Weiterbildung von entsprechendem Personal. Architekten, Projekt-/Fachplaner und Ingenieure müssen den Umgang mit dem neuen System lernen. Berufsanfänger dieser Bereiche sind möglicherweise während ihrer Zeit an der Hochschule mit der Technologie in Kontakt gekommen. Doch auch hier besteht erheblicher Ausbildungsbedarf, da zunächst das Lehrpersonal im Umgang mit dem neuen System geschult werden muss.

Auflistung weiterer Geschäftsfelder, die durch den steigenden Einsatz von BIM verstärkt erschlossen werden:

- Entwicklung neuer bzw. erweiterter Softwarelösungen und Bereitstellung einer BIM-Cloud (meist durch bereits etablierte Softwarehersteller)
- Innovative Apps zur Ergänzung von Software-Lösungen
- Vermessungsarbeiten auf der Baustelle und Digitalisierung der Daten mit Hilfe von Drohnen
- Herstellung und Vertrieb der Vermessungsdrohnen
- Vertrieb robuster digitaler Geräte zur Verwendung auf Baustellen

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

NWG/GWB		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Planungsflexibilität ermöglicht nachträgliche Anpassungen zugunsten der Energieeffizienz + Kosteneinsparung durch Planungssicherheit kann zugunsten der Energieeffizienz genutzt werden + Durch frühe parallele Planung, können Energieeffizienzbetrachtungen Einfluss auf grundlegende Gebäudeeigenschaften nehmen und damit verbundene Effizienzpotentiale zugänglich machen + Durch die BIM-Planung wird der Grundstein für die Verwendung von BIM in anderen Lebenszyklusphasen gelegt und damit eine Grundlage für einen effizienteren Gebäudebetrieb geschaffen + Aufgrund konstanter Übersicht nur geringer Aufwand nötig, um zu garantieren, dass Effizienzziele des Gebäudes erreicht werden	mittel
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Flexibilität in der Auswahl der Technologien. Ausgewählte Anlagen können genauer dimensioniert werden, sind damit günstiger und werden mit größerer Wahrscheinlichkeit eingebaut + Es können verschiedene Systeme digital geplant und mit genauer abschätzbaren Verbräuchen simuliert werden. Dadurch kann die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der eingebauten Anlagen bereits vor dem Bau genauer untersucht und eine validere Abwägung ermöglicht werden	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Kostenersparnisse durch Vermeidung von Bau- und Planungsfehlern und verlässliche Zeit- sowie Kostenplanung + Konkrete und umfassende Termin- und Personalplanung verhindert Leerlaufzeiten der Beteiligten und lässt sich im Laufe der Bauphase zentralisiert an den Baufortschritt anpassen. Auf mögliche Verzögerungen kann mit größter Flexibilität, kostenoptimal reagiert werden + Logistische Kollisionen (z.B. Arbeiten an gleicher Stelle zu derselben Zeit) werden softwareseitig kenntlich gemacht und können verhindert werden + Steigerung der Effizienz im Bauprozess, da sich z.B. der zeitliche und der logistische Ablauf komplett modellieren lassen und somit zeitliche Konflikte gewerkeübergreifend erkannt werden können + Automatisch aktualisierte Bauteillisten besitzen eine zeitliche Komponente und erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer rechtzeitigen Lieferung der richtigen Anzahl an Bauteilen	mittel

	+ Der Arbeitsablauf kann an auftretende Verzögerungen angepasst werden und dämpft ihre Auswirkungen somit bestmöglich ab + Kosten unterschiedlicher Entwürfe sind schnell ersichtlich und können über Wirtschaftlichkeitsrechnungen zugunsten von Energieeffizienz oder erneuerbaren Energien entscheiden - Zeit- und Kostenaufwand in Planungsphase höher durch komplexere Baupläne und notwendige Abstimmung zwischen den Beteiligten - Alle Beteiligten müssen sich in das neue System einarbeiten und werden zu Beginn eher langsam damit arbeiten - Aus-/Weiterbildungskosten der Mitarbeiter - Evtl. Anschaffungskosten für neue Software - Zusätzliche Personalkosten (BIM-Manager) - Problem der fehlenden Abbildung der planerischen Vorleistungen in der HOAI	
Systemische Kosten	Kein signifikanter Einfluss erkennbar	gering
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	Grad der Gebäudeautomatisierung wird erst in der Planungsphase festgelegt	gering

Empfehlung: Weiterbetrachtung von BIM-Planung bei GWB

Durch die Erstellung komplexerer Baupläne, notwendige Abstimmungen und ggf. zusätzliches Personal (BIM-Manager) steigt der Zeit- und Kostenaufwand während der Planungsphase mit BIM. Die Kostenersparnisse durch Vermeidung von Bau- und Planungsfehlern und eine verlässliche Planung von Zeit und Kosten rechtfertigen diesen Aufwand jedoch (van Treeck et al., 2016), wenngleich sich diese Art der Planung dadurch nur für größere Bauprojekte anbietet. Die gesteigerte Flexibilität durch die Verwendung von BIM im Planungsprozess ermöglicht außerdem den Zugang und die optimale Nutzung von vielfältigen Effizienzpotentialen. Die BIM-Planung legt den Grundstein für einen effizienteren Gebäudebetrieb. Eine genauere Betrachtung der BIM-Planung für GWB (und große Bauprojekte im Allgemeinen) macht demnach durchaus Sinn, auch vor dem Hintergrund, dass aktiv an der Weiterentwicklung der Schnittstellen und Softwarelösungen geforscht wird und in der Zukunft eine größere Kompatibilität zu erwarten ist.

5.1.2 BIM als Methode zum energieoptimiertem Management von Gebäuden

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall umfasst den Einsatz von BIM-Methoden im Betrieb zum energieoptimierten Management von Nichtwohngebäuden (NWG).

Mithilfe von BIM können umfangreiche Gebäudemodelle erstellt werden, die Informationen über jedes einzelne Bauteil enthalten. BIM kann in einem bereits bestehenden Gebäude, welches ohne BIM errichtet worden ist, genutzt werden, um das Gebäude zu sanieren und idealerweise die Energieeffizi-

enz zu steigern. Es kann aber auch beim Management von Gebäuden unterstützen, die bereits auf ein bestehendes BIM-Modell zurückgreifen können. Die Gebäudemodellierung ermöglicht unter anderem die gemeinsame Optimierung von Instandhaltungs- und Ersatzinvestitionen sowie die energetische Optimierung des Gebäudes. Die erforderliche Hard- und Software ist verfügbar, aber die Anwendung der BIM-Methode bei Gebäuden im Betrieb ist in Deutschland bisher sehr selten. Die verstärkte Nutzung von BIM ist geplant und wird durch die Bundesregierung gefördert.

Die wesentlichen Einsatzfelder lassen sich folgendermaßen kategorisieren:

Datenerfassung	▪ Manuelle oder automatisierte Erfassung der Gebäudeinformationen, z.B. mit Hilfe von 3D Laser-Scannern ▪ Übernahme eines bestehenden BIM-Modells aus der Planung
Datenverarbeitung	▪ Verarbeitung der Daten in BIM-Softwareprogrammen mit integrierten Energie- und CO_2-Analyse-Tools
Datenpflege	▪ Kontinuierliches Monitoring und Controlling des Energieverbrauchs und Umsetzung entsprechender Maßnahmen. Hierzu sind die Daten auf dem jeweils neusten Stand zu halten.

Konkrete Anwendungsbeispiele

EPIC SCAN Scan-to-BIM: *Epic Scan* bietet an von bestehenden Gebäuden mithilfe eines 3D Laser-Scans ein BIM-Modell zu erstellen. Beispielsweise wurde das gesamte Gebäude des alten Postamtes in Chicago gescannt und in einem 3D-Modell erfasst. Aufbauend auf diesem Modell erfolgte die Renovierung des Gebäudes. Der optimierte Einsatz erneuerbarer Energien und Energieeffizienz spielten nur eine untergeordnete Rolle. (Reis, 2017)

Green Building Studio: Das von *Autodesk* auf einem BIM-Modell aufbauende Modul *Green Building Studio* ist ein webbasierter Service, der branchenführende Gebäude- und CO_2-Analyse-Tools umfasst. Im Vordergrund steht die Messung der von dem Gebäude verbrauchten Ressourcen. Das Programm enthält verschiedene Features wie z.B. eine Energie-Analyse des Gebäudes. Hierbei wird der gesamte Energieverbrauch und der CO_2 Fußabdruck ermittelt. Für Bestandsgebäude ist es möglich die individuelle Nutzung des Gebäudes zu hinterlegen und automatisch, basierend auf historischen Wetterdaten, ein Energiemodell zu erzeugen. (Autodesk, Inc, 2013) (Moakher & Pimplikar, 2012)

Etablierung von BIM am Flughafen Frankfurt am Main: Zur Steigerung der Nachhaltigkeit der Bestandsimmobilien im Betrieb wird der *Flughafen Frankfurt am Main* aktuell in BIM modelliert. Die notwendige hohe Transparenz in allen Lebenszyklusphasen und die detaillierte Dokumentation bei der Umsetzung von Maßnahmen wird durch den Einsatz von BIM erreicht. Damit kann unter anderem eine Simulation verschiedener Planungsvarianten mit Blick auf die Bewirtschaftungskosten, die Instandhaltungsstrategien oder die technischen Anlagen erfolgen. Aktuell liegen für 95 Prozent aller *Fraport* Gebäude dreidimensionale Gebäudemodelle zugrunde. Mittelfristig soll BIM für das Facility Management, unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten, nutzbar sein. (Rohr & Külzer)

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

NWG		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Durch die Möglichkeit verschiedene Alternativen am PC zu simulieren und deren Auswirkungen zu bewerten, können neue Optimierungsniveaus erreicht werden; Einsparungen von bis zu 20 Prozent sind möglich (Hodges, 2010) - Bei Gebäuden, die mit BIM geplant worden sind, ist die Möglichkeit der Steigerung der Energieeffizienz gering, da bereits eine hohe Energieeffizienz durch die Planung erreicht wurde	mittel
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Durch die Simulation des Einsatzes verschiedener erneuerbarer Energien können fundierte Entscheidungen für den optimierten Einsatz getroffen werden - Nutzung eines BIM-Modells im Betrieb führt nicht automatisch zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Die Simulation verschiedener Energieeffizienzmaßnahmen und deren Wechselwirkungen erlaubt eine energie- und kostenoptimale Senkung des Energieverbrauchs des Gebäudes - Zusätzliche Kosten für die Erstellung des Modells (Khaddaja & Srourb, 2016) und den administrativen Aufwand im Betrieb	mittel
Systemische Kosten	- Zusätzliche Kosten für die Ausbildung der Mitarbeiter sowie Anschaffung der Hard- und Software	mittel
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	- Ein hoher Automatisierungsgrad senkt die Kosten für die Einführung und den Betrieb von BIM	mittel

Empfehlung: Keine detaillierte Weiterbetrachtung von BIM-Betrieb

Das Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz bei Gebäuden, welche ohne BIM geplant wurden, ist vorhanden, jedoch stark projektabhängig. Bei in Deutschland bereits mit BIM geplanten Gebäuden ist aktuell nur eine marginale Steigerung möglich. Mit dem Alter der Gebäude werden die Möglichkeiten der Optimierung mit BIM im Betrieb jedoch steigen. Das Potenzial zur Nutzung von erneuerbaren Energien ist gering, da ein BIM-Modell zwar die Auswahl und die Entscheidung für die Nutzung beim Bau erleichtert, nicht aber während des Betriebs.

Beim Einsatz der BIM-Methode im laufenden Betrieb entstehen zusätzliche Kosten für den administrativen Aufwand des Gebäudedatenmodells bzw. die Erstellung des Modells. Darüber hinaus entstehen auch systemische Kosten bei vielen Firmen in der Bauindustrie durch die Investitionen in die Ausbildung der Mitarbeiter sowie in Hard- und Software. Es gibt zwar keine Mindestanforderung an die Gebäudeautomatisierung, aber je höher der Grad an Gebäudeautomatisierung ist, desto einfacher ist BIM im Betrieb integrier- und nutzbar.

Die Wahrscheinlichkeit der Anwendung der Methode steigt mit zunehmendem Projektvolumen und steigender Komplexität. Theoretisch ist BIM bei Projekten jeglicher Größe anwendbar, wird jedoch aufgrund der ökonomischen Sinnhaftigkeit nur bei Großprojekten angewendet. Daraus ergibt sich ein

begrenzter Anwenderkreis, womit auch das Gesamtpotenzial gering ist. Dem gegenüber stehen vergleichsweise hohe systemische Kosten, um die Methode einsetzen zu können. Auf eine genauere Betrachtung des Anwendungsfalls wird im weiteren Berichtsverlauf verzichtet.

5.1.3 Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall umfasst die BIM-Realisierung als digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung. Betrachtet wird das Anwendungsfeld für den Geschosswohnungsbau (GWB).

Die Verbreitung und Anwendung von digitalen Gebäudemodellen zum industriellen Sanieren ist noch gering. Erste Anwendungsfälle werden in einzelnen Pilotvorhaben erprobt und laufend neue Erkenntnisse gewonnen. Im Rahmen diverser wissenschaftlicher Studien konnte der Nutzen zur Produktivitätssteigerung durch Building Information Modeling bereits belegt werden (McGraw Hill Construction 2014). Praxiserfahrungen aus dem Ausland, wie zum Beispiel aus den Niederlanden, zeigen ein hohes Kosteneinsparpotenzial durch industrielles Sanieren mit Hilfe von BIM. Allerdings müssen in diesem relativ neuen Anwendungsfeld technische Herausforderungen überwunden werden, um durch standardisierte Anwendungen und industrielles Hochskalieren eine höhere Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Das industrielle Sanieren besteht aus mehreren Einzelschritten:

1) 3D-Scan des Gebäudes	Auf dem Markt befindet sich eine Vielzahl von Lösungen von Hand- und terrestrischen Laserscannern bis hin zu Drohnen, die aus der Luft 3D-Modelle von Gebäuden erstellen. So bietet die *FARO EUROPE GmbH & Co. KG* eine weite Palette an Produkten für das 3D-Scannen an.
2) Überführung in CAD/CAM Modelle	Um die Datensätze in Registrierungsprogramme zu übernehmen und dort mit Hilfe von Computer-Aided Design (CAD) bzw. -Manufacturing (CAM) Software zu verarbeiten, bietet die *FARO EUROPE GmbH & Co. KG* zum Beispiel das *BIM ready Package for Revit* an.
3) Projektierung	Basierend auf dem digitalen Gebäudemodell werden die notwendigen Fertigungsschritte des industriellen Sanierens in einer CAD/CAM Software geplant (inkl. der Anforderungen der benötigen Bauteile und Planung der Vor-Ort-Montage)
4) Industrielle Anfertigung der Bauteile	Auf dem digitalen Gebäudemodell basierend werden die benötigen Bauteile industriell angefertigt. Dieser Schritt befindet sich momentan noch in der Entwicklungsphase und es gibt nur wenige Anwendungsbeispiele.
5) Montage	Die Arbeitsschritte für die Montage werden in dem digitalen Gebäudemodell geplant und koordiniert. Die größte Herausforderung hierbei ist eine effektive Installation, die durch BIM erleichtert und beschleunigt werden kann.

Konkrete Anwendungsbeispiele

In Deutschland konnten bisher noch keine konkreten Anwendungsbeispiele identifiziert werden. Erfahrungen gibt es vor allem im europäischen Ausland:

EnergieSprong, Niederlande: In der 2011 gegründeten, staatlich geförderten Initiative wurden erste BIM-Pilotvorhaben im Bereich des industriellen Sanierens umgesetzt. Anfang 2017 wurden insgesamt

1.800 Mietshäuser in serieller Bauweise saniert oder neu errichtet. Durch das Pilotvorhaben konnten bereits 2017 die Sanierungskosten um knapp die Hälfte gesenkt werden (Bigalke et al. 2017). Weitere *EnergieSprong*-Projekte sind unter anderem in Deutschland, Frankreich und dem Vereinigten Königreich geplant.

EASEE: In dem 2012-2017 durchgeführten EU-Forschungsvorhaben wurden verschiedene zwischen 1925 und 1975 erbaute Mietshäuser in EU-Mitgliedsstaaten mit Hilfe von digitalen Gebäudemodellen industriell saniert, u.a. in Danzig, Madrid und Mailand. Da bei dem Pilotvorhaben keine hohen Stückzahlen erreicht wurden, wurden Kosteneinsparungen durch industrielle Anfertigungen nicht erforscht.

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

GWB		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Hohe Effizienzgewinne durch industrielle Sanierung (EnergieSprong setzt z.B. auf „Net-Zero“-Standard)	hoch
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Enormes Kosteneinsparpotenzial (bis etwa 50Prozent) bei Massenanfertigung und Großaufträgen (Bigalke et al. 2017) - Hohe Initialkosten bei Pilotvorhaben - Bei geringer Anzahl Kosten pro Einzelauftrag hoch	hoch
Systemische Kosten	Kein Einfluss	neutral
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Der benötigte Grad ist gering, ein höherer Grad kann in der Nutzungsphase für ein effektives Monitoring der Energieeffizienz genutzt werden	gering bis mittel

Empfehlung: Weiterbetrachtung von BIM-Realisierung im GWB

Die Praxiserfahrungen aus dem Ausland mit BIM-Realisierung im GWB Bereich deuten auf ein signifikantes Potenzial hin, weswegen sich eine tiefergehende Betrachtung dieses Anwendungsfalls empfiehlt. Einem großen Potenzial für die Steigerung der Energieeffizienz stehen aktuell hohe einzelwirtschaftliche Kosten gegenüber. Beim GWB lässt sich am ehesten der notwendige Standardisierungsgrad erreichen. Ein Ansatz wäre hier zum Beispiel die Zusammenarbeit von Anbietern mit großen Wohnungsbaugenossenschaften. Ein erheblicher Untersuchungsbedarf besteht weiterhin, zum Beispiel zu Fragestellungen der langfristigen Einspargarantie und weiterführenden Dienstleistungen nach der Sanierungstätigkeit.

5.2 Steigerung Energieeffizienz/Erneuerbare-Energien-Einsatz durch IKT

Mit dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in Gebäuden kann eine Steigerung der Energieeffizienz sowie eine verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien erreicht werden. So können IKT-basierte Dienste zum Beispiel die Systemintegration verschiedener Anwendungen und Anlagen verbessern und dadurch einen netzdienlichen und wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Im Smart Home Bereich können weitere Energieeffizienzpotenziale durch die Visualisierung des Energie-

verbrauchs, intelligente Steuerung von Geräten und Anlagen sowie verursachungsgerechte Verbrauchs- und Erzeugungszuordnungen ausgeschöpft werden. Darüber hinaus bietet intelligente Haustechnik die Möglichkeit zu einer optimierten Einbindung von erneuerbaren Energien. Da IKT-basierte Dienste für alle Gebäudetypen Relevanz haben, werden in den nachfolgenden Kapiteln alle Anwendungsfelder sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude betrachtet.

5.2.1 Erhöhung Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit EE-Wärme

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall umfasst die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit von Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen[1], Batteriespeichern und BHKW durch die Synchronisation mit Preissignalen sowie die Teilnahme am Regelleistungsmarkt bzw. an Schwarmkonzepten oder Energiehandelssystemen. In Nichtwohngebäuden und Geschosswohnungsbauten kommen diesbezüglich vornehmlich BHKW und Wärmepumpen zur Anwendung, bei Ein-/Zweifamilienhäusern vornehmlich Wärmepumpen und Batteriespeicher. Weitere mögliche Potenziale von Batteriespeichern sind perspektivisch im Bereich Elektromobilität zu sehen.

Derzeit werden im Regelfall nur Verbraucher mit einem elektrischen Jahresverbrauch von mehr als 100 MWh oder Erzeuger mit einer Anschlussleistung von mehr als 100 kW mit einer ¼-h-Lastgangmessung (RLM Messung) ausgerüstet. Diese Form der Messung ist derzeit Voraussetzung für die Teilnahme am Strommarkt. Dies betrifft also vor allem größere Nichtwohngebäude bzw. Industrieanlagen. Zukünftig werden hier deutlich mehr Verbraucher einbezogen, da nach dem Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) sukzessive alle Verbraucher ab 6000 kWh Jahresverbrauch mit intelligenten Messsystemen (iMSys) ausgestattet werden. Diese bestehen aus mindestens einem digitalen Zähler (auch als „modernes Messsystem“ bezeichnet) sowie einem Smart Meter Gateway (SMGW) und ermöglichen über die Erfassung eines ¼-h-Zählerstandsgangs perspektivisch ebenfalls die Teilnahme am Regelenergiemarkt. Das SMGW stellt die Kommunikationskanäle zwischen Zähler und Messstellenbetreiber sicher. An das SMGW kann eine Steuerbox angeschlossen werden, die Steuersignale an die Regeleinheit z.B. die Wärmepumpe oder das BHWK übermittelt. Für die Teilnahme am Primärregelmarkt befinden sich die technischen Anforderungen gegenwärtig in Abstimmung mit den Übertragungsnetzbetreibern. Der Rollout von iMSys wird voraussichtlich im kommenden Jahr (2018) beginnen. Gegenwärtig (Juli 2017) gibt es noch kein vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zertifiziertes Produkt. Einige Produkte befinden sich jedoch derzeit im Zertifizierungsprozess, so dass in Kürze mit dem Rollout begonnen werden kann.

Aktuell gibt es einige Dienstleister, die eine Einbindung von größeren BHKW und Wärmepumpen in den Strommarkt auf der Basis der RLM-Messung anbieten. RLM-Messungen sind mit jährlichen Kosten von rund 400 bis 500 EUR verbunden und beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit deutlich. Für kleinere Anlagen ist eine Vermarkung aufgrund der fehlenden Lastgangmessung derzeit noch nicht möglich, wodurch jedoch mit dem Smart Meter Rollout die Voraussetzung geschaffen wird.

[1] Die in diesem Bericht getroffenen Aussagen für Wärmepumpen gelten analog auch für Nachtspeicherheizungen. Da die Nutzung Nachtspeicherheizungen rückläufig und aufgrund der niedrigen Effizienz auch nicht zukunftsfähig ist, wird im Folgenden allein auf die Wärmepumpe abgestellt.

Die Nachfrage nach Flexibilität an den Strommärkten ist in den letzten Jahren gesunken, was sich in geringerer Strompreisvolatilität sowie geringeren Regelleistungspreisen ausdrückt. Die größten Potenziale werden aufgrund der wirtschaftlichen Aspekte daher kurz bis mittelfristig weiterhin bei größeren Anlagen zu finden sein. Auch die potenzielle Nutzung von Batteriespeichern im systemdienlichen Betrieb wird eher kritisch bewertet. Dabei stellt sich insbesondere die Einschränkung der individuellen Flexibilität in Verbindung mit den hohen Investitionskosten als Haupthemmnis dar.

Wenn der Ausbau erneuerbarer Energien gemäß den Zielstellungen der Bundesregierung weiter vorangehen wird, wird sich mittelfristig (spätestens ab 2030) eine deutliche Nachfragesteigerung nach Flexibilität einstellen. Dies hat unmittelbar Auswirkung auf die Attraktivität von Geschäftsmodellen wie den Beschriebenen, die auf die Erschließung neuer Flexibilitätsquellen setzen.

Die wesentlichen Ansätze zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit lassen sich folgendermaßen kategorisieren:

EFH/ZFH	▪ Wärmepumpen ▪ Batteriespeicher
GWB & NWG	▪ BHKW ▪ Wärmepumpen

Konkrete Anwendungsbeispiele

Vermarktung von Flexibilität aus BHKW: BHKW sind im Status quo in der Regel wärmegeführt ausgelegt, d.h. ihre Fahrweise richtet sich nach dem Wärmebedarf. Die Stromproduktion des BHKW wird eigenverbraucht oder am Strommarkt vermarktet. Die Angebots- und Nachfragesituation auf dem Strommarkt, die sich in Strompreisen ausdrückt, beeinflusst in diesem Fall nicht die Fahrweise des BHKW.

Durch den Rollout intelligenter Messsysteme werden Messsysteme zur Verfügung stehen, die eine Zählerstandsgangmessung sowie eine Vermarktung von Flexibilitäten, mit einer deutlich günstigeren Technologie ermöglichen. Die Kosten betragen maximal 100 EUR pro Jahr (der Anlagenbetreiber muss der Umrüstung zustimmen). BHKW-Kleinanlagen mit einer Leistung ab 7 kW müssen innerhalb von 8 Jahren ab 2017 mit iMSys ausgestattet werden, sobald die technischen Voraussetzungen dafür vorliegen. Weiterhin kann das iMSys um eine Kommunikationsinfrastruktur für eine Ansteuerung von BHKW erweitert werden (SMGW und Steuerbox). Damit wird technisch die Möglichkeit der Reaktion auf Großhandels-Strompreise und die Teilnahme am Regelleistungsmarkt eröffnet. Allerdings muss die Steuerbox in die Gebäude- bzw. Prozessleittechnik eingebunden werden. Die Eigentümer bzw. Betreiber müssen einem „Eingriff von außen“ zustimmen und Erlöse mit einem Aggregator teilen.

Sowohl auf dem Strommarkt als auch auf dem Regelleistungsmarkt hat sich jedoch in den vergangenen Jahren ein Preisrückgang ergeben, wodurch die Wirtschaftlichkeit einer systemdienlichen Betriebsweise negativ beeinflusst wurde.

Virtuelles Kraftwerk von Next Kraftwerke[2]: Das virtuelle Kraftwerk von *Next Kraftwerke* poolt Erzeuger und Nachfrager, so dass als Summe der Eigenschaften die Voraussetzungen für die Teilnahme

[2] Siehe https://www.next-kraftwerke.de/energie-blog/stromhandel-regelenergie

am Strommarkt sowie am Regelenergiemarkt (Blockgröße > 5 MW) erfüllt werden. Die Teilnahmevoraussetzung ist eine Mindestgröße des BHKW von 100 kW.

Die Anbindung einer individuellen Anlage an das Leitsystem eines virtuellen Kraftwerks funktioniert über eine Fernwirkeinheit – im Fall von *Next Kraftwerke* über eine *Next-Box*. Diese Einheit stellt eine gesicherte, bidirektionale Verbindung zwischen der Steuerung der Anlage und dem Leitsystem des virtuellen Kraftwerks her. Die *Next-Box* selbst besteht hauptsächlich aus einem Modem und einer kleinen speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Über die SPS wird der gesicherte Ablauf der Steuerung der Anlage durch die Leitwarte angestoßen und überprüft. Im Leitsystem eines virtuellen Kraftwerks werden die Regelenergie-Sollwerte der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) automatisiert eingelesen und verarbeitet: Konkret heißt das, dass die Leistungsanforderungen der ÜNB (z.B. 12 MW Leistungsreduzierung innerhalb von 15 Minuten) dann vollautomatisch auf die einzelnen Anlagen verteilt werden.

LichtBlick: ZuhauseKraftwerke – Schwarmdirigent-Speicherlösungen: *LichtBlick* wollte in Kooperation mit VW innerhalb weniger Jahre 100.000 *ZuhauseKraftwerke* installieren. Statt 30.000 EUR sollte das BHKW nur 5.000 EUR kosten. Mit einem monatlichen Grundpreis von effektiv 15 EUR sollten alle Wartungs- und Reparaturkosten beinhaltet sein. In diesem Contracting-Modell erhielt der Verbraucher für jede erzeugte Kilowattstunde Strom einen Bonus von bis zu 2,5 Cent. Das Projekt scheiterte allerdings und wurde nach etwa 5 Jahren im Jahr 2014 beendet. “Die größten Probleme bereitete dabei das Schwarmstromkonzept selbst: Die BHKW sollten – mit großen Wärmespeicherkaskaden ausgestattet – möglichst in den Stunden laufen, in denen hohe Strompreise an der Börse erzielbar waren. Daher wurden die BHKW auf jährliche Laufzeiten zwischen 1.500 und 2.000 Stunden konzipiert. Aufgrund des an Fahrt gewonnenen Ausbaus erneuerbarer Energien – und hierbei insbesondere der Photovoltaik – kam es aber zu einem deutlichen Strompreiseinbruch an der Strombörse. Damit war dem Konzept das zentrale Element, nämlich die Erzielung zusätzlicher Einnahmen durch höhere Stromerlöse, abhandengekommen“ [BHKW Infozentrum, 2014].

LichtBlick setzt weiterhin auf einen dezentral organisierten Energiemarkt der Zukunft (mit dem sogenannten Schwarmdirigent, einer IT Plattform) und arbeitet an Speicherlösungen für regenerativ erzeugten Strom (zusammen mit dem niederländischen *EVU ENECO*). Dabei setzt *LichtBlick* nun auf den Vertrieb von Batteriespeichern und bietet anhand der Wertschöpfungskette vom Preisvergleich über die Vermittlung der Solarspeicher inklusive Installation bis hin zur Reststrom-Belieferung mit 100 Prozent Ökostrom aus Deutschland einen kompletten Service an. Lichtblick plant die Vermarktung der Speicher auf dem Primärregelenergiemarkt. Auch die *sonnen GmbH* bindet eine Speichervermarktung auf dem Primärregelenergiemarkt in ihr Konzept ein. Allerdings steht eine erfolgreiche Präqualifikation noch aus. Vorbild für diesen Ansatz bildet die Vermarktung von Regelleistung aus Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen in der Schweiz. Hier führte das Schweizer Telekommunikationsunternehmen *Swisscom* erfolgreich eine Präqualifkation am Schweizer Regelenergiemarkt durch. Dazu wurde ein proprietäres Messsystem verwendet. Ob dieser Ansatz in Deutschland erfolgreich sein kann, ist derzeit noch unklar.

Vermarktung von Flexibilität aus Wärmepumpen: Im Status quo werden viele Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen bereits flexibel eingesetzt. Hierzu werden vom Netzbetreiber spezielle Netzentgelte angewendet, die die Möglichkeit einer kurzfristigen Unterbrechung der Stromversorgung im Rahmen vertraglich vereinbarter Grenzen einräumen. Ihre Ansteuerung erfolgt in der Regel über

Tonfrequenz-Rundsteuerung. Jedoch erfolgt ihre Ansteuerung über den Netzbetreiber, der sie netzdienlich steuert: Er reduziert die Belastung in potenziell überlasteten Netzsträngen und reduziert die Abnahmeleistung der vorgelagerten Netzebene.

Für Lieferanten hingegen haben diese Steuerungsmöglichkeiten keinen Nutzen, da sie Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen nach temperaturabhängigen Standardlastprofilen (TLP) beliefern. Diese Lastprofile geben die mittleren Abnahmeeigenschaften der Wärmepumpen wieder und sind von den Lieferanten nicht beeinflussbar. Das heißt die Lieferanten haben keine Möglichkeit ihre belieferten Anlagen bei hohen Strompreisen abzuriegeln bzw. bei niedrigen Strompreisen einzuschalten. Zukünftig werden diese Anlagen voraussichtlich nicht nach TLP beliefert, sondern ihr Zählerstandsgang wird über das iMSys gemessen. Ob Wärmepumpen als „unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen“ nach § 14a EnWG bei der Planung des Rollout für iMSys zu priorisieren sind, ist aufgrund unklarer Gesetzesformulierungen noch offen. In jedem Fall wird über das iMSys die Möglichkeit bestehen, die Anlagen durch den Lieferanten anzusteuern. Damit wird es ihm theoretisch ermöglicht, auf die Volatilität von Strompreisen zu reagieren.

Zur Steuerung von Wärmepumpen wurde im Jahr 2013 die SG-Ready-Schnittstelle eingeführt. Dieser Standard definiert vier Betriebszustände, die für die Ansteuerbarkeit im Strommarkt eingesetzt werden können. Eine interessante Option bietet auch der Einsatz von Hybrid-Heizungen. Hybridgeräte kombinieren zwei unabhängige Wärmeerzeuger wie z.B. einen Gas- oder Öl- Brennwertkessel mit einer Wärmepumpe, die mit einer PV-Anlage gekoppelt sein kann. Ganz nach der jeweiligen Situation auf dem Energiemarkt kann die Regelung so eingestellt werden, dass bei schwankenden Energiepreisen immer die günstigste und effizienteste Betriebsweise ausgewählt wird. Hierfür ist es notwendig, dass die Hybrid-Heizung auf das SmartGrid und die Eigenstromnutzung aus einer PV-Anlage vorbereitet ist. Bestehende Systeme wie z.B. das *VITOLACALDENS 222-F* von *Viessmann* haben hierfür einen intelligenten Energiemanager integriert. Mit dessen Hilfe definiert der Betreiber individuell, wie er sein System betreiben möchte, z.B. ausgerichtet auf Eigenstromnutzung oder die Energiepreise [Viessmann, 2017].

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

Allgemein		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Steigerung der Energieeffizienz	- Durch Strompreisführung werden die Gebäudesysteme weniger optimal geführt. Dadurch kann der Energieverbrauch (Strom für Wärmepumpen, Brennstoff) lokal steigen. + Dieser Mehrverbrauch wird durch die Einsparungen im konventionellen Kraftwerkspark ausgeglichen bzw. überkompensiert	neutral
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Durch Strommarktführung kann unter Umständen eine notwendige Abregelung erneuerbarer Energien reduziert werden, wenn sich dies in niedrigen (negativen) Preisen ausdrückt und dieser Anreiz nicht durch ein Förderinstrument ausgeglichen wird.	gering
Systemische Kosten	+ Verminderung der Kosten des deutschen Stromversorgungs-	mittel

	systems: • Durch die Strompreisführung wird der Einsatz teurer Kraftwerke vermieden. Gleichzeitig können erneuerbare Energien besser genutzt werden, da Abregelung reduziert wird (Studie Ecofys/Prognos 2011) • Die Strompreisführung führt weiterhin zu einer Reduzierung der maximalen Residuallast und damit zu einer Erhöhung der freien Kraftwerksleistung. Langfristig kann dadurch die maximale gesicherte Kraftwerksleistung reduziert werden (Studie Ecofys 2016) • Es existiert eine hohe Korrelation von Residuallast und Netzbelastung. Daher ist prinzipiell auch mit einer Reduzierung von Netzkosten zu rechnen. (Studie Prognos 2016 für Agora)	
EFH/ZFH		
Kosten für Intelligente Messsysteme	- Erhöhte Grundkosten für iMSys.	hoch
Kosten für Batteriespeichersysteme	- Kosten im Vergleich zu Strommarktpreisen nicht attraktiv	hoch
Wärmepumpen	+ Gesenkte Strombezugskosten für Wärmepumpen	gering
NWG/GWB		
Kosten für Intelligente Messsysteme	- Erhöhte Grundkosten für iMSys.	mittel
BHKW	-/+ BHKW → - Erhöhte Brennstoffkosten - Erhöhte Wärmegestehungskosten +Erhöhte Vermarktungserlöse Strom	mittel
Wärmepumpen	+ Gesenkte Strombezugskosten für Wärmepumpen	gering

Empfehlung: Weiterbetrachtung der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit EE-Wärme für NWG und GWB

Aufgrund des günstigeren Verhältnisses zwischen den Aufwendungen für Mess- und Steuereinrichtungen zu den möglichen Einsparungen aus Last- und Energieverschiebungspotenzialen sind die Potenziale für größere Anlagen in größeren Nichtwohngebäuden oder Mehrfamilienhäusern erheblich günstiger als diejenigen von Ein- und Zweifamilienhäusern einzustufen (auch wenn die Ein- und Zweifamilienhäuser aufgrund der erheblich größeren Anzahl insgesamt ein größeres Last- und Energieverschiebungspotenzial aufweisen). Der Sektorkopplung und im Speziellen der Interaktion zwischen Gebäuden und dem Stromsektor wird in der aktuellen wissenschaftlichen und politischen Debatte eine Schlüsselrolle zugesprochen. Hierdurch wird der Ausbau der erneuerbaren Energien, bei einer gleichzeitigen Reduktion der systemischen Kosten im Stromsektor, unterstützt. Trotz der derzeitig unvorteilhaften wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf den Strommärkten wird empfohlen den Anwendungsfall mit dem Fokus auf größere Nichtwohngebäude und Mehrfamilienhäuser weiter zu untersuchen.

5.2.2 Steigerung EE-Eigenverbrauch

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall umfasst bei den Ein- und Zweifamilienhäusern die Optimierung des EE-Eigenverbrauchs durch angebotsabhängige Steuerung der Wärmeerzeugung bzw. der Stromnutzung ggf. in Kombination mit Speichern und der Einbindung von Smart-Home-Konzepten. Die Technologie ist bereits weit entwickelt. Es existieren verschiedenste Konzepte, in denen durch eine digitale Steuerung von Wärmepumpen, PV-Anlagen, Stromspeichern und Verbrauchern in Kombination mit Smart-Home Anwendungen, ein Eigenverbrauch von bis zu 80-96 Prozent erreicht wird (Krampe, Wünsch, & Koepp, 2016). Darüber hinaus gibt es bereits zahlreiche Anbieter, die Konzepte zur angebotsabhängigen Optimierung des eigenverbrauchten Stroms anbieten, für welchen zur Zeit 40 Prozent der EEG-Umlage entrichtet werden muss, wenn die Anlagengröße die Grenze von 10 kW überschreitet (Dr. Thömmes & Klewar, 2017).

In den kommenden Jahren ist mit einer steigenden Nachfrage nach Systemen zur Optimierung des EE-Eigenverbrauchs sowie nach PV-Anlagen bei EFH und ZFH zu rechnen. Der Einsatz von Smart-Home-Konzepten wird diese Entwicklung noch verstärken. Ebenfalls ist mit der steigenden Wirtschaftlichkeit entsprechender Systeme, von wachsenden Märkten und neuen Geschäftsfeldern für die Vermarktung auszugehen.

Für die Optimierung des EE-Eigenverbrauchs durch angebotsabhängige Steuerung der Wärmeerzeugung bzw. der Stromnutzung ggf. in Kombination mit Speichern und der Einbindung von Smart-Home-Konzepten sind im Geschosswohnungsbau ebenfalls Potentiale vorhanden, die aufgrund der meist nicht gegebenen Wirtschaftlichkeit für den Mieter nicht ausgeschöpft werden. Je nach Verhältnis der EE-Anlagengröße zum Verbrauch sind hier theoretisch EE-Eigenverbrauchsquoten von bis zu 100 Prozent üblich. Aufgrund der geringen Verwendung von Stromspeichern und der nur teilweisen Abnahme des eigenerzeugten Stroms durch die Mieter sind die Eigenverbrauchsquoten in der Praxis jedoch deutlich geringer. Der Mieterstrommarkt für den Geschosswohnungsbau ist ein relativ junger Markt mit ca. 30 aktiven Teilnehmern im Wesentlichen aus der Energieversorgungs- und Wohnungswirtschaft (Will & Zuber, 2016).

Die Umsetzung von Mieterstrommodellen ist erst ab einer bestimmten Größe aufgrund der damit verbundenen Verwaltungskosten sinnvoll. Im April 2017 ist ein Entwurf eines Gesetzes zur Förderung von Mieterstrom durch die Bundesregierung beschlossen worden, welches die Vergütung des selbstverbrauchen Mieterstroms vorsieht (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017). Dieser sogenannte Mieterstromzuschlag gilt nur für Strom aus neuen PV-Anlagen oder BHKW bis 100 kW, der in räumlicher Nähe des Wohngebäudes und ohne Nutzung des öffentlichen Stromnetzes verbraucht wurde. Die Höhe des Mieterstromzuschlags richtet sich nach der EEG-Vergütung in Abhängigkeit der Anlagengröße. Zumal für Mieterstrom keine Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgabe anfallen, wird zur Errechnung des Zuschlags von der EEG-Vergütung der jeweiligen Anlagengröße pauschal 8,5 ct/kWh abgezogen. Demnach liegt der Mieterstromzuschlag derzeit zwischen 3,7 und 2,2 ct/kWh. Da der vom Mieter zu zahlende Strompreis nicht mehr als 90 Prozent des in dem jeweiligen Netzgebiet geltenden Grundversorgungstarifs betragen darf, soll mit dem neuen Gesetz neben der verbesserten Wirtschaftlichkeit für Anlagenbetreiber, eine günstigere Stromversorgung der Teilnehmer von Mieterstrommodellen gewährleistet werden.

Im Bereich der Nichtwohngebäude ist die Eigenverbrauchsquote sehr stark von der Größe des Speichers und dem Verhältnis von Verbrauch zu EE-Anlagengröße abhängig. Bei Nichtwohngebäuden, wie beispielsweise Fabriken, werden abhängig vom Energieverbrauch und installierter (PV)-Leistung bis zu 100 Prozent erreicht. Im gewerblichen bzw. industriellen Bereich ist der Einsatz von Systemen zur Eigenverbrauchsoptimierung begrenzt. Maßgeblich ist hier der Energiebedarf der Produktionsprozesse und nicht das Angebot an erneuerbaren Energien. Meist erfolgt die Eigenverbrauchsoptimierung durch eine angepasste Ausrichtung der PV-Anlage an das individuelle Lastprofil oder durch Einsatz von Stromspeichern. Bisher bieten nur wenige Firmen Gewerbespeicher an und die Verkaufszahlen der Hersteller liegen oft nur im einstelligen bzw. kleinen zweistelligen Bereich. Aktuell gibt es zwar schon Förderprogramme für Gewerbestromspeicher, beispielsweise in Nordrhein Westfallen, aber ohne weitere gezielte Förderprogramme für den eigenverbrauchten Stroms in der Industrie, ist mit keiner großen Entwicklung in diesem Anwendungsfeld zu rechnen.

Die wesentlichen Ansätze in den verschiedenen Gebäudetypen lassen sich wie folgt kategorisieren:

EFH/ZFH	▪ Optimierung Verbrauch Haushaltsgeräte ▪ Stromspeicher für PV-Anlagen ▪ Smart-Home Konzepte
GWB	▪ Contracting- und Enabling-Modell ((siehe Erläuterungen im nachfolgenden Text) ▪ Anbieter von Messdienstleistungen für Mieterstrom
NWG	▪ Solon PV-Contracting ▪ Tesvolt Gewerbespeicher ▪ Anwendungsbeispiel PV Eigenverbrauch und Speicher in der Landwirtschaft

Konkrete Anwendungsbeispiele

EFH/ZFH:

Optimierung Verbrauch Haushaltsgeräte: Im Rahmen von Demand-Side-Management lassen sich im Gebäudebereich nicht nur Heizungen, sondern gerade im Haushaltsbereich der Stromverbrauch auch von weiteren Verbrauchern eigenverbrauchsoptimiert steuern. Voraussetzung sind entsprechend intelligente Verbraucher und die Akzeptanz bzgl. Programmierungsmehraufwand und/oder Flexibilitätseinschränkung bei den Nutzern. Viele große Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Trockner und Geschirrspüler besitzen heutzutage die Möglichkeit das Einschalten gezielt zu steuern, was eine intelligente Steuerung der Geräte ermöglicht **(SSES, 2015)**. So kann in Kombination mit einer PV-Anlage, das Einschalten auf Zeiten mit viel Solarstrom verschoben werden. Eine kostengünstigere Lösung für ältere Geräte sind Zeitschaltuhren.

Stromspeicher für PV-Anlagen: Der Eigenstromverbrauchsanteil von PV-Anlagen kann wesentlich durch die Installation eines Stromspeichers gesteigert werden. Die Firma Sonnenbatterie bietet beispielsweise sowohl einzelne Batteriespeicher an, als auch Wechselrichter mit integriertem Batteriespeicher. Sie richtet sich damit an Neukunden, aber auch an Kunden, die bereits eine PV-Anlage besitzen und einen Speicher integrieren möchten. Ein weiterer Anbieter ist *Tesla*, der mit der Powerwall einen Stromspeicher mit unterstützender Hardware und einer Größe von 14 kWh für 6.750 EUR anbietet. Das Geschäftsmodell von *Tesla* ist hierbei, die Rolle des Stromspeicherherstellers und -

verkäufers einzunehmen. Die Installation, die Entwicklung und den Verkauf von kompatiblen Wechselrichtern überlässt *Tesla* hingegen anderen Unternehmen. Damit verfolgen sie das Ziel sowohl Besitzer von PV-Anlagen anzusprechen, welche die Powerwall nachträglich in ihr System integrieren möchten, als auch Kunden, die eine neue PV-Anlage bauen wollen (Tesla Inc.).

Smart-Home Konzepte: Smart-Home Konzepte bieten dem Kunden ein „rundum-sorglos-Paket" mit größtmöglicher Flexibilität. Über eine zentrale Steuerungseinheit können Erzeuger und Verbraucher optimiert gesteuert werden. Smart Home Lösungen sind sowohl für jetzige, als auch zukünftige Besitzer von PV-Anlagen interessant. Die Firma *SMA* bietet beispielsweise ein Smart-Home Konzept an, das die Komponenten Energiemanager, Wechselrichter mit integrierter Batterie und Funksteckdosen umfasst. Der Energiemanager steuert die Verbraucher und nutzt standortbezogene Wetterprognosen sowie variable Stromtarife, um ein ganzeinheitliches Lastmanagement zu ermöglichen (SMA Solar Technology AG, 2013).

GWB:

Contracting-Modell: Die meisten Mieterstrommodelle erfolgen in Kooperation mit einem Contractor, d.h. die Solaranlage wird von einem Contractor betrieben, der mit dem Gebäudeeigentümer einen Vertrag zur Nutzung einer Teilfläche des Gebäudes zum Betrieb einer PV-Anlage abgeschlossen hat. Da eine Direktvermarktungspflicht ab 100 kWp greift, werden die Anlagen so konzipiert, dass sie den Grenzwert nicht überschreiten (Prognos AG; Boos Hummel & Wegerich (BH&W), 2017). Die Firma *Lichtblick* ist ein Anbieter des Contracting-Modells. Sie richtet sich mit ihrem Angebot von Mieterstrom vor allem an die Wohnungswirtschaft und eignet sich für Mehrfamilienhäuser bzw. Wohnsiedlungen ab einer Mindestgröße von 20 Mietparteien. Beispielsweise wurde im Gelben Viertel in Berlin im Jahr 2012 auf 50 Mietshäusern, in denen rund 3.000 Mietparteien leben, eine der größten Dach-PV-Anlagen Deutschlands installiert. Den Sonnenstrom können die Mieter nun mit *LichtBlick-ZuhauseStrom* direkt beziehen. Als Eigentümer der Immobilien verpachtet die Stadt Berlin die Dachfläche an den Solaranlagenbetreiber und -besitzer *PVB AG*. Der Tarif für Netz und Solarstrom liegt einheitlich bei 24,75 Cent je kWh bei der *Lichtblick AG* und ist damit 3 Cent günstiger als das Basisprodukt des Grundversorgers. Trotzdem beziehen nur 500 von 3.000 Mietparteien den Solarstrom direkt vom Dach (LichtBlick SE) (Konersmann & Meier, 2015).

Enabling-Modell: Der Immobilienbesitzer ist gleichzeitig der Besitzer und der Betreiber der Anlage, eventuell nötige Messdienstleistungen können von anderen Unternehmen übernommen werden (z.B. Polarstern). Jedoch kann im Gegensatz zum Contracting-Modell der Anlagenbetreiber i.d.R. keinen Strom aus dem Netz zur Vollversorgung liefern, da er dann nach EnWG im Sinne eines Energieversorgungsunternehmen handeln würde und den damit verbundenen Anforderungen gerecht werden müsste. Darüber hinaus können Wohnungsbauunternehmen innerhalb eines Enabling-Modells, ihre von der Gewerbesteuer befreite Vermietungstätigkeit aufgrund weiterer gewerblicher Tätigkeiten, gewerbesteuerpflichtig werden.

Anbieter von Messdienstleistungen für Mieterstrom: Aufgrund der Einbindung verschiedener Akteure weisen Mieterstrommodelle komplexe Abläufe bzgl. der Messdienstleistungen auf. Gerade Anbietern von Mieterstrom aus der Immobilienbranche fehlt z.T. das nötige Knowhow. Einige Unternehmen haben die Lücke erkannt und bieten Messdienstleistungen an. Ein Anbieter ist *Discovergy*, welcher auf Wunsch das Messkonzept, die Installation der Messtechnik sowie Abrechnungs- und Kun-

denverwaltung übernimmt. Bei einer Mieterstromanlage von *Polarstern* in München werden beispielsweise intelligente Stromzähler von Discovery genutzt um kontinuierlich den Stromverbrauch zu messen und die Daten im Zwei-Sekunden-Takt zu übermitteln (Discovergy GmbH) (Will & Zuber, 2016) (Discovergy GmbH).

NWG:

Solon PV-Contracting: Die Firma *Solon* richtet sich mit ihrem Konzept für PV-Contracting explizit an industrielle Gewerbegebäude, Bürogebäude und Schulen. Beim PV-Contracting fungiert die Firma als Planer, Installateur, Finanzier und Betreiber. Solon konfiguriert unter Berücksichtigung des individuellen Lastprofils, der Dachgröße und der Dachausrichtung, die PV-Anlage zum Erreichen des größtmöglichen Eigenverbrauchs und somit zur Steigerung der Rentabilität (SOLON Energy GmbH) (SOLON Energy GmbH).

Tesvolt Gewerbespeicher: *Tesvolt* ist einer der wenigen Gewerbespeicheranbieter im deutschen Markt. Vergleichbar mit dem Haushaltsbereich wird ein flexibles Modulsystem angeboten, welches bei 4,8 kWh beginnt und modular erweitert werden kann. Insgesamt sind bis zu 200 kWh möglich, sowie der flexible Anschluss an sowohl ein,- als auch drei-phasige Wechselrichter. Der Batteriespeicher nutzt die Lithium-Ionen Technik (TESVOLT GmbH).

Anwendungsbeispiel PV Eigenverbrauch und Speicher in der Landwirtschaft: Die Firma *IBC Solar* installierte bei einem landwirtschaftlichen Betrieb (Ferkelzuchtbetrieb) eine PV-Anlage mit Speicher, um den Eigenverbrauch zu optimieren. Der Betrieb benötigt ganztägig eine kontinuierliche Lüftung der Ställe. Die Firma installierte eine PV-Anlage mit einer Anlagengröße von 27 kWp sowie die Speicherlösung *IBC SolStore 19.5 Li*. Die Eigenverbrauchsquote mit Speicher liegt hiermit bei 40 Prozent. Ohne Speicher läge sie bei lediglich 30 Prozent. Die geringe Eigenverbrauchsquote lässt sich darauf zurückführen, dass die PV-Anlage relativ groß konzipiert wurde um einen hohen Autarkiegrad zu erreichen (Meyer, 2014) (IBC Solar).

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

EFH/ZFH		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage und Sensibilisierung der Bewohner für den eigenen Energieverbrauch - Speicherverluste durch den Einsatz von Strom- und Wärmespeichern	gering
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Steigende Anzahl von PV-Anlagen durch den gestiegenen ökonomischen Anreiz und den neuen technologischen Möglichkeiten erwartet (Rickerson, et al., 2014) (Kairies, et al., 2016) + Potentiale für die Eigenverbrauchssteigerung: • Intelligente Regelung von Verbrauchern; 10-15 Prozent (SSES, 2015) (SMA Solar Technology AG) • Speicher: Mindestens 20 Prozent (Kairies, et al., 2016)	hoch

	• Wärmespeicher: Durchschnittlich 13 Prozent (Krampe, Wünsch, & Koepp, 2016) • Elektr. Heizung oder Warmwasser: 20-35 Prozent (Krampe, Wünsch, & Koepp, 2016)	
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ In den kommenden Jahren ist mit massiver Preissenkung zu steigenden Renditen zu rechnen (Kairies, et al., 2016) + Aktuell erzielen PV- Anlagen ohne Speicher höhere Projektüberschüsse als PV-Anlagen mit Speicher. Dies wird sich in den kommenden Jahren ändern. (Krampe, Wünsch, & Koepp, 2016) + Die Installation einer Wärmepumpe führt schon heute zu höheren Projektüberschüssen. (Krampe, Wünsch, & Koepp, 2016) + Die durchschnittlichen Kosten für die Integration eines Erzeugungsmanagement liegen momentan bei ca. 450 EUR für Controller, 195-265 EUR für Smart Meter Gateway und jährlichen Kommunikationskosten von 30 EUR (Stand Studie 2014) (Dr.-Ing. Büchner, et al., 2014)	mittel
Systemische Kosten	+ Die Kosten für den Netzausbau lassen sich um über 40 Prozent reduzieren, wenn die eingespeiste Jahresenergie aller EE-Anlagen um ca. 3 Prozent heruntergeregelt wird (Dr.-Ing. Büchner, et al., 2014) - Im Jahr 2015 ergaben sich ohne die Betrachtung eines reduzierten Netzausbaus volkswirtschaftliche Gesamtkosten in Höhe von 4,5Mio. EUR durch reduzierte Abgaben und Umlagen (Kairies, et al., 2016)	gering
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Die Mindestanforderung ist eine PV-Anlage und Zeitschaltuhren - Die besten Ergebnisse werden durch den Einsatz von Smart Home-Konzepten und Zusatzkomponenten wie Wärmepumpen, Strom- und Wärmespeicher erreicht	gering
GWB		
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage und Sensibilisierung der Bewohner für den eigenen Energieverbrauch	gering
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Steigende Anzahl von PV-Anlagen durch den gestiegenen ökonomischen Anreiz und den neuen technologischen Möglichkeiten. (Rickerson, et al., 2014) (Kairies, et al., 2016)	mittel
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Mieterstrom ist von der Stromsteuer in Höhe von 2,05 Ct. befreit, wenn bestimmte technische Voraussetzungen erfüllt sind (Prognos AG; Boos Hummel & Wegerich (BH&W), 2017) + Kostenvorteil Mieter ca. 2-3 Cent je kWh (10 Prozent) (Prognos AG; Boos Hummel & Wegerich (BH&W), 2017)	mittel

	- Die Anschaffung von Speichern oder eigenverbrauchsoptimierenden Technologien ist für Mieter meistens nicht wirtschaftlich darstellbar	
Systemische Kosten		gering
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Für Mieterstrommodelle werden hohe Anforderungen an die Messtechnik gestellt. Diese kann nachträglich eingebaut werden	mittel
NWG		
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage	gering
Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien	+ Zu erreichende Eigenverbrauchsquoten sind stark branchenabhängig; im produzierenden Gewerbe annähernd 100 Prozent (Willborn, Hesse, Balser, & Luh) - Bei gewerblichen Verbrauchern ist eine Optimierung des Lastprofils zur Steigerung des Eigenverbrauch meist nicht möglich, da Produktionsprozesse nicht bzw. nur schwer veränderbar sind	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Durch Förderprogramme von Gewerbespeichern, wie z.B. in Nordrhein-Westfalen, ist der wirtschaftliche Einsatz bei mehr Unternehmen gegeben. (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) - Die Preise für Gewerbespeicher liegen aktuell bei 250 - 1.800 EUR je kWh (Sieg & Fuhs, 2017)	mittel
Systemische Kosten	- Entgangene Netzentgelte und Konzessionsabgaben	gering
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	- Je höher die Gebäudeautomatisierung, umso größer das Potenzial zur Optimierung des Eigenverbrauchs	mittel

Empfehlung: Weiterbetrachtung der Potenziale zur Optimierung des Eigenverbrauchs bei EFH/ZFH und den Mieterstrommodellen im GWB

Im Bereich der EFH/ZFH kann eine Eigenverbrauchssteigerung von 10-15% durch intelligente Regelungen und von mindestens 20% durch Verwendung eines Speichers erreicht werden. Die einzelwirtschaftlichen Kosten variieren abhängig von der Technologie. Da jedoch mittlerweile der produzierte PV-Strom merklich günstiger ist als der Strom vom Netzbetreiber, ist der Einsatz bei entsprechender Auslegung der PV-Anlage und Speicher, sowie Technologien für die Optimierung wirtschaftlich. Soweit in den kommenden Jahren von steigenden Strompreisen auszugehen ist, wird die Rentabilität für die Eigenverbrauchsoptimierung steigen. Eine weitere Untersuchung des Anwendungsfalls für EFH/ZFH ist empfehlenswert, da durch Eigenverbrauchsoptimierung ein Großteil des eigenproduzierten Stroms im Haus wirtschaftlich verbraucht werden kann. Der Primärenergiebedarf der betrachteten Häuser sinkt durch diese Maßnahme. Die Implementierung der eigenverbrauchsoptimierenden Technologien

in Ein- und Zweifamilienhäusern ist im Vergleich zum GWB einfacher möglich, da in vielen Fällen das Mieter-Vermieter-Dilemma entfällt.

Bei der Optimierung des Eigenverbrauchs im Geschosswohnungsbau sind Potenziale zur verstärkten Nutzung von Erneuerbaren Energien vorhanden. Diese werden allerdings im Moment nicht ausgeschöpft, weil einerseits die einzelwirtschaftlichen Kosten für die eigenverbrauchsoptimierenden Technologien für den Mieter noch zu hoch sind und anderseits der Mieterstrom nicht von allen Mietern genutzt wird. Wenn jedoch alle Mieter den Mieterstrom nutzen würden, wäre eine Optimierung des EE-Eigenverbrauchs oft nicht mehr notwendig, da die Dachfläche im Vergleich zum Stromverbrauch der Mieter zu gering ist und somit physikalisch bereits eine 100 prozentige Nutzung des EE-Stroms erreicht wird. Auf Grundlage der dargestellten Ergebnisse empfiehlt sich keine vollständige Betrachtung des Anwendungsfalls, sondern eine Fokussierung auf die Mieterstrommodelle. Dies erfolgt im Weiteren als Ergänzung des Anwendungsfalls der Optimierung des EE-Eigenverbrauchs bei EFH/ZFH.

Bei NWG sind die zu erreichenden Eigenverbrauchsquoten stark branchenabhängig. So werden bei Supermärkten beispielsweise 80 Prozent und beim produzierenden Gewerbe annähernd 100 Prozent erreicht. Meist erfolgt die Eigenverbrauchsoptimierung durch eine angepasste Ausrichtung der PV-Anlage an das individuelle Leistungsprofil. Der wirtschaftliche Einsatz von Speichern zur Optimierung der Eigenverbrauchsquote, ist stark abhängig vom Lastprofil und der Auslegung der PV-Anlage. Bei gewerblichen Verbrauchern ist eine Optimierung des Lastprofils zur Steigerung des Eigenverbrauchs meist nicht möglich, da Produktionsprozesse nicht bzw. nur schwer veränderbar sind. Je höher die Gebäudeautomatisierung ist, umso größer ist das Potenzial zur Optimierung des Eigenverbrauchs. Aufgrund dessen, dass eine Eigenverbrauchsoptimierung wegen der festen Lastprofile nur für die wenigsten Betriebe möglich und für andere Betriebe nicht notwendig ist, da bereits ohne Optimierung Eigenverbrauchsraten von fast 100 Prozent erreicht werden, wird von der weiteren Bearbeitung dieses Anwendungsfalls abgesehen.

5.2.3 Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung

Kurzbeschreibung

Der Anwendungsfall umfasst die Erhöhung von Energieeffizienz durch die Verbesserung der Transparenz des Energieverbrauchs sowie der bedarfsgerechten Steuerung der Energienutzung. Betrachtet werden das Anwendungsfeld für die Gebäudetypen EFH/ZFH, GWB und NWG.

Aktuell gibt es eine große Vielfalt an Produkten und Systemen auf dem deutschen Markt mit steigender Tendenz. Jedoch existiert noch kein einheitlicher Standard für diese Produkte. Smart Home Systeme können entweder durch den Nutzer programmiert werden oder selbstlernend sein, unterstützt durch Sensoren. Eine manuelle Steuerung kann über PC oder Smartphone, vor Ort oder aus der Ferne erfolgen. Smart Home Systeme können die Transparenz über den Energieverbrauch anhand von elektronischen Zählern erhöhen. Diese Zähler bereiten die Daten entweder vor Ort auf oder übermitteln sie an eine Zentrale, die die Daten verarbeitet und den Nutzern anschließend zur Verfügung stellt.

Die Vernetzung zwischen Endgeräten (wie etwa Heizkörperregler, Rollläden, Lampen, Fenster, Stereoanlagen und Waschmaschinen) und Steuerungseinheit erfolgt per Kabel, Funk oder bereits vor-

handenem Stromnetz (Powerline). Fest installierte und verkabelte Smart Home Systeme sind teurer und aufgrund einer in der Regel längerfristigen Nutzung, daher insbesondere im EFH/ZFH-Bereich sinnvoll. Im GWB hingegen eignen sich eher Plug-and-Play Systeme, die sich (nach vorheriger Genehmigung durch den Vermieter) ganz einfach montieren und demontieren lassen. Darüber hinaus ist die Wartungsfreiheit ein wesentlicher Faktor für den Einsatz von Smart Home Systemen im GWB, da die Wartung auf Vermieterseite hohe Kosten verursacht und auf Mieterseite den Komfort reduziert. Sogenannte „Energy Harvesting Technologies" umgehen dieses Problem, indem sie sich selbst mit Strom versorgen (Brückner et al. 2014). Auch in NWG können je nach Anwendungsfall verkabelte oder funkbasierte Lösungen eingesetzt werden. Die Entscheidung hängt unter anderem von den Eigentumsrechten und der Nutzungsdauer des Gebäudes ab. Zu beachten ist außerdem, dass eine Kalibrierung der Systeme notwendig ist.

Interesse an Smart Home besteht besonders bei Hausbesitzern und finanzstarken Haushalten. Laut einer Studie der Technologie Stiftung Berlin von 2015 sind die Hauptgründe für die Anschaffung von Technologien Komfort, Sicherheit und Energieeinsparung. Im Jahr 2013 boten in Deutschland insgesamt 430 Unternehmen Smart Home Technologien an, die sich zwar vorrangig am Komfort orientierten, jedoch sich mit steigendem Anteil auch Produkte wiederfinden, die auf Energieeinsparung abzielen (Erbstößer 2015). Momentan befinden sich hauptsächlich vom Nutzer zu programmierende Systeme auf dem Markt, die jedoch von immer mehr selbstlernenden Systemen Konkurrenz bekommen (Brückner et al. 2014). Für das Jahr 2013 fand die trend-Studie des Handelsblatts heraus, dass 58 Prozent der Deutschen sich vorstellen können, bei Errichtung bzw. Ausstattung eines Neubaus Produkte zur Gebäudeautomatisierung zu verwenden. Etwa zwei Drittel der Deutschen sehen bei der Sanierung von Gebäuden eine gute Möglichkeit für die Ausstattung mit Smart-Home-Technologien (DCTI 2015).

Der GWB stellt aufgrund der Tatsache, dass sich Eigentümer und Nutzer einer Wohneinheit unterscheiden können, eine besondere Herausforderung in Hinblick auf die Übernahme der Kosten dar. Trotz der Möglichkeit, auf einfachere Plug-and-Play-Systeme zurückzugreifen, bevorzugen Mieter die Bereitstellung von Smart Home Systemen durch den Vermieter, die aufgrund der Anschaffungs- und Installationskosten jedoch mit höheren Mietkosten einhergehen würde (EnBauSa 2015). Laut einer Studie von Innofact AG aus dem Jahr 2014 haben lediglich 5 Prozent der Wohnungsmieter (632 Befragte) angegeben, aktuell eine Smart Home Lösung zu nutzen. Bei Büromietern liegt der Anteil bei 12 Prozent (117 Befragte) und bei Gewerbemietern bei 14 Prozent (104 Befragte). Mit 81 Prozent der Nennungen wurde Energieeffizienz seitens der Wohnungsmieter als wichtigstes Interesse in Bezug auf Smart Home Anwendungen genannt. Knapp die Hälfte der Wohnungsmieter und etwa zwei Drittel der Büro- und Gewerbemieter würden einer Mieterhöhung in Folge der Umsetzung eines Energieeffizienzpakets zustimmen (mit durchschnittlich 19 EUR bzw. 49 EUR monatlich) (Brückner et al. 2014).

Die am Markt vorhandenen Lösungen für NWG unterscheiden sich von denen für EFH/ZFH und GWB darin, dass der Fokus weniger auf der Transparenz (im Sinne der Bereitstellung von energieverbrauchsrelevanten Daten), sondern in erster Linie auf den Steuerungskomponenten liegt. Damit werden Gebäudesysteme in NWG in der Regel zu einem höheren Grad automatisiert. In Deutschland ist der Markt für NWG-Automatisierungssysteme sehr gut etabliert und bietet die technologische Grundlage für etliche bestehende oder geplante Geschäftsmodelle.

Gemäß einer Marktprognose von Deloitte (2014) werden bis 2020 mindestens eine Million Haushalte intelligente bzw. vernetzte Geräte einsetzen. Ende 2013 gab es erst 315.000 intelligent vernetzte Privathaushalte (Esser et al. 2014). Aufgrund technologischer Weiterentwicklungen, zunehmend preiswerterer Angebote und dem Beitrag zu steigenden Energieeinsparungen, werden Smart Home Technologien für verschiedene Investoren- und Nutzergruppen immer interessanter. Neben privaten Hausbesitzern investieren nun auch vermehrt Vermieter in smarte und energieeffizienzsteigernde Systeme, da eine Refinanzierung der Investitionen durch die Energieeinsparungen oder Mieterhöhungen gegeben ist (Schubert et al. 2016).

Verbrauchsbezogene Informationen und deren Aufbereitung sind laut einer Studie von Ecofys nur der erste Schritt auf dem Weg zur Realisierung aller Einsparmöglichkeiten, die die Transparenz bietet (die Studie bezieht sich vorwiegend auf Heizung, betrachtet jedoch auch intelligente Stromzähler) (Grözinger et al. 2015). Mit dem gesetzlichen Rollout von intelligenten Messsystemen entsteht vor allem in NWG ein hohes Potenzial zur Anbindung von Visualisierungslösungen, welche den Energieverbrauch und die Energiekosten der Verbraucher transparent aufbereiten.

Gemäß einer Studie des Cologne Institute for Renewable Energy bestehen in Zukunft vor allem im Bereich der Beratung und Installation von Smart Home Systemen große Potenziale, da die Vielzahl und Komplexität der Produkte auf dem Markt die Kunden schnell überfordert oder deren Kompetenzen überschreitet. Aus diesem Grund besteht z.B. auch eine erhöhte Zahlungsbereitschaft von Mietern für die Bereitstellung von fertigen Smart Home Systemen durch den Vermieter (EnBauSa 2015).

Die wesentlichen Anwendungsansätze in den verschiedenen Gebäudetypen lassen sich wie folgt beschreiben:

Steuerung	▪ Manuell über Eingabegeräte und Fernsteuerung ▪ Automatisiert durch Sensorik und Zeitsteuerung ▪ Automatisiert durch selbstlernende Systeme
Transparenz	▪ Durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbräuchen ▪ Durch Submetering

Konkrete Anwendungsbeispiele

Steuerung über Eingabegeräte und Fernsteuerung:

EFH/ZFH und GWB: Die Steuerung erfolgt z.B. mit Touchdisplays, Raumtemperaturregler, Tablets, Smartphones, zentrale Schalter oder mit Hilfe von Sprachbefehlen (z.B. in der Smart-Home Plattform von *Apple HomeKit).* Viele Anbieter von Smart Home Technologien bieten kostenlose Apps für den Remote-Zugriff an, der eine Fernsteuerung von außerhalb des Hauses z.B. auf die Heizung ermöglicht.

Automatische Steuerung durch Sensorik und Zeitsteuerung:

- **EFH/ZFH und GWB:** Sensoren ermöglichen die Messung von Bewegungen, Geräuschen, Licht und Temperatur und können somit Signale zur automatisierten Steuerung auslösen: z.B. Heizungsreglung, Beleuchtung und Sonnenschutz, Lüftung und passive Kühlung. Intelligente Heizkörper-Thermostate, z.B. von *Tado* oder *Nest,* erkennen über das Smartphone, wenn der Bewohner das

Haus verlässt und triggern dann das Herunterfahren der Heizung. Nähert der Bewohner sich dem Haus, fährt die Heizung wieder hoch.

- **NWG:** Das noch ungenutzte Einsparpotenzial durch Steuerung in NWG wird relativ hoch eingeschätzt. Dies liegt insbesondere daran, dass die Steuerung oft im Voraus programmiert wird ohne diverse Parameter oder Veränderungen zu berücksichtigen (z.B. Boilersteuerung ohne Einbezug von Wetterdaten, zentrale Heizungssteuerung ohne Berücksichtigung der Wasserzulauftemperatur oder Steuerung von Kühlanlagen ohne Anpassung der Luftmenge). Durch automatisierte Steuerung und Monitoring besteht ein zusätzliches signifikantes Energieeinsparungspotential. Beispielsweise bietet *Wago* integrierte Gebäudesteuerungssysteme für die Bereiche Heizung, Lüftung und Klimatisierung an. Um den Einbauaufwand zu reduzieren, sind die Softwarekomponenten zu einem gewissen Grad vorprogrammiert und es muss nur das Steuerungssystem parametrisiert werden.

Selbstlernende Systeme zur automatischen Steuerung:

- **EFH/ZFH und GWB:** Die intelligente Einzelraumregelung *en:key* von *Kieback & Peter* besteht aus einem Raumsensor und einem Ventilregler, die miteinander per Funk kommunizieren. Der Raumsensor, der per integrierter Solarzelle mit Strom versorgt wird, erkennt, ob ein Raum genutzt wird und erlernt über die Zeit zusätzlich das Nutzerverhalten, sodass er die die Heizkurve anpassen und zwischen Komfort- und Spartemperatur wechseln kann. Der Ventilregler wird durch einen Thermogenerator mit Strom versorgt.

Transparenz durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbräuchen:

- **EFH/ZFH und GWB:** Der *Energiemonitor* von *Smappee* bietet Echtzeitdaten zum Stromverbrauch von Haushaltsgeräten und damit verbundenen Kosten. Zusätzlich können die Geräte aus der Ferne ein- und ausgeschaltet werden, um über die ursprüngliche Information hinaus tatsächliche Energieeinsparpotenziale zu generieren. Das Smart Home System *RIEcon* wird vor allem im GWB genutzt. Die Lösung ermöglicht ein Monitoring der Energieverbräuche, einen ständigen Vergleich zu den Vorjahresverbräuchen und bietet Informationen über Möglichkeiten zur Energieverbrauchsreduktion.
- **NWG:** Neben spezialisierten Unternehmen agieren heute bereits viele Stadtwerke als sogenannte Effizienzdienstleister auf dem Markt. Sie bieten den Verbrauchern z.B. Beratungs-, Benchmarking-, Überwachungs- und Wartungsdienstleistungen an. *SmartWEB*, der Energiesparhelfer der *Stadtwerke Ahaus*, bildet den Energieverbrauch viertelstündig ab, bietet einen Überblick der Erzeugungswerte der PV-Anlagen, die Identifizierung von Verbrauchsspitzen und von Geräten, die besonders viel Strom verbrauchen, um so Anreize für ein verändertes Verbrauchsverhalten zu setzen.

Transparenz durch Submetering:

- **GWB:** Beim Submetering werden der Energieverbrauch und die Energiekosten nach den einzelnen Mietparteien eines Wohngebäudes aufgeschlüsselt. Die Abrechnung erfolgt somit nach der individuell verbrauchten Energie des Mieters. Verbunden mit Lösungen zum Monitoring und zur Visualisierung der eigenen Verbrauchsdaten entstehen Anreize zu einem energieeffizienteren Verhalten. Beispielsweise bietet das Unternehmen *ista* eine Submetering-Lösung für den Wärmeverbrauch. Die Daten werden durch Funk-Technologie übertragen und erfasst. Die Mieter können monatlich ihre Verbrauchsdaten über eine App auf dem Smartphone oder Tablet überprüfen.

- **NWG:** Die NILM-Technologie (Non-intrusive Load Monitoring) ermöglicht mit einem einzelnen intelligenten Stromzähler eine Aufschlüsselung des Gesamtstromverbrauchs nach einzelnen Anlagen durch ihre einzigartigen Verbrauchsfingerabdrücke. Der Stromzähler muss mit dem Gateway verbunden werden, welcher die erhobenen Daten an den Dienstleister weiterleitet, wo mit Hilfe geeigneter Algorithmen und maschinellen Lernens das Verbraucherprofil analysiert wird. Die Technologie wird aktuell von *Discovergy GmbH, EasyMeter GmbH, GreenPocket GmbH* und *RWE GBS GmbH* unter Leitung des *Fraunhofer IMS* in der Praxis erprobt und soll im Sommer 2017 marktreif sein.

Potenziale durch Smart Meter Gateway:

Der im Messstellenbetriebsgesetz verordnete Rollout von intelligenten Messsystemen bietet neben der elektronischen Messung von Energieverbräuchen auch die Chance auf eine Verbreitung von Visualisierungslösungen. Bei Verbrauchern mit einem Jahresverbrauch von über 6.000 kWh pro Jahr sowie bei Betreibern von EEG-Anlagen mit einer installierten Leistung über 7 kW erfolgt nach und nach der Einbau von Smart Meter Gateways in Verbindung mit einer modernen Messeinrichtung (elektrischer Stromzähler). Andere Verbraucher können sich freiwillig für den Einbau eines SMGW entscheiden.

Insbesondere bei gewerblichen Verbrauchern und Betreibern von EEG-Anlagen, bei denen verpflichtend ein SMGW eingebaut wird, entsteht hier ein leicht nutzbares Potenzial zur Anbindung solcher Visualisierungslösungen.

Gesamtbewertung des Anwendungsfalls anhand verschiedener Indikatoren

EFH/ZFH		
Schlüsselindikator	**Bewertung**	**Gesamt**
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Energieeinsparpotenziale durch intelligente Steuerung von • Heizung: 15-30 Prozent (DCTI 2015, BDH 2017) • Beleuchtung: 16-52 Prozent (Becker & Knoll 2011) • Geräten: 23-28 Prozent (Becker & Knoll 2011) + Stromersparnisse durch Echtzeitvisualisierung des Verbrauchs im Schnitt 11 Prozent (Agsten et al. 2012) - Rebound-Effekte und Gefahr einer „Übersteuerung“ (Spielerei vs. Effizienzgedanke)	hoch
Einzelwirtschaftliche Kosten	- Fest verkabelte Systeme wie KNX mind. 10.000 EUR zzgl. Montage (Brückner et al. 2014) + Starter Sets für Plug-and-Play Systeme ab ca. 150-200 EUR, schrittweise Nachrüstung möglich	mittel
Systemische Kosten	Kein Einfluss	neutral
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Keine vollständige Automatisierung notwendig, einzelne smarte Geräte reichen aus (z.B. smart plugs) + Schrittweise Erweiterung möglich	gering bis mittel

GWB		
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Heizenergieeinsparungen durch: • Auswertung von elektronischen Heizkostenverteilern und angepasste Steuerung: ca. 10 Prozent (Wilkes 2016) • intelligente Einzelraumregler: bis 25 Prozent in einzelnen Vorhaben (Wilkes 2016) • Visualisierung: 10 Prozentpunkte (Referenzgruppe: 2) (Müller & Nicht 2017) - Einsparpotential ist stark verhaltensabhängig	hoch
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Plug-and-Play Systeme relativ günstig für Mieter/Vermieter - Kostenumlage für teurere fest installierte Systeme auf Mieter	gering bis mittel
Systemische Kosten	Kein Einfluss	neutral
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Für Plug-and-Play Systeme in der Regel gering - Für Systeme mit smarten elektronischen Heizkostenverteilern in allen Mietwohnungen eines Gebäudes höher	gering bis mittel
NWG		
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Energieeinsparungen durch • Tageslichtsensoren: 10-30 Prozent (energieeffizienz-im-betrieb.net 2017) • NILM-Technologie: ca. 12 Prozent in Industrie, Gewerbe und Handel (Fraunhofer IMS 2016) • Automatisierung, Steuerung und Monitoring: 26-32 Prozent (Bürogebäude), 36-39 Prozent (Supermärkte) (Grözinger et al. 2017) • Verbesserte MSR-Technik bei Raumlufttechnik: 10 Prozent (Schiller et al. 2014)	hoch
Einzelwirtschaftliche Kosten	+/- Enorme Preisspanne aufgrund der Variation in Aufbau, Größe und Komplexität - Kalibrierung notwendig	mittel bis hoch
Systemische Kosten	Kein Einfluss	neutral
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Bei NILM keine vorherige Automatisierung notwendig - Für Steuerungssysteme höherer Automatisierungsgrad erforderlich	mittel

Empfehlung: Weiterbetrachtung der Energieeffizienzpotenziale durch Transparenz bei EFH/ZFH und GWB sowie durch Steuerung bei NWG

Transparenz über den Energieverbrauch stellt ein wichtiges Instrument in Wohngebäuden dar. Obwohl Einschätzungen hinsichtlich genauer Energieeffizienzpotenziale durch Transparenzmaßnahmen auseinandergehen, gibt es Untersuchungen und Pilotvorhaben, die die Anreizwirkung durch Visualisierung bereits nachgewiesen haben. Eine Studie der Deutschen Energie-Agentur etwa zeigt, dass Mieter, die über drei Jahre monatlich über ihren Heizenergieverbrauch informiert wurden, eine durchschnittliche Reduzierung des Verbrauchs um zehn Prozentpunkte erreichten (Vergleich Kontrollgruppe

im selben Zeitraum: zwei Prozentpunkte Einsparung) (Müller & Nicht 2017). Die langfristige Wirkung bedarf einer weiteren Betrachtung, insbesondere in Hinblick auf die Nachhaltigkeit einer Verhaltensänderung. Hinsichtlich des Energieeffizienzpotenzials muss die Gefahr von Rebound-Effekten und einer „Übersteuerung“ untersucht werden. Bei der weiteren Betrachtung empfiehlt sich für den EFH/ZFH Bereich ein Fokus auf fest installierte bzw. verkabelte Systeme, wohingegen der Fokus für den GWB Bereich mehr auf Plug-and-Play Lösungen gelegt wird.

Steuerung wird als besonders wichtiges Instrument in Nichtwohngebäuden erachtet. Die Systeme sind sehr viel komplexer und mit höheren einzelwirtschaftlichen Kosten verbunden. Reine Transparenzlösungen sind bereits viel verbreiteter als im Wohngebäudebereich. Der Umgang mit Kostentransparenz stellt sich in diesem Bereich anders dar, da sich Informations- und Rechnungsempfänger in der Regel voneinander unterscheiden. Die noch ungenutzten Potenziale durch automatisierte Steuerung von Verbrauchern wie Beleuchtung, Heizung, Lüftung und Klimatisierung werden sehr hoch eingeschätzt, weswegen sich bei NWG der Fokus auf Steuerung empfiehlt.

5.3 Zusammenfassung Potenzialabschätzung

Anhand der auf Studien und Experteninterviews basierenden Abschätzung der Potenziale der einzelnen Anwendungsfälle wurden diese jeweils in Hinblick auf fünf verschiedene Indikatoren durch das Projektteam bewertet. Die Bewertung erfolgte mit Hilfe von Bewertungsfaktoren mit den Ausprägungen 0, 0,5 und 1. Je höher die Bewertung, umso größer wurde das Potenzial des Anwendungsfalls eingeschätzt. Ein großes Potenzial definiert sich hierbei durch eine mögliche Steigerung der Energieeffizienz und/oder des Einsatzes von erneuerbaren Energien bei relativ geringen einzelwirtschaftlichen Kosten bzw. systemischen Kosteneinsparungen und geringem benötigten Gebäudeautomatisierungsgrad. Bei der finalen Bewertung und Auswahl von wesentlichen Anwendungsfällen wurden zudem weitere qualitative Argumente berücksichtigt, die in den jeweiligen Absätzen „Empfehlung“ genauer erläutert sind. Abbildung 2 stellt die Ergebnisse sortiert nach der Höhe der Bewertung dar, mit einer farblich gekennzeichneten Empfehlung für eine genauere Betrachtung (grün), eine Mitbetrachtung (gelb) und keine weitere Betrachtung (rot) der jeweiligen Fälle.

Indikatoren →		Potenzial zur Steigerung der EnEff	Potenzial der Nutzung von EE	Einzelwirt-schaftliche Kosten	Systemische Kosten	Gebäude-automatisie-rungsgrad	
Bewertungsfaktoren →		Hoch: 1 Mittel: 0,5 Gering: 0	Hoch: 1 Mittel: 0,5 Gering: 0	Hoch: 0 Mittel: 0,5 Gering: 1	Kosten: 0 Neutral: 0,5 Einsparung: 1	Hoch: 0 Mittel: 0,5 Gering: 1	
Maßnahme	**Gebäudetyp**						**Ergebnis**
Optimierung Eigenverbrauch von EE	EFH/ZFH	0	1	0,5	1	1	70%
Wirtschaftlichkeit / Systemdienlichkeit EE-Wärme	NWG	0	1	0	1	1	60%
Steigerung EnEff durch Transparenz & Steuerung	GWB	1	0	1	0,5	0,5	60%
Steigerung EnEff durch Transparenz & Steuerung	EFH/ZFH	1	0	0,5	0,5	0,5	50%
Steigerung EnEff durch Transparenz & Steuerung	NWG	1	0	0,5	0,5	0,5	50%
BIM-Realisierung	GWB	1	0	0	0,5	1	50%
Optimierung Eigenverbrauch von EE	GWB	0	0,5	0,5	1	0,5	50%
Wirtschaftlichkeit / Systemdienlichkeit EE-Wärme	GWB	0	0,5	0	1	1	50%
BIM-Planung	GWB/NWG	1	0	0,5	0,5	0,5	50%
BIM-Betrieb	NWG	1	0	0,5	0,5	0,5	50%
Optimierung Eigenverbrauch von EE	NWG	0	0	0,5	1	0,5	40%
Wirtschaftlichkeit / Systemdienlichkeit EE-Wärme	EFH/ZFH	0	0	0	1	0,5	30%

Abbildung 2: Ergebnis der Bewertung der 12 Anwendungsfälle anhand verschiedener Indikatoren

Auf Basis dieser Tabelle wurde die Auswahl der wesentlichen Anwendungsfälle mit dem Auftraggeber abgestimmt. Abbildung 3 bietet einen Überblick über die Auswahl von insgesamt sechs Anwendungsfällen zur weiteren Betrachtung und vier Fällen zur Mitbetrachtung. Für drei Fälle wurde aufgrund des geringen Potenzials keine weitere Betrachtung in Erwägung gezogen.

Anwendungsfall	EFH/ZFH	GWB	NWG
BIM-Planung	--------	(x)	(x)
BIM-Betrieb	--------	--------	--------
BIM-Realisierung	--------	**x**	--------
Steigerung Wirtschaftlichkeit/ Systemdienlichkeit EE-Wärme	--------	(x)	**x**
Optimierung Eigenverbrauch EE	**x**	(x)	--------
Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz & Steuerung	**x** (Transparenz)		**x** (Steuerung)

= Nicht Betrachten | = Mitbe-trachten | = Betrach-ten

Abbildung 3: Auswahl von sechs Anwendungsfällen zur näheren Betrachtung

Für das Anwendungsfeld „Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung“ wurde entschieden, den Fokus bei Wohngebäuden auf Transparenz zu legen und bei Nichtwohngebäuden auf Steuerung.

6 Hemmniss- und Lückenanalyse sowie wichtige Türöffner

6.1 Anwendungsfall „Planung und industrielle Sanierung mit BIM“ im Bereich GWB

Aufgrund der geringen Anwendung der BIM Methode in Deutschland fokussierte sich die Analyse dieses Anwendungsfalls nicht nur auf die Frage der Planung und industriellen Sanierung, sondern setzt einen Schritt vorher an. Nur wenn die Nutzung von BIM den Standard in der Bauplanung und Umsetzung darstellt, lässt sich die Technik auch für Projekte im Bereich der industriellen Sanierung verwenden. Entsprechend wurden im Rahmen dieses Anwendungsfalls nicht nur dessen Spezifika, sondern auch die grundsätzlichen Hemmnisse zur Nutzung von BIM adressiert.

Wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, wurden 17 Hemmnisse für diesen Anwendungsfall identifiziert. Es zeigt sich, dass auf Grund der verstärkten Anwendung von BIM im Ausland die Methodik und Software bereits so weit in der Entwicklung fortgeschritten ist, dass es keine grundsätzlichen „Show-Stopper“ (hohes Hemmnis das nur schwer abzubauen ist) mehr gibt. Vielmehr existieren viele geringe und mittlere Hemmnisse die zusammengesehen den vermehrten Einsatz von BIM in Deutschland hemmen. Die Abbaubarkeit der aufgeführten Hemmnisse wurde zwischen leicht und mittel eingeschätzt, so dass die Abbaubarkeit durchaus gegeben ist.

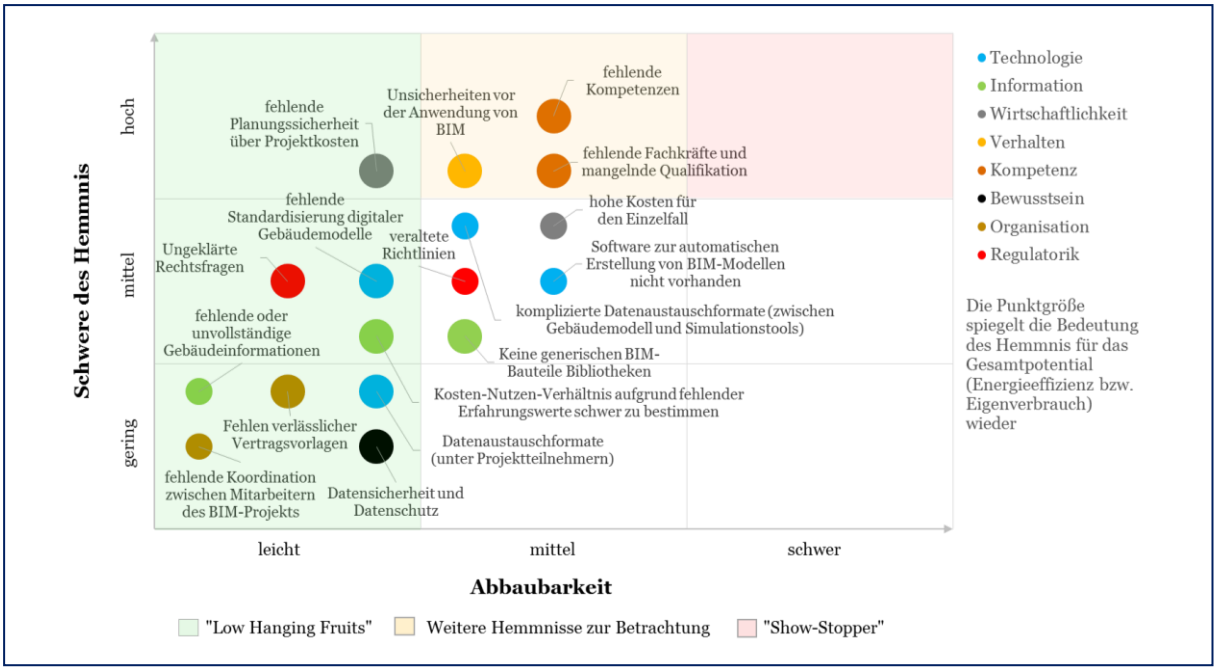

Abbildung 4 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall "Planung und industrielle Sanierung mit BIM" im Bereich GWB

Diese Erkenntnis spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Türöffner-Analyse wieder. Die Türöffner mit der größten Folgewirkung weisen im Wesentlichen auch eine hohe Umsetzungswahrscheinlichkeit

auf. Nur zwei Türöffner aus dem regulatorischen Bereich, Verpflichtung BIM-Planung und Revision Datenschutz werden mit einer geringen Umsetzungswahrscheinlichkeit eingeschätzt. Die wichtigsten Türöffner sind die Finanzierung der Sanierungskosten durch eingesparte Energiekosten und Planungssicherheiten durch Garantien, sowie der Aufbau entsprechender Kompetenzen.

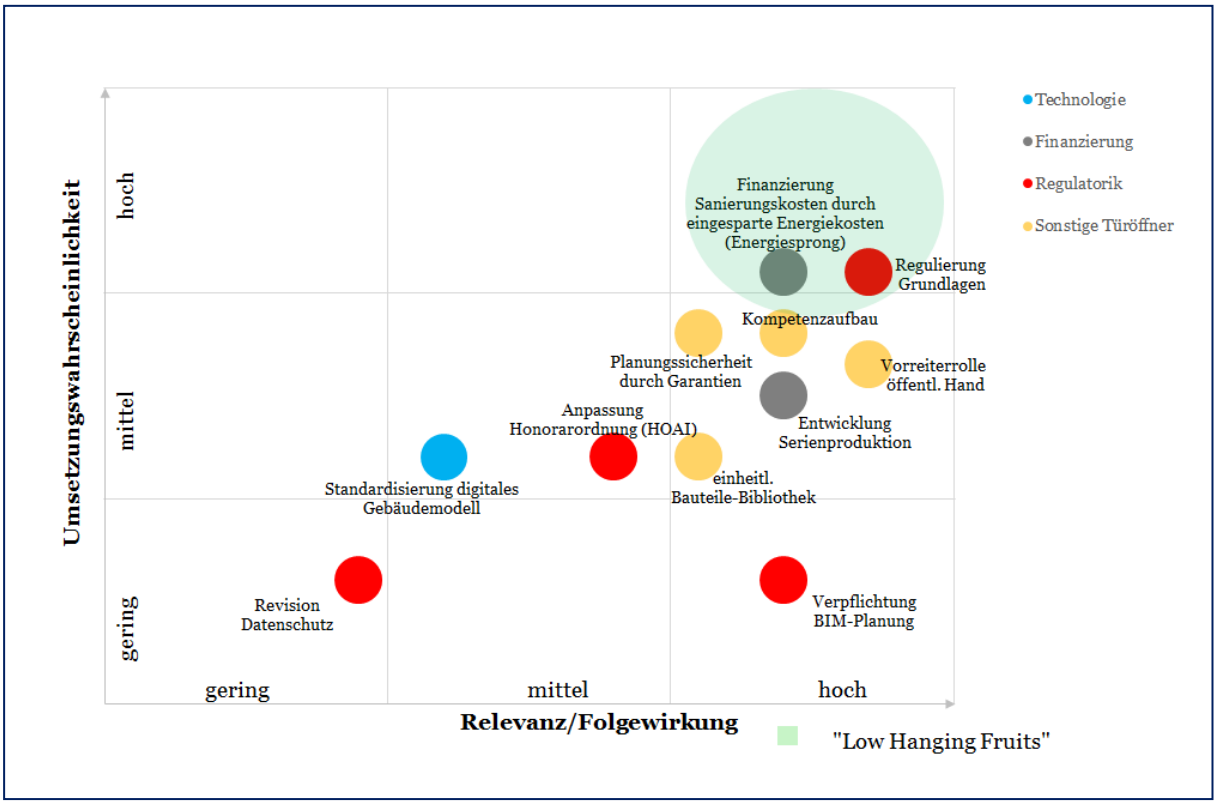

Abbildung 5 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall "Planung und industrielle Sanierung mit BIM" im Bereich GWB

Industrielle Sanierung in GWB unter Anwendung der BIM-Methode ist ein neues Feld im Gebäudebereich. Im Grunde geht es um die Senkung der Kosten für die energetische Sanierung durch die Nutzung von Synergieeffekten durch ein standardisiertes Vorgehen. Es umfasst u.a. die automatisierte Anfertigung von Baumodulen, die durch wenig Handarbeit kostengünstig vor Ort installiert werden können. Kostengünstige Energieeffizienzsteigerungen sind hier sowohl bei Bestandsgebäuden als auch bei Neubauten Kernanliegen. Im Folgenden wird auf drei wesentliche Hemmnisse näher eingegangen, die dem Effizienzgedanken einer kostengünstigen industriellen Sanierung aktuell noch im Wege stehen. Sie umfassen die Hemmnisarten Kompetenz, Wirtschaftlichkeit und Technologie. Weitere Hemmnisse und Türöffner können der entsprechenden Tabelle im Anhang entnommen werden.

Wesentliche Hemmnisse zur vermehrten Anwendung von BIM in der Planung und dem industriellen Sanieren sind in Deutschland die **fehlenden Fachkräfte und mangelnde Qualifikationen**. BIM-Projekte könnten selbst bei Nachfrage durch eine Vielzahl der Planungsbüros, aufgrund fehlender Fachkräfte, nicht durchgeführt werden. Entsprechend ist die Schwere des Hemmnisses hoch. Die Abbaubarkeit, dagegen ist mittel, da dies zwar möglich ist, aber die Ausbildung von Fachkräften und Qualifikationen zeit- und kostenintensiv ist. Angesichts der mangelnden Qualifikationen in der Baupla-

nung wird zu viel manuelle Handarbeit bei der Installation vorgefertigter Baumodule benötigt, um eine wesentliche Produktivitätssteigerung zu erreichen. Die in Deutschland typischen Planungs- und Architektenbüros mit unter 10 Mitarbeitern haben zumeist nicht die Kapazitäten ihren Mitarbeitern entsprechende Software-Schulungen für BIM anzubieten. Dennoch ist der entscheidende Türöffner zum Erreichen der notwendigen Mitarbeiterqualifikation die Schulung der selbigen. Entscheidend ist die Schaffung von Anreizen für die Unternehmen zur Schulung der Mitarbeiter. Dies kann z.B. in einem ersten Schritt durch die Erhöhung der Nachfrage durch entsprechende Vorgaben bei öffentlichen Auftraggebern erreicht werden. Ebenso sollten private Wohnungsbaugesellschaften für die Thematik BIM und industrielles Sanieren sensibilisiert werden. Die Relevanz ist hoch, da dieser Türöffner die Nutzung von BIM-Methoden in Planungsbüros forciert und durch die Reduzierung möglicher Fehlerquellen die Effizienz von energetischen Sanierungsmaßnahmen erhöht.

Zur Überwindung des Investitionsrisikos bei größeren Vorhaben, wie sie bei der industriellen Sanierung angestrebt werden, muss **Planungssicherheit über die Projektkosten** geschaffen werden. Die bisherige Anwendung von BIM in Deutschland beschränkt sich weitestgehend auf höchst individuelle Großprojekte mit einem Investitionsvolumen von mehr als 25 Mio. €. Entsprechend können die Projektkosten aufgrund mangelnder Erfahrung der Anbieter, nur mit großen Unsicherheiten kalkuliert werden. Auch lassen sich ohne das notwendige Know-How seitens der Anbieter, die möglichen Vorteile des BIM-Einsatzes nur unzureichend kommunizieren. Es handelt sich hierbei um ein schweres Hemmnis. Die fehlende Planungssicherheit der Projektkosten führt dazu, dass die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Projektes ebenfalls nur unzureichend ist und im Zweifel auf die altbewährten Planungsmethoden zurückgegriffen wird. Ein Türöffner wären vertragliche Garantien zur Gewährleistung, dass eventueller Mehraufwand durch die BIM-Planung seitens des Auftraggebers gedeckt wird. Die Besonderheit bei der Anwendung von BIM ist gerade, dass eine Verschiebung des Aufwands von der Umsetzungs- und Betriebsphase in die Planungsphase erfolgt. Wird dieser höhere Aufwand nicht vertraglich zugesichert kompensiert, wäre die Nutzung von BIM ein struktureller, systematischer Nachteil für die anbietenden Unternehmen. Eine Alternative zur vertraglich zugesicherten Kompensation wären Ausschreibungen, die die Verwendung von BIM explizit fordern. Bei den Türöffnern sind die Auswirkungen der Verwendung von BIM auf die Leistungsbilder und Vergütungsstrukturen für die Architekten und Ingenieure, wie beispielsweise die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), sowie auf die Vertragsgestaltung zu achten. BIM enthält im Vergleich zur traditionellen Planung mehrwertgenerierende Zusatzleistungen, wie z.B. die frühzeitige Abstimmung der beteiligten Disziplinen zum Erreichen einer kollisionsfreien Planung. BIM-Planungsleistungen können bisher im Rahmen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) nicht abgebildet werden. Die Anwendung von BIM in Deutschland erfordert in diesen Fällen neue flexible Vertrags- und Vergütungsregelungen. Bisher ist es jedoch so, dass es ebenfalls an entsprechenden Regularien fehlt, auf die sich Vertragsvereinbarungen zu BIM beziehen könnten. Hier könnten als Türöffner BIM-Richtlinien und Vertragsmuster seitens des Bundes erarbeitet und zur freien Nutzung zur Verfügung gestellt werden. Dadurch, dass dieser Türöffner das Investitionsrisiko mindert und eine qualifizierte Entscheidung für oder gegen den Einsatz von BIM ermöglicht, hat dieser Türöffner eine hohe Relevanz.

Ein technologiebezogenes Hemmnis bei der Verwendung von BIM für das industrielle Sanieren ist die **fehlende Standardisierung digitaler Gebäudemodelle**. Dies gilt sowohl in Bezug auf Design als auch dem Zusammenspiel der Bauteile im Gesamtkonzept. Hieraus resultierend sind im Prozess viele individuelle Anpassungen notwendig, die der eigentlichen effizienzgetriebenen Idee des industriellen

Sanierens entgegenstehen. Es handelt sich um ein mittelschweres Hemmnis, da es den vermehrten Einsatz von BIM zwar behindert und das industrielle Sanieren ineffizienter gestaltet, grundsätzlich das Vorgehen aber auch ohne Standardisierung möglich ist. Die Hemmnis ist durch die Standardisierung digitaler Gebäudemodelle abbaubar. Sowohl bei der Fertigung der Einzelbauteile, als auch bei der Vor-Ort-Installation gilt es den Arbeitsablauf zu standardisieren und die Serienproduktion zu entwickeln. Durch die Standardisierung kommt es zur Effizienzsteigerung und einer Senkung der Kosten sowie des Arbeitsaufwandes pro Einzelfall. Die Relevanz für das industrielle Sanieren wird als hoch angesehen.

Schlussfolgerung:

Die Hemmnisanalyse für diesen Anwendungsfall zeigte, dass zwar eine Vielzahl mittlerer und schwerer Hemmnisse existiert, es aber keine Hemmnisse gibt, die nicht abgebaut werden könnten. Ungefähr die Hälfte der Hemmnisse wurde sogar als Low-Hanging-Fruit eingestuft. Zusammen mit den Ergebnissen der Türöffner-Analyse zeichnet sich ein entsprechend deutliches Bild ab. Sollte der vermehrte Einsatz von BIM politisch gewollt sein, ließe sich die Anzahl der Anwendungsfälle für BIM deutlich steigern und als Standard für die Planung sowie das industrielle Sanieren im GWB etablieren. Grundvoraussetzung ist jedoch die Schaffung BIM-fördernder Rahmenbedingungen, wie sie in zahlreichen Ländern, wie z.B. den USA, den skandinavischen Ländern, Singapur oder Korea bereits vor Jahren erfolgreich getan wurde.

6.2 Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB

Die elf für den Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ von größeren Gebäuden (Nichtwohngebäude und Geschosswohnungsbauten) identifizierten Hemmnisse können im Wesentlichen in drei Kategorien eingeteilt werden. Die wesentlichen Hemmnisse, die kurz und mittelfristig auch nur schwer abbaubar sind, sind dabei wirtschaftlicher Natur. Die zweite relevante Kategorie beschreibt die noch vorhandenen technischen Hemmnisse. Im Gegensatz zur ersten Kategorie sind die technischen Hemmnisse weit weniger schwerwiegend und auch verhältnismäßig leichter abbaubar. Die übrigen Hemmnisse wie fehlende Kompetenzen, Standardisierung oder Förderanreize sowie Regulierungslücken (z.B. Verordnung für unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen) sowie Ängste bzgl. Betriebs- und Datensicherheit bei „Fremdkontrolle“ sind überwiegend sowohl hinsichtlich der Schwere als auch der Abbaubarkeit im Mittelfeld einzuordnen.

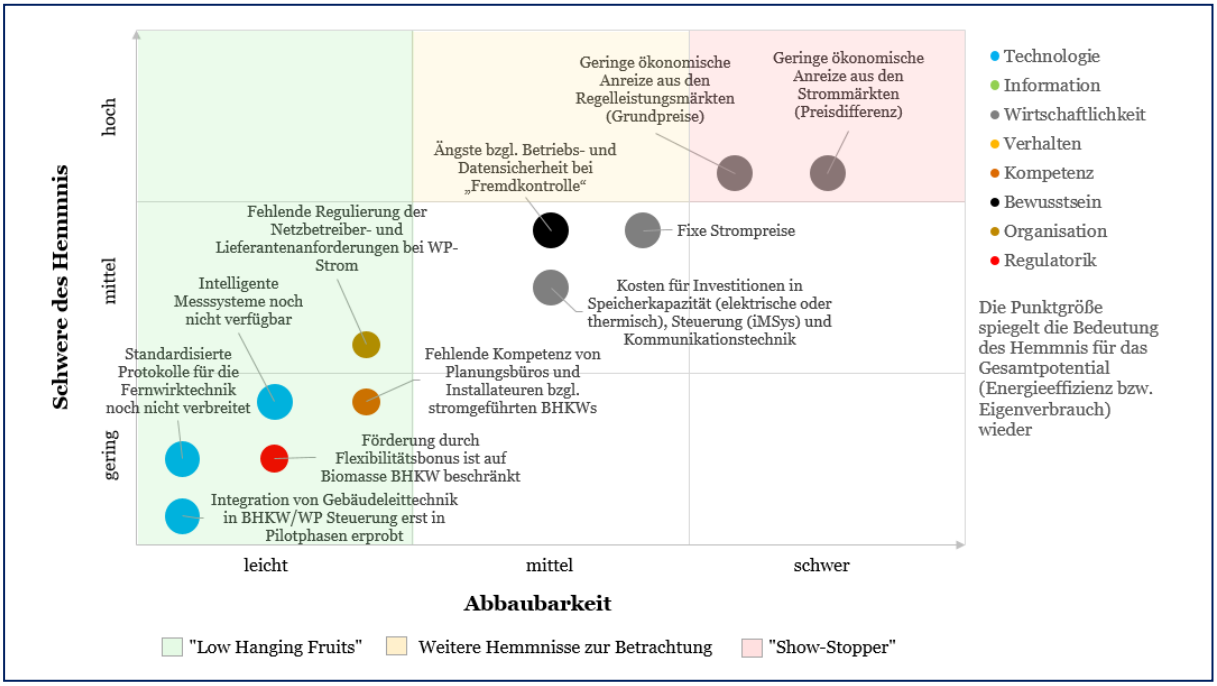

Abbildung 6 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB

Die vier identifizierten Türöffner, um den zuvor beschriebenen wesentlichen Hemmnissen zu begegnen, lassen sich in direkte Türöffner, d.h. auch kurzfristig beeinflussbare, und solche Türöffner, die auch längerfristig externen Sachzwängen unterliegen, wie z.B. „Erhöhung der Strompreisvolatilität“, unterscheiden.

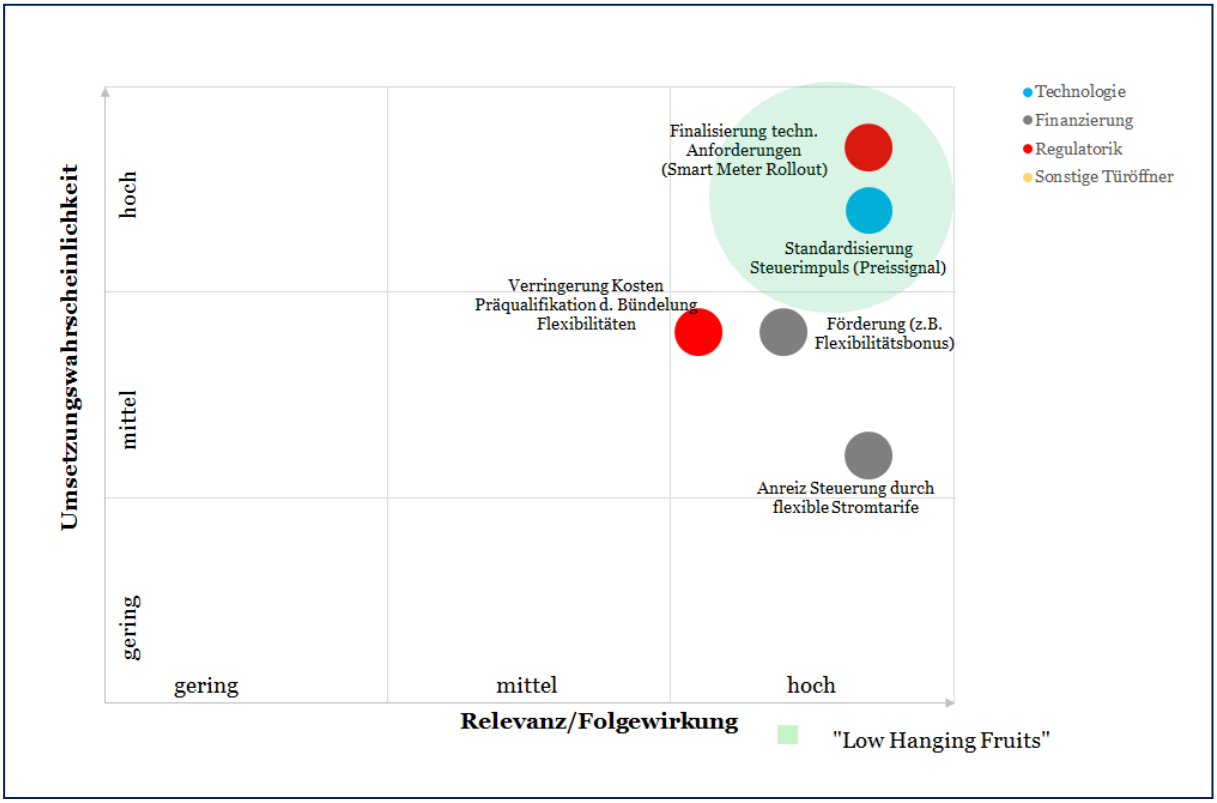

Abbildung 7 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB

Im Folgenden wird auf die zentralen Hemmnisse und die dazugehörigen Türöffner näher eingegangen. Weiterführende Informationen zu allen in den Abbildungen 6 und 7 abgebildeten Hemmnissen und Türöffnern können der entsprechenden Tabelle im Anhang II (separate Datei) entnommen werden.

Durch die aktuell **niedrigen Preise** und die **geringe Volatilität** an den Strommärkten ist es nahezu unmöglich, wirtschaftliche Konzepte für die systemdienliche Steuerung von Anlagen zu entwickeln, die größenmäßig bei der Versorgung von typischen Nichtwohngebäuden bzw. Geschosswohnungsbauten eingesetzt werden. Doch selbst wenn die Strommärkte hier Potenziale zuließen, müssten Angebote für zeitvariable Strompreise vorliegen, um wirtschaftliche Anreize für eine flexible systemdienliche Steuerung von BHKWs und Wärmepumpen zu schaffen. Eine Erhöhung der Strompreisvolatilität und eine Preissteigerung auf den Regelleistungsmärkten sind wichtige Türöffner, um das Hemmnis zu bewältigen. Dieses wird sicherlich durch den angestrebten weiteren Ausbau erneuerbarer Energien, den Ausstieg aus der Kernenergie und die Außerbetriebnahme alter Kraftwerke lang- bis mittelfristig erreicht werden. Ohne einen massiven marktregulierenden Eingriff ist hier jedoch nicht mit einer Änderung der bestehenden Situation zu rechnen. Da nicht zuletzt auch durch die zuvor beschriebene Situation offensichtlich kein natürliches Marktbestreben besteht, zeitvariable Strompreise anzubieten, könnte u.a. durch die Schaffung entsprechender Voraussetzungen ein diesbezüglicher Türöffner erreicht werden. Beispielsweise wäre es denkbar, zur Förderung von zeitvariablen Strompreisangeboten die staatlich regulierten Preisbestandteile (Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte) deutlich zu reduzie-

ren. Gleichzeitig müsste dabei allerdings auch die diesbezüglich noch bestehende Regulierungslücke geschlossen werden etwa auch im Hinblick auf variable Netzentgelte. Auch die Öffnung des bestehenden Flexibilitätsbonus für Biomasse-BHKW für fossile BHKW könnte einen nicht unerheblichen Türöffner für den netzdienlichen Betrieb dieser Anlagen darstellen.

Als ein weiteres Hemmnis ist die derzeit noch **fehlende Verfügbarkeit von Intelligenten Messsystemen** für kleinere Anlagen zu nennen (verzögerter Smart Meter Rollout in Folge fehlender zertifizierter Smart Meter Gateways (SMGW)). Der bevorstehende Smart Meter Rollout wird dennoch ein wesentlicher technologischer Türöffner sein. Hierdurch wird die Grundvoraussetzung für die systemdienliche Steuerung eines Großteils der Anlagen mit Lastverschiebungspotenzial in größeren Gebäuden geschaffen. Weitere darauf aufbauende Türöffner sind die Entwicklung der Vermarktung von Smart Meter Gateway-kompatibler Steuerboxen sowie die Definition eines (strompreisabhängigen) Steuersignals zur Fernsteuerung der stromverbrauchenden Erzeuger über ein SMGW.

Andere Türöffner, wie beispielsweise die Verringerung der aktuellen Kosten bzw. des Aufwandes für Präqualifikation oder informatorische oder qualifizierende Maßnahmen, wie die Durchführung von Schulungen oder Veröffentlichung von Best-Practice-Beispielen werden in Ihrer Wirkung im Verhältnis zu den zuvor beschriebenen Maßnahmen als weniger wirkungsvoll eingeschätzt.

Schlussfolgerung:

Die Steigerung des systemdienlichen Betriebs von BHKW und Wärmepumpen in größeren Nichtwohngebäuden und Geschosswohnungsbauten wird derzeit grundsätzlich vor allem durch die eingeschränkte Wirtschaftlichkeit aufgrund der aktuellen Preissituation auf den Strom- und Regelleistungsmärkten gehemmt. Hinzu kommen noch bestehende technische Hemmnisse, die jedoch überwiegend durch bereits angestoßene oder laufende Initiativen, wie dem Smart Meter Rollout, adressiert werden. Als weitere notwendige flankierende Türöffner könnten, neben der Schließung von regulatorischen Lücken, staatliche Förderungen vorgesehen werden, um den derzeit noch unwirtschaftlichen systemdienlichen Betrieb von größeren Anlagen in Nichtwohngebäuden und Geschosswohnungsbauten attraktiver zu gestalten. Hierzu gäbe es mehrere, zuvor beschriebene, Ansatzpunkte. Inwiefern eine derartige Markregulierung aktuell jedoch unter Berücksichtigung von möglichen Nebeneffekten erstrebenswert ist, sollte der Gegenstand vertiefender Untersuchungen sein.

6.3 Anwendungsfall „Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbarer Energien“ im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom)

Im Rahmen der Analyse wurden insgesamt 17 Hemmnisse für den Anwendungsfall zur Optimierung des Eigenverbrauchsanteils von Erneuerbaren Energien identifiziert. Für den Bereich der Mieterstrom-Modelle wurden drei Hemmnisse mit aufgenommen. Die Wirtschaftlichkeit nimmt für die Maßnahmenumsetzung eine hohe Bedeutung ein und spiegelt sich in der Hemmnismatrix dadurch wieder, dass ca. ein Drittel der Hemmnisse einen wirtschaftlichen Hintergrund haben. Typisch für die kleinteilige Struktur bei den EFH und ZFH ist zudem, dass keine wesentlichen Hemmnisse organisatorischer Natur identifiziert wurden. Insgesamt wurden nur ein Hemmnis als „Low Hanging Fruit“ und zwei als „Show-Stopper“ bewertet. Die Vielzahl der Hemmnisse weist eine mittlere Abbaubarkeit und eine mittlere bis hohe Hemmnisschwere auf. Sie besitzen eine hohe Relevanz zur Verwirklichung höherer Eigenverbrauchsanteile und sind entsprechend zu adressieren.

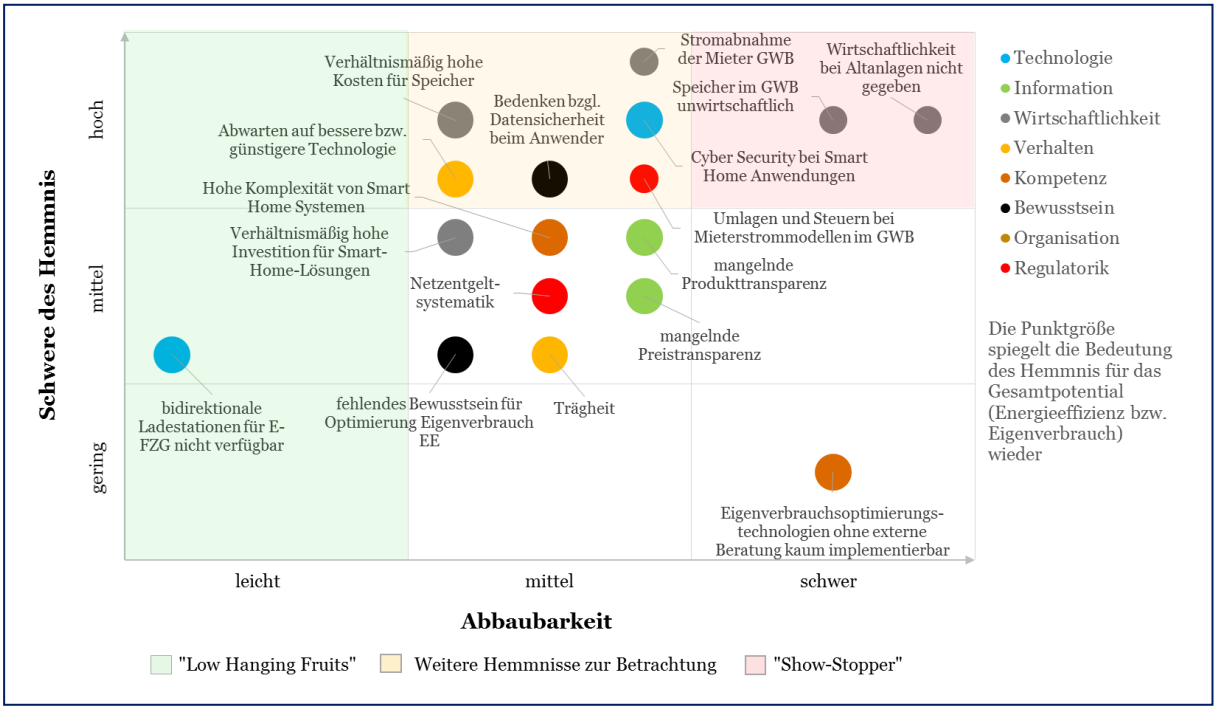

Abbildung 8 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbare Energie“ im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom)

Der Großteil der identifizierten Türöffner hat entweder eine hohe Relevanz und/oder Umsetzungswahrscheinlichkeit. Dies weist darauf hin, dass bei einem proaktiven Angang der Türöffner mit entsprechend positiven Ergebnissen, sprich der Steigerung des Eigenverbrauchsanteils, zu rechnen ist. Schnelle Erfolge durch die Umsetzung der „Low-Hanging Fruits“ sind jedoch nur in den Bereichen „kostengünstige Batteriespeicher“ und „EEG-Netzentgelte variabel gestalten“ zu erwarten.

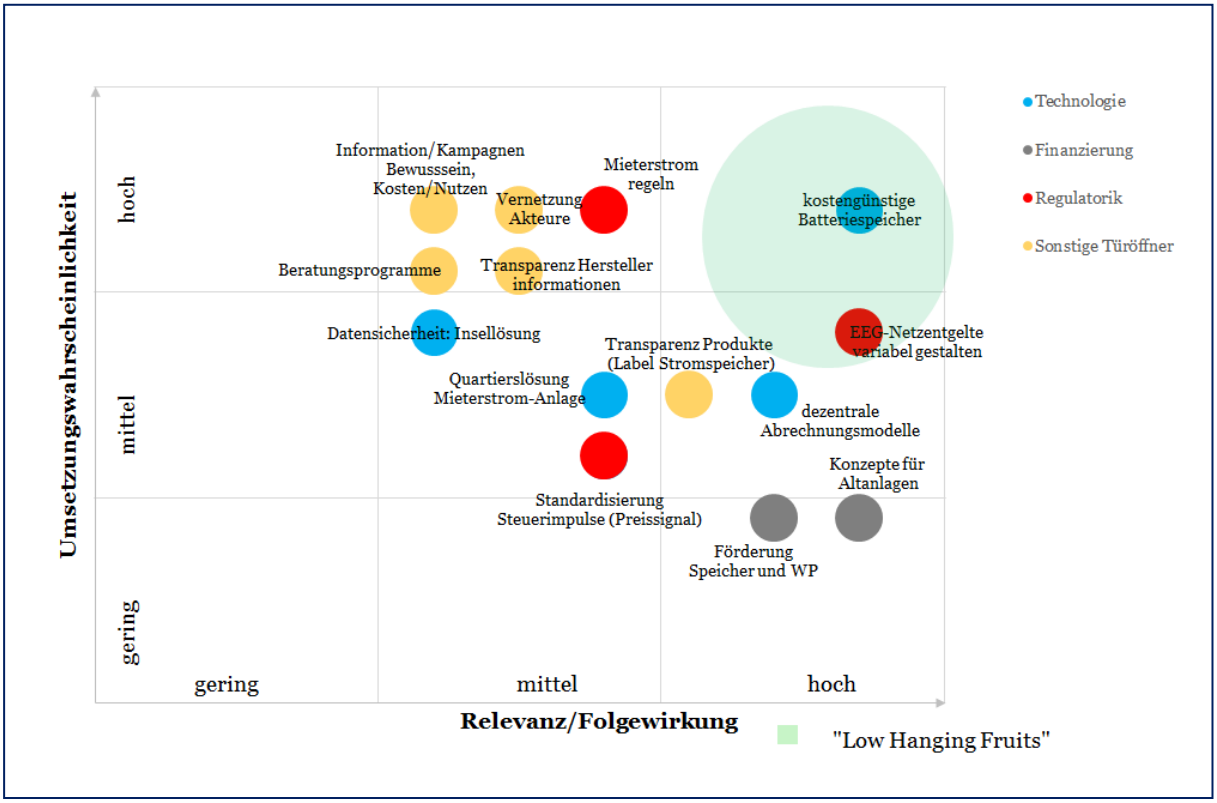

Abbildung 9 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbare Energien" im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom)

Im Folgenden werden drei wesentliche Hemmnisse und Türöffner des Anwendungsfalls näher erläutert, sowie die Mieterstrommodelle betrachtet. Detaillierte Informationen zu weiteren Hemmnissen und Türöffnern sind dem Anhang zu entnehmen.

Ein hohes Hemmnis bei Smart Home Anwendungen zur Optimierung des EE-Eigenverbrauchs seitens der Hersteller stellen die sich kontinuierlich weiterentwickelnden Sicherheitsanforderungen im **Cyber Security** Bereich dar. Der Schutz der Systeme vor dem unberechtigten Zugriff Dritter stellt eine Grundvoraussetzung für die Nutzung netzwerkfähiger Smart Home Anwendungen dar und erfordert entsprechend hohe Sicherheitsstandards. Hersteller müssen kontinuierlich Lösungen entwickeln, um den Datenschutz und die Datensicherheit zu gewährleisten. Die Abbaubarkeit wird mit mittel bewertet, da die Weiterentwicklung der Systeme und Standards ein kontinuierlicher und zeitintensiver Prozess ist und sich die Anforderungen in kurzer Zeit ändern können. Alternativ sind bei Systemen die ausschließlich der Optimierung des Eigenverbrauchs dienen auch Insellösungen ohne Internetanschluss denkbar. Da in den meisten Fällen die Optimierung jedoch nur einer von vielen Gründen für die Anschaffung von Smart Home Anwendungen ist, wird sich die Anzahl der Insellösung auf ein Minimum beschränken. Entsprechend ist das Thema Cyber Security durch geeignete Türöffner zu adressieren. Die Intensivierung der Forschung und Entwicklung von Standards zur Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes ist bei entsprechend internetfähigen Smart Home Lösungen unabdingbar. Besonders im Bereich der Standardisierung der Sicherheitsmaßnahmen weißt der Türöffner

eine hohe Relevanz für den Anwendungsfall auf und bietet dem Immobilienbesitzer die notwendige Orientierung.

Ein „Show-Stopper“ für die Optimierung des Eigenstromverbrauchs ist bei **PV-Altanlagen** die vor dem Jahr 2013 errichtet worden sind, die nicht gegebene Wirtschaftlichkeit. Bei diesen PV-Anlagen liegt die Einspeisevergütung über den Strombezugskosten aus dem Netz. Der fehlende finanzielle Anreiz zur Eigenstromversorgung ist ein hohes Hemmnis, welches durch die garantierte Einspeisevergütung für 20 Jahre nur schwer abzubauen ist. Mit dem Ablaufen der EEG-Einspeisevergütung, was bei den ersten Anlagen ab dem Jahr 2021 eintritt, wird die Eigenstromnutzung für entsprechende Anlagen interessant werden. Um die Potenziale zur Optimierung des Eigenverbrauchs ausschöpfen zu können, sind Konzepte erforderlich, die bei Investitionen in die Optimierung der Eigenstromnutzung, die im Zweifel geringen Restlebensdauern der PV-Anlagen berücksichtigten. Das Gesamtpotenzial für entsprechende „Nach-EEG“-Konzepte ist bei ca. 800.000 Altanlagen (Installation zwischen den Jahren 2000 und 2013) mit einer garantierten Einspeisevergütung von 20 Jahren und einer durchschnittlichen Lebensdauer von 30 Jahren entsprechend hoch.

Die **mangelnde Produkttransparenz**, die durch fehlende Informationen über die Qualität und Eigenschaften des Produkts entsteht, ist ein wesentliches Hemmnis für eine qualifizierte Investitionsentscheidung. Darum wurde die Schwere des informationsbezogenen Hemmnisses als Mittel an der Grenze zu Schwer bewertet. Ebenso wurde die Abbaubarkeit bewertet, die zwar möglich ist, aber ein Zusammenwirken einer Vielzahl von Türöffnern erfordert. Die Politik kann beispielsweise Firmen zur klaren Darstellung der Kosten und Nutzen sowie zur Transparenz der Produkteigenschaften verpflichten. Die Herstellung der Produkttransparenz durch ein unabhängiges Label ist ein wesentlicher Türöffner um den Eigentümern eine qualifizierte Investitionsentscheidung zu ermöglichen und wäre z.B. bei Stromspeichern, aufgrund der deutlichen Unterschiede der Produkteigenschaften, äußerst sinnvoll. Da die Einführung eines Labels ein zeitintensiver Prozess ist, könnten währenddessen Hersteller in Form einer freiwilligen Angabe der Informationen die Qualität ihrer Produkte kenntlich machen.

Die Ursachen der geringen Verbreitung von **Mieterstromkonzepten** im GWB spiegeln sich in den Ergebnissen der Hemmnisanalyse wieder. Die drei betrachteten Hemmnisse „Stromabnahme der Mieter“, „Speicher unwirtschaftlich“ und „Umlagen und Steuern bei Mieterstrommodellen“ weisen alle eine hohe Hemmnisschwere auf. Die Hemmnisse sind beim Mieterstrom überwiegend wirtschaftlicher und regulatorischer Natur. Ein entscheidender Aspekt zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Mieterstromprojekten ist die Anzahl der Stromabnehmer. Der Vermieter hat eine sehr begrenzte Anzahl möglicher Kunden (seine Mieter), während die Mieter ihren Stromanbieter frei wählen können. Eine Kopplung des Mieterstroms an einen Mietvertrag ist mindestens im preisgebundenen Wohnraum nicht möglich. So ist bspw. mit jedem Mieterwechsel eine Unsicherheit bzgl. der Stromabnahme verbunden. Eine Ausweitung des möglichen Kundenstamms, z.B. durch eine direkte Vermarktung des Stroms im Wohnumfeld (Quartierslösung) ist nur in einem eng begrenzten Rahmen vorgesehen („unmittelbarer räumlicher Zusammenhang“ und keine Nutzung des Netzes der allgemeinen Versorgung) und würde bei jeglicher Nutzung öffentlicher Versorgungsnetze, auch innerhalb eines Quartiers, aufgrund netzseitiger Umlagen unwirtschaftlich werden. Die bisherigen Unsicherheiten im Bereich der Regulatorik bezüglich weiterer externer Risiken, wie beispielsweise die Frage ob EEG-Umlage zukünftig entrichtet werden muss, hemmten ebenfalls die Entwicklung eines Mieterstrommarktes. Mit Inkrafttreten des Mieterstromgesetzes wurde hier mehr Klarheit geschaffen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass

selbst mit dem Mieterstromgesetz eine Gleichstellung von Mieterstrommodellen mit den Eigenversorgungsmodellen nicht erfolgt ist. Danach wird jede eigenverbrauchte kWh Mieterstrom für 20 Jahre mit ca. 2-3 Cent zusätzlich vergütet während die EEG-Umlage allerdings immer noch in voller Höhe entrichtet werden muss. Die zusätzliche Vergütung von 2-3 Cent entspricht nach dem Stand Mitte 2017 ca. 40 Prozent der EEG-Umlage. Mit einer steigenden EEG-Umlage würde dieser Anteil jedoch schrumpfen und die Wirtschaftlichkeit des Mieterstroms senken. Das Mieterstromgesetz setzt zudem zwar einen Anreiz für Vermieter, aber nicht direkt für die Immobilienbranche. Denn Wohnungsbauunternehmen könnten durch Mieterstrommodelle ihre Befreiung von der Gewerbesteuer für die Vermietungstätigkeit aufgrund der Ausführung weiterer gewerblicher Tätigkeiten verlieren. Gerade im GWB sind späterer Vermieter und der Bauherr nicht unbedingt identisch. Eine wirtschaftlich sinnvolle Erzeugungsplanung müsste am besten jedoch von Beginn an stattfinden können. Dies ist einer der Gründe, warum auch nach den Änderungen im Mieterstrom, noch Forderungen nach Steuervergünstigungen erhoben werden. Des Weiteren ist der Mieterstromtarif auf 90 Prozent des entsprechenden Grundversorgungstarifs begrenzt. Dies stellt tendenziell einen Anreiz für den Mieter zur Teilnahme dar. Es könnte aber auch dafür sorgen, dass Projekte die nur mit höheren Tarifen (90 Prozent+) wirtschaftlich wären, nicht umgesetzt werden. Als Fazit lässt sich festhalten, dass der Mieterstrommarkt durch das Mieterstromgesetz zwar attraktiver wird, ohne eine Gleichstellung mit den Eigenversorgungsmodellen (die allerdings eine weitere Belastung des EEG-Umlageaufkommens bedeuten würde) aber deutlich hinter seinen Möglichkeiten bleibt.

Exkurs: Blockchain-Technologie als möglicher Türöffner

Die Einsatzmöglichkeiten von Blockchain-Technologie im Energiesystem sind vielfältig. Weltweite Aufmerksamkeit hat die Technologe durch Pilotprojekte zum direkten Austausch von Strom zwischen Erzeuger und Verbraucher erlangt. Aber auch Dienste wie das Ablesen, Abrechnen oder auch die Dokumentation von technsichen Zuständen, Energieverbäuchen und -herkunft wie beispielsweise bei Smart Metern oder Photovoltaik-Anlagen, sind über Blockchain technisch möglich. Dank der dezentralen und sicheren Speicherung der Transaktionsdaten per Blockchain sind auch Echtheitsnachweise für Strom aus erneuerbaren Energien oder CO_2-Zertifikate mögliche Optionen zum Einsatz. Gemeinsam ist allen Einsatzgebieten, dass getätigte Transaktionen direkt über ein Peer-to-Peer-Netzwerk innerhalb des Blockchain-Systems angestoßen, übermittelt und gleichzeitig (nahezu) manipulationssicher dokumentiert werden. Die Blockchain-Technologie ermöglicht damit die Abwicklung von Geschäftsprozessen ohne klassische Vermittler wie Stadtwerke, Netzbetreiber oder auch Banken – und erhält hierzu offenbar auch schon das Vertrauen der Nutzer, die gewillt sind, auf die gewohnten Intermediäre zu verzichten.

Zu Testzwecken hat der Übertragungsnetzbetreiber Tennet eine Partnerschaft mit dem Solar- und Stromspeicher-Unternehmen Sonnen GmbH abgeschlossen. In einem Pilotverfahren sollen erstmals häusliche Solarstrom-Batterien von 6.000 Kunden der Sonnen GmbH für den Redispatch miteinander vernetzt werden. Zugleich können zum Zweck der Netzstabilisierung auch Energiemengen aus Sonnen-Speichern verwendet werden. Kunden, die ihre Solarspeicher diesem Unternehmen zur Verfügung stellen, erhalten Gratisstrom als Vergütung. Die Blockchain-Software stellt hier bilanziell zwischen Regionen mit Stromüberfluss und Strommangel automatisch einen Ausgleich her. Perspektivisch sollen nicht nur weitere Kraftwerke und Speicher in diese Blockchain eingebunden werden, sondern auch Wärmepumpen und strategisch einsetzbare Stromverbraucher wie etwa Kühlhäuser oder Schmelzkessel der Metallindustrie.

E.ON hat eine Beteiligung am Start-up „Strombewegung“ erworben. Per Blockchain und App werden Verbraucher direkt mit lokalen Produzenten erneuerbarer Energie verbunden. Der Kunde hat hier einen quasi-Echtzeit-Überblick über die aktuelle Stromeinspeisung seiner gewünschten Ökostromerzeuger sowie seines eigenen Verbrauchs. Eine automatische Verbrauchsanalyse zur Stromkostensenkung soll ebenfalls Teil des Angebots werden.

Das u.a. von Innogy finanzierte Startup „Conjoule“ hat nach eigenen Angaben das Ziel, den Energiemarkt transparenter zu gestalten und Zugangshürden für private Marktteilnehmer abzubauen. Hierzu wurde eine Peer-to-Peer-Handelsplattform konzipiert, mit der Produzenten und Verbraucher erneuerbarer Energie ihre Geschäfte ohne traditionelle Zwischenhändler tätigen sollen. Sie richtet sich auch an die Besitzer von Energiespeichern sowie an andere Anbieter von Flexibilitätsreserven. Über die Plattform können Verbraucher erneuerbare Energie aus der Nachbarschaft einkaufen oder als Photovoltaik-Anlagenbesitzer an Unternehmen und öffentliche Einrichtungen in Ihrer Umgebung verkaufen

Bei Enercity können Kunden mit der auf Blockchain basierenden Kryptowährung Bitcoin zahlen. Zugleich hat der Stadtwerke Energie Verbund SEV ein Open-Source-Projekt namens „Grünstromjeton“ initiiert, das Stromkunden einen geprüften Nachweis des tatsächlich bezogenen (Öko-)Stroms liefern soll.

Unbeantwortet bleibt trotz der ersten Praxis-Anwendungen noch die Frage, wie Blockchain-Anwendungen zur Effizienzsteiergung im Energiesystem beitragen können. Im Rahmen einer dena-Veranstaltung zum Thema sagte ein Referent im März 2017: „Wir haben eine Lösung. Blockchain. Aber wir müssen jetzt schauen, wo das Problem dafür ist.“ Eine der Veranstaltung vorangegangene Analyse der dena und der European School of Management and Technology (ESMT Berlin) zeigte, dass Blockchain-Technologien das Potenzial besitzen, etwa bei öffentlichen Lade- und Abrechnungstransaktionen für Elektrofahrzeuge das dominierende Design zu werden. Das Kostensenkungspotenzial von Blockchain-Anwendungen für die Energiewende sei gleichwohl „begrenzt“ und müsse konkret für jeden Anwendungsfall bewertet werden, heißt es in der Studie. Insbesondere in Märkten, in denen sich bereits digitale Lösungen bewährt haben, treffe die Technologie auf starke Konkurrenzprodukte und -dienstleistungen. Die Nutzung von Blockchain-Technologien würde im Energiesektor vor allem das Einbinden von zahlreichen dezentralen Erzeugungsanlagen vereinfachen und die Nutzung erneuerbarer Energien begünstigen. Durch diese Entwicklung würden sich neue digitale Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft ergeben, beispielsweise im Bereich der Applikationsentwicklung. Eine Fokussierung der Blockchain-Entwicklung scheint aber insbesondere auf Kosteneinsparung zu liegen, eine Steigerung der Energieeffizienz wurde zumindest bisher nicht in den Vordergrund der Pilotprojekte gestellt. Ob und in welchen Anwendungensgebieten die Blockchain hier einen Beitrag zur Potenzialhebung leisten kann, ist zu prüfen. Studien zu dieser Fragestellung sind bislang nicht bekannt, es empfiehlt sich jedoch diese Fragestellung weiter zu untersuchen.

Unabhängig vom konkreten Einsatzzweck bestehen aktuell einige zentrale regulatorische Hindernisse, die den Einsatz von Blockchain im Energiesystem hemmen. Wird die Blockchain-Technologie in Verbindung mit den intelligenten Messsystemen (Smart Meter Gateways) verwendet, werden einige der Anforderungen des Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) erfüllt. Dies gilt beispielsweise für die Anforderungen gem. § 52 Abs. 3 MsbG, weil die Transaktionen meist unter einem Pseudonym abgewickelt werden.

Die Wahrung der sternförmigen Datenkommunikation ist – wie in der bisher angelegten Marktkommunikation - nach § 60 Abs. 2 MsbG möglich, da kein weiterer Akteur zwischen geschaltet wird. Die Technologie erfüllt aufgrund des Grundkonzepts viele Datenschutzvorgaben des Art. 25 Abs. 1 der Verordnung (EU) 2016/679 vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten bzw. die Vorgaben nach § 9 des Bundesdatenschutzgesetzes. Damit die Technologie nutzbar wird, wäre eine fundamentale Anpassung des regulatorisches Rahmens an die Bedürfnisse der dezentralen Transaktionsmodelle notwendig – insbesondere im Bereich der umlagenbasierten Kostenwälzung, für die entsprechende Alternativen zu finden wären. Der bisherige Rahmen und die damit verbundenen regulatorischen Anforderungen hemmen die Anwendung und senken den Nutzen. Die rechtliche Anerkennung solcher Systeme, die ohne eine zentrale Instanz auskommen, ist schwierig, da das heutige Rechtssystem darauf ausgelegt ist rechtliche und organisatorische Verantwortung klar zu definieren. Unklar ist auch, wie gesetzliche Löschungspflichten etwa gem. §§ 63 und 64 MsbG mit der Funktionsweise der Blockchain-Technologie in Einklang gebracht werden können.

Insgesamt ist die Umsetzung des Türöffners mit mittel zu bewerten, da die Umsetzung zwar wahrscheinlich ist und konkret an der Umsetzung von Blockchain-Anwendungen gearbeitet wird, aber hierfür noch zahlreiche rechtliche und regulatorische Hemmnisse überwunden werden müssen – und die Steigerung der Energieeffizienz bislang auch nicht im Fokus der Aktivitäten steht.

Schlussfolgerung:

Die Optimierung des Eigenverbrauchs für EFH und ZFH ist im Wesentlichen ein technologiegetriebener Markt mit hohem Wachstumspotential. Mit sinkenden Preisen für PV-Anlagen, Batteriespeicher und Smart Home Anwendungen wird die Optimierung des Eigenverbrauchs mit der steigenden Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen eine wichtige Rolle im Neubau und Bestand einnehmen. Die bestehenden Hemmnisse, wie z.B. die mangelnde Produkttransparenz oder hohe Anfangsinvestitionen, lassen sich durch entsprechende politische Vorgaben und (finanzielle) Anreize abbauen. Mit gezielten Maßnahmen lassen sich die Eigenheimbesitzer noch stärker als bisher in die Energiewende vor Ort einbinden. Über die Schaffung temporärer Anreize und die Sensibilisierung für das Thema können, in Kombination mit den voraussichtlich weiter sinkenden Kosten, wesentliche Potentiale gehoben werden.

6.4 Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB

Für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich der EFH/ZFH und GWB wurden insgesamt 15 Hemmnisse identifiziert. Wie in Abbildung 10 zu erkennen ist, wurde über ein Drittel der Hemmnisse als „Low Hanging Fruit“ bewertet, was verdeutlicht, dass ein Großteil der Hemmnisse vergleichsweise leicht abgebaut werden kann. „Show-Stopper“ - schwere Hemmnisse, die nur schwer abzubauen sind - wurden hingegen keine identifiziert.

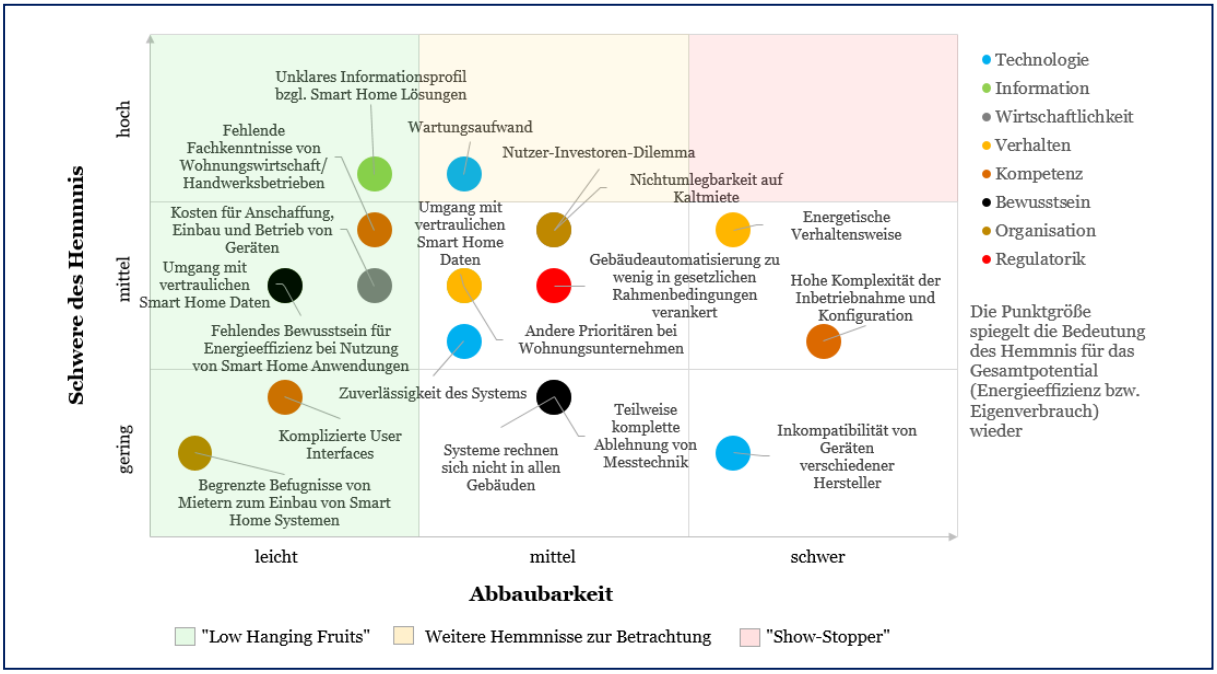

Abbildung 10 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB

Über ein Drittel der 18 identifizierten Türöffner hat eine hohe Relevanz für die Bewältigung der Hemmnisse. Schnelle Erfolge sind insbesondere durch die Umsetzung der „Low-Hanging Fruits“ in den Bereichen „Umlegbarkeit auf Miete“, „Datenverwendung“, „Transparenz Wärme“ sowie „Kampagnen/Information“ zu erwarten (siehe Abbildung 11).

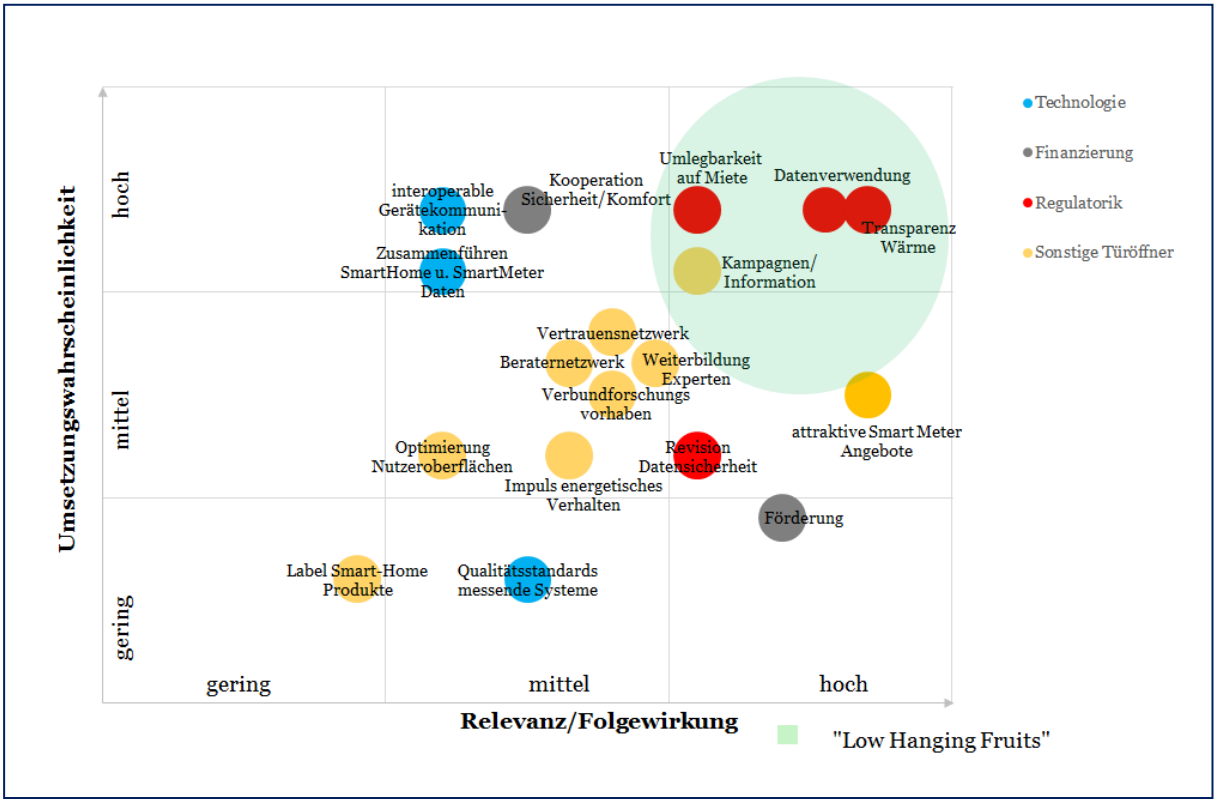

Abbildung 11 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB

Im Folgenden wird auf drei zentrale Hemmnisse näher eingegangen, die der Verbreitung von Transparenzlösungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Wege stehen. Informationen zu weiteren Hemmnissen und Türöffnern können dem Anhang entnommen werden.

Ein schweres technologie- und informationsbezogenes Hemmnis besteht in der Unklarheit, ob und wie Daten aus Smart Metern an Dritt-Dienstleister weitergegeben werden können. Dieser unklare **Umgang mit vertraulichen Smart Home Daten** ist ein Hemmnis, welches begrenzt abbaubar ist. Z.B. können anspruchsvolle Sicherheitsprofile bei Smart-Home-Lösungen unterstützt durch strenge gesetzliche Anforderungen – wie etwa beim Smart Meter Gateway (nach Messstellenbetriebsgesetz) – zur Bewältigung des Hemmnisses beitragen. Ein weiterer Türöffner ist die Nutzung von Vertrauenspersonen/-netzwerk zum Abbau von Vorbehalten gegenüber digitalen Transparenz-Anwendungen. Für die Durchsetzung der Technologie beim Kunden kommt der Vertrauensbildung eine hohe Bedeutung zu, was z.B. auch durch globale Ansätze zum Datenschutz gestärkt werden kann.

Ein weiteres Hemmnis ist das **unklare Informationsprofil bzgl. Smart Home Lösungen aus Kundensicht.** Kommentare bezogen auf Smart Home Anwendungen in Tageszeitungen und in der Fachpresse sind zum Teil widersprüchlich. Im Ergebnis fällt es Verbrauchern sehr schwer, den eigentlichen Mehrwert von Transparenzlösungen zu erkennen. Dies ist ein sehr schweres informationsbezogenes Hemmnis, welches aber relativ leicht abgebaut werden kann. Türöffner sind hierbei die Verbesserung der Nutzeroberflächen von Softwareanwendungen durch Technologieanbieter und Prüfung der Erfordernisse über Modellvorhaben sowie eine stärkere Berücksichtigung der Kundensicht bei der Entwick-

lung und Vermarktung von Transparenz-Lösungen. Bislang war deren Entwicklung großenteils technologisch getrieben. Darüber hinaus kann das Hemmnis, durch Schaffung von Standards bei gleichzeitiger Einführung von Labeling-Tools zur besseren Vergleichbarkeit und Sichtbarkeit von Transparenzlösungen, abgebaut werden. Die Relevanz dieser Türöffner ist sehr hoch. Transparenz-Lösungen sind kein Selbstläufer, sondern erklärungsbedürftig, solange kein hoher (wirtschaftlicher) Nutzen für den Kunden greifbar ist. Eine höhere Marktdurchdringung ist auch von verlässlichen Standards und möglichst einfach zu erfassenden Klassifizierungssystemen abhängig.

Im GWB ist das **Nutzer-Investoren-Dilemma** ein schweres organisatorisches Hemmnis. Durch Investitionen des Vermieters, der für Transparenzlösungen zahlt und diese einbauen lässt, profitiert der Mieter durch Energieeinsparungen und die damit einhergehende Energiekostenreduktion. Dieses Hemmnis ist nur begrenzt und nur in Zusammenhang mit der Lösung der Datensicherheits- und Nutzungsfrage und der daraus abgeleiteten Verwertbarkeit der Daten für weiterführende Dienstleistungen (z.B. durch die Wohnungsbaugesellschaft) abbaubar. Zwei Türöffner sind wichtig, um das Hemmnis zu bewältigen. Als erstes ist es zum Abbau des Hemmnisses notwendig die Entwicklung von Geschäftsmodellen zu fördern, die die verbrauchs- und kostenoptimierte Energieversorgung mit Transparenz koppeln. Dies kann durch die Vernetzung von unterschiedlichen Akteuren geschehen (z.B. Verbundforschungsvorhaben ProSHAPE- sieben Projektpartner testen unter realen Anwendungsbedingungen eine verbrauchs- und kostenoptimierte Energieversorgung im Quartier mithilfe eines digitalen, dezentralen Energiemanagements). Außerdem fungiert die Entwicklung neuer Dienstleistungen, bei denen die gesteigerte Transparenz nicht Kern des Geschäftsmodells ist, als Türöffner. Das heißt, primär wird eine andere Dienstleistung mit hoher Verbraucherrelevanz angeboten.

Schlussfolgerung:

Von der Vielzahl der identifizierten Hemmnisse im Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ kann ein Großteil vergleichsweise leicht abgebaut werden. Als zentrale Türöffner konnten der Smart-Meter (bzw. das Smart-Meter-Gateway) und die Entwicklung von Geschäftsmodellen identifiziert werden. Mit dem Smart-Meter wird sowohl benötigte Infrastruktur, als auch eine gute Basis für die Bewältigung der Datenschutzvorbehalte potenzieller Kunden bereitgestellt. Die Entwicklung von Geschäftsmodellen ist die Voraussetzung, um von den rein technologisch getriebenen Transparenzlösungen hin zu Mehrwertdiensten zu gelangen, die das Thema für eine Zielgruppe abseits der hochmotivierten Technikbegeisterten interessant machen. Auch im Mieter-Vermieter-Verhältnis können Geschäftsmodelle den Ausweg aus dem Nutzer-Investor-Dilemma bringen. Viele der identifizierten Türöffner haben eine hohe Relevanz und Umsetzungswahrscheinlichkeit.

6.5 Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG

Für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG wurden 15 Hemmnisse identifiziert. Ein Großteil der Hemmnisse ist technologiebezogen. Drei der Hemmnisse wurden als „Low Hanging Fruit“ bewertet und sind damit relativ leicht abbaubar. Nur drei Hemmnisse wurden als schwer abbaubar beurteilt, von denen keines ein „Show-Stopper“ ist (siehe auch Abbildung 12). Insgesamt gesehen können durch die Umsetzung leichter bis mittel-schwerer Abbaumaßnahmen

also erhebliche Potenziale zur Bewältigung der Hemmnisse im Bereich „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ realisiert werden.

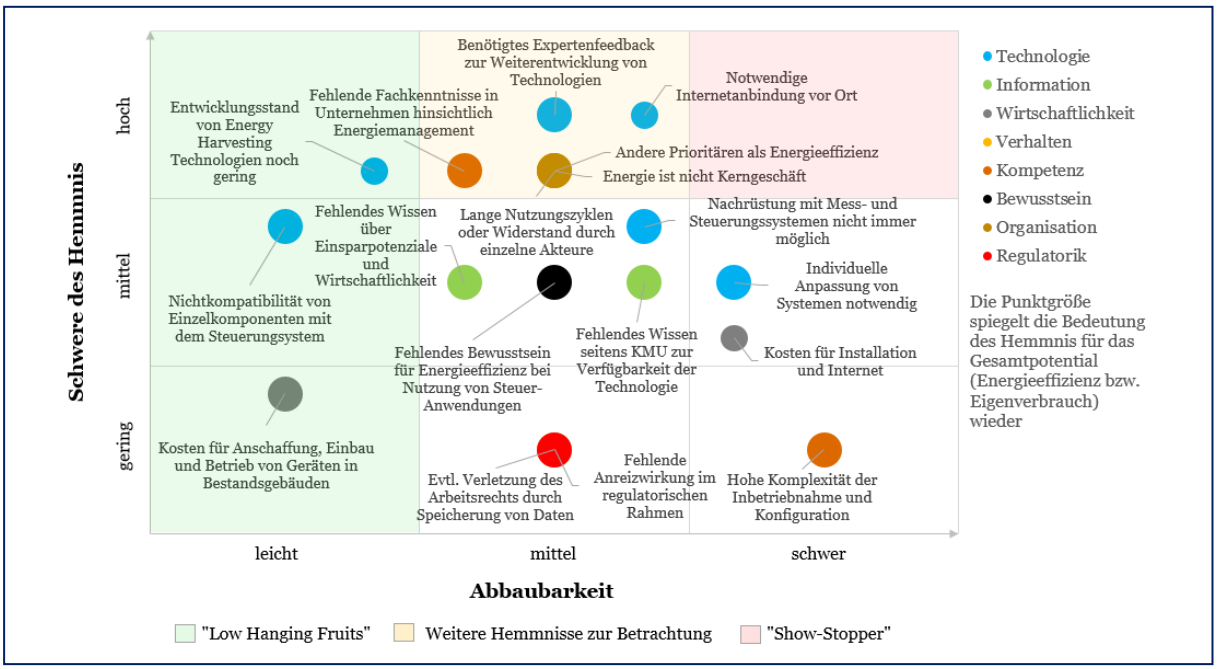

Abbildung 12 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG

Es wurden neun Türöffner für die Bewältigung der Hemmnisse identifiziert. Zum Großteil handelt es sich dabei um technologiebezogene Lösungen. Insbesondere durch die Realisierung „kostengünstiger Komponenten“ sind schnelle Erfolge zu erwarten (siehe Abbildung 13).

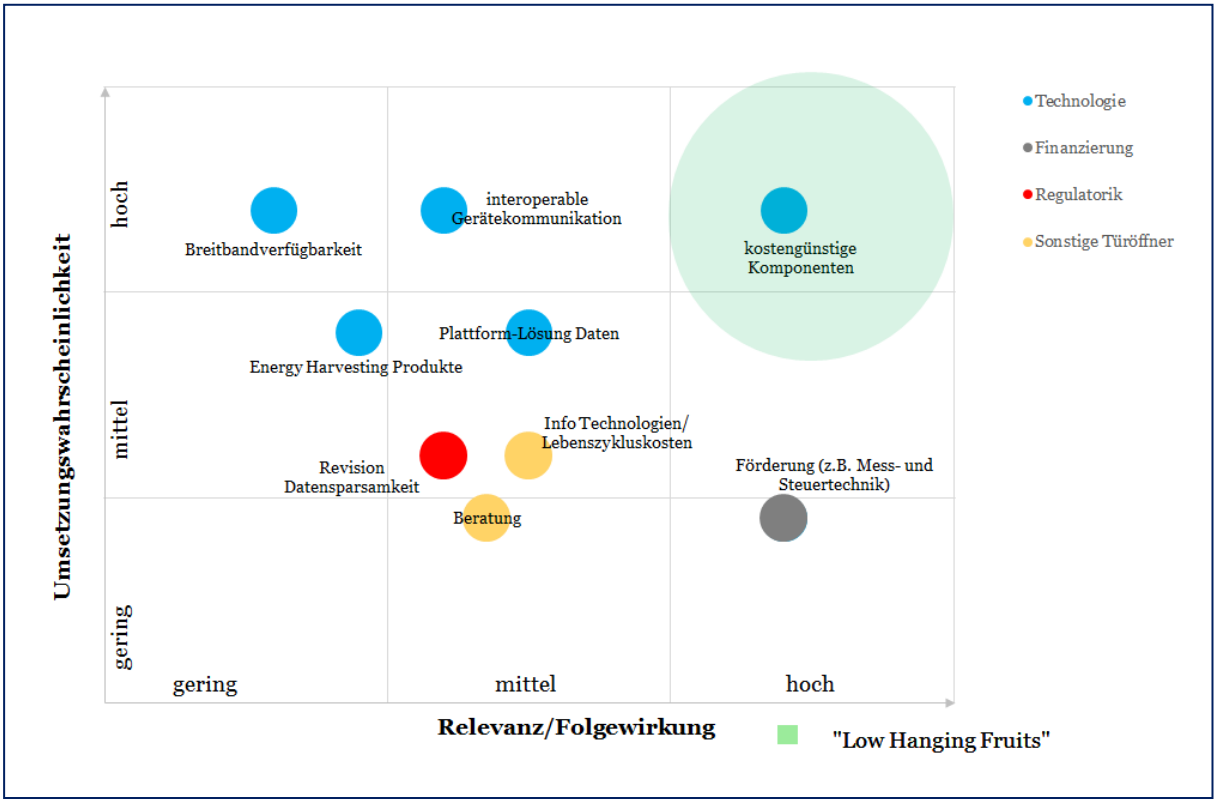

Abbildung 13 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG

Folgend werden drei wesentliche Hemmnisse und mit ihnen verbundene Türöffner näher erläutert. Detaillierte Informationen zu weiteren Hemmnissen und Türöffnern können dem Anhang entnommen werden.

Aufgrund der Komplexität vieler Systeme ist eine **Nachrüstung mit Mess- und Steuerungssystemen im Bestand nicht immer möglich**. Dies ist ein technologiebezogenes, schweres Hemmnis, welches bei bestehenden Einrichtungen nur begrenzt abbaubar ist. Die Entwicklung von kostengünstigen digitalen Komponenten zum Nachrüsten für die Funktionen Messen, Steuern und Kommunikation ist eine Option um dieses Hemmnis zu bewältigen. Diese Option hat insbesondere eine hohe Relevanz solange keine entsprechende Förderung am Markt besteht, mit der die Wirtschaftlichkeit von Mess-und Steuerungstechnik verbessert werden kann. Weiterhin ist von überragender Bedeutung, dass die Geräte verschiedener Anbieter miteinander kommunizieren können, d.h. interoperabel gestaltet werden und über IP-basierte Protokolle kommunizieren. So wird eine standardunabhängige Nutzung und Nachrüstung ermöglicht.

Ein wesentliches organisatorisches Hemmnis besteht darin, dass in vielen Unternehmen **andere Prioritäten als Energieeffizienzverbesserung** gesetzt sind. Die Energie ist häufig nicht das Kerngeschäft des jeweiligen Unternehmens, wodurch es oft nur wenig qualifiziertes Personal gibt, welches sich um Energiemanagement kümmern könnte und häufig liegen auch zeitliche Beschränkungen der Ressourcen dafür vor. Dies ist ein sehr schweres Hemmnis, welches nur begrenzt abbaubar ist. Ein möglicher

Türöffner ist die Schaffung von Anreizen in Form von Förderprogrammen oder gesetzlichen Anforderungen, um den Fokus stärker auf Energieeffizienz zu lenken.

Ein weiteres organisatorisches Hemmnis sind **lange Nutzungszyklen** von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen. Das Opportunitätsfenster für Investitionen in Mess- und Steuerungstechnik tritt daher äußerst selten auf. Es ist entscheidend, dass die richtigen Akteure zur richtigen Zeit über gute und gesicherte Informationen verfügen, um im Moment der Investitionsentscheidung eine entsprechende Bewertung vornehmen zu können. Hier fehlt es häufig an gesicherten, herstellerunabhängigen Informationen. Darüber hinaus erfahren Verantwortliche in Unternehmen teilweise sogar Widerstand innerhalb des eigenen Unternehmens. Mess- und Steuerungstechnik ist ein abteilungsübergreifendes Thema, wodurch die Involvierung verschiedener Abteilungen/Akteure in die Entscheidungsprozesse notwendig ist. Da die Verwendung von intelligenter Mess- und Steuerungstechnik häufig mit Änderungen organisatorischer Abläufe einhergeht, bestehen hier Bedenken. Dieses schwere Hemmnis ist nur begrenzt abbaubar. Technologie- und anbieterneutrale Information und Beratungsangebote über die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Steueranwendungen können helfen, das Hemmnis zu bewältigen. Ein weiterer Türöffner ist der Ausbau von Förderprogrammen zur Implementierung von Steuerungsmaßnahmen, die die Wirtschaftlichkeit verbessern aber auch dafür geeignet sind Aufmerksamkeit für das Thema zu wecken und innerhalb des Unternehmens, als Argument für eine Investition dienen können.

Schlussfolgerung:

Die Hemmnisanalyse zeigt eine Vielzahl von Hemmnissen im Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“, von denen der Großteil technologiebezogen ist. Hier kann vor allem die technische Weiterentwicklung und damit verbundene Kostendegressionspotenziale für eine stärkere Marktdurchdringung sorgen. Auch informatorische Hemmnisse bzw. solche des fehlenden Bewusstseins für Energieeffizienz im Allgemeinen und Mess- und Steuerungstechnik im Speziellen, konnten festgestellt werden. Hier sind sowohl Maßnahmen der Informationsbereitstellung, als auch der Förderung geeignet um für mehr Aufmerksamkeit für die Chancen durch Mess- und Steuerungstechnik zu sorgen. Die meisten identifizierten Hemmnisse können mit leichtem bis mittelgroßen Aufwand abgebaut werden. In Zusammenhang mit den Ergebnissen der Türöffner-Analyse wird klar, dass sich durch den Abbau der Hemmnisse, eine deutlich höhere Anwendung von Steuerungslösungen zur Verbesserung von Energieeffizienz erreichen lässt.

6.6 Zusammenfassung

Die Hemmnis- und Lückenanalyse zeigte für die fünf betrachteten Anwendungsfälle ein durchaus heterogenes Bild. So zeigte sich beim industriellen Sanieren mit BIM, dass sich politisch gewollt die Anzahl der Anwendungsfälle deutlich steigern und der Einsatz von BIM als Standard etabliert werden könnte. Grundvoraussetzung ist jedoch die Schaffung BIM-fördernder Rahmenbedingungen. Hingegen wird die Steigerung des systemdienlichen Betriebs von BHKW und Wärmepumpen in größeren Nichtwohngebäuden und Geschosswohnungsbauten derzeit vor allem durch die eingeschränkte Wirtschaftlichkeit aufgrund der aktuellen Preissituation auf den Strom- und Regelleistungsmärkten gehemmt. Die Optimierung des Eigenverbrauchs für EFH und ZFH ist wiederum im Wesentlichen ein technologiegetriebener Markt. Mit sinkenden Preisen für PV-Anlagen, Batteriespeicher und Smart Home Anwendungen wird die Optimierung des Eigenverbrauchs eine wichtige Rolle einnehmen. Ebenso zeigte sich im Rahmen der Hemmnisanalyse im Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“, dass ein Großteil der Hemmnisse technologiebezogen ist. Hier können ebenfalls die technische Weiterentwicklung und damit verbundene Kostendegressionspotenziale für eine stärkere Marktdurchdringung sorgen. Die meisten identifizierten Hemmnisse können mit leichtem bis mittelgroßen Aufwand abgebaut werden. Von der Vielzahl der identifizierten Hemmnisse im Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ kann ebenfalls ein Großteil vergleichsweise leicht abgebaut werden. Als zentrale Türöffner konnten der Smart-Meter (bzw. das Smart-Meter-Gateway) und die Entwicklung von Geschäftsmodellen identifiziert werden.

In Zusammenhang mit den Ergebnissen der Türöffner-Analyse wird klar, dass sich durch den Abbau der Hemmnisse die Digitalisierung im Gebäudebereich deutlich beschleunigen lässt. Durch entsprechende Maßnahmen kann ein verlässlicher regulatorischer Rahmen geschaffen und die Wirtschaftlichkeit durch Marktanreizprogramme unterstützt werden. Die Digitalisierung kann im Gebäudebereich ihren Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen liefern und Gebäude stärker als bisher in die Energiewende einbinden.

7 Stakeholder-Analyse und Ergebnisse Stakeholder-Workshop

7.1 Stakeholder-Analyse

Die Stakeholder-Analyse basiert schwerpunktmäßig auf der Recherche zentraler Studien, Pilotprojekten und vorhandenen Marktangeboten. Im Anhang II finden sich die gesammelten Ergebnisse der Analyse, die an dieser Stelle nur kurz skizziert werden sollen.

Entsprechend des Arbeitsauftrags wurden maßgebliche Akteure aus den Bereichen öffentliche Hand, Verbände und Unternehmen identifiziert, die entweder ein spezifisches Marktangebot aufweisen, sich an den energie- und gesellschaftspolitischen Debatten aktiv beteiligen oder wichtige Türöffner bzw. Entscheider in den Anwendungsfällen darstellen. Hierzu wurden, sofern möglich, die entsprechenden Ansprechpartner ermittelt. Zugleich wurden die dabei ermittelten Stakeholder hinsichtlich ihrer Relevanz für den jeweiligen Anwendungsfall, ihrer Erwartungshaltung in Richtung Politik und den potenziellen Konflikten mit aktuell bestehenden Rahmenbedingungen bewertet. Die Zusammenstellung bot eine gute Grundlage für die Vorbereitung des Workshops und kann zukünftig als solche für weitere Analysen und Zusammenstellungen genutzt werden.

Im Ergebnis konnten für jeden Anwendungsfall zentrale Akteure und Stakeholder identifiziert werden, wobei der Schwerpunkt im Bereich der Unternehmen auf Start-Up-Unternehmen gesetzt wurde. Im Bereich der öffentlichen Hand konnten nur ausgewählte Institutionen ermittelt werden, da die vorangegangene Recherche zu den Anwendungsfällen stark auf bereits praktizierte Angebote konzentriert war. Ein weiterer Fokus lag im Bereich der Forschungseinrichtungen, die zusammen mit Unternehmen digitale Angebote entwickelt oder analysiert haben. Damit wurde sichergestellt, dass sich die Studie mit aktuell verfügbaren Geschäftsmodellen und Technologien befasst.

Die Analyse bietet eine gute Übersicht über Marktakteure, wissenschaftliche Einrichtungen, Anwender von digitalen Angeboten und wichtigen rahmenbedingungenbestimmenden Akteuren.

7.2 Ergebnisse Stakeholder-Workshop

7.2.1 Bewertung Hemmnisse und Lücken sowie Türöffner durch Teilnehmer

Als zentrales Hemmnis für die verschiedenen Anwendungsfälle wurde in allen drei Gruppen das Fehlen von Standards festgestellt. Dazu wurde hervorgehoben, dass bei der Entwicklung von Standards, neben der Beachtung der internationalen Perspektive, die Datensicherheit eine zentrale Rolle spielen sollte. Als weiteres zentrales Hemmnis wurden in allen drei Arbeitsgruppen die lückenhaften, zu komplizierten oder fehlenden gesetzlichen Regelungen im jeweiligen Anwendungsfall eingestuft.

Fehlendes Wissen zu den Einsatzmöglichkeiten verschiedener digitaler Tools war ein wichtiger Punkt, der insbesondere in den Diskussionsgruppen zu den Anwendungsfällen „BIM“ und „Transparenz & Steuerung“ diskutiert wurde. Darüber hinaus wurden im Themenfeld „Transparenz & Steuerung“ die bislang fehlenden Geschäftsmodelle zur Lösung des Investor-Nutzer-Dilemmas thematisiert.

Im Ergebnis kann eine weitgehende Deckungsgleichheit hinsichtlich der durch den Bearbeiterkreis ausgemachten Hemmnisse und den Hemmnissen der Stakeholder festgehalten werden.

Bei der Entwicklung der Türöffner zeigten sich durchaus unterschiedliche Ansätze innerhalb der Stakeholder-Gruppen. In der BIM-Arbeitsgruppe stand die unzureichende Wahrnehmung der Führungsrolle der öffentlichen Hand und die Anpassung von Regularien und Vertragsmodellen im Mittelpunkt der Diskussion. Im Ergebnis waren sich die Stakeholder dieser Gruppe einig, dass das Thema BIM einer stärkeren Beachtung der öffentlichen Hand bedarf. Entsprechend wurde die Bildung eines eigenständigen Referats zur Digitalisierung des Bauwesens als zentrale Handlungsempfehlung entwickelt. Zugleich wurde kritisch angemerkt, dass sich auch die Bauwirtschaft bewegen muss. In diesem Zusammenhang wurde auf die bestehende Wirtschaftsinitiative „planen-bauen 4.0“, als zentraler Ansprechpartner für die Politik, hingewiesen.

Im Zuge der Türöffnerdiskussion zum Thema ,,Optimierung des Eigenverbrauchs erneuerbarer Energien“ in der Arbeitsgruppe „Steigerung Systemdienlichkeit & Optimierung Eigenverbrauch“ bildete die Frage der Rolle des Smart Meters einen Schwerpunkt. Um die Nutzung von Mieterstrommodellen zu unterstützen, sollten diese Modelle nur in Kombination mit Stromspeichern gefördert werden. Grundsätzlich bietet die Entwicklung kostengünstiger Stromspeicher einen zentralen technologischen und wirtschaftlichen Hebel, um den Energieeigenverbrauch zu steigern.

Im Bereich „Steigerung Systemdienlichkeit & Wirtschaftlichkeit“ standen regulatorische, wirtschaftliche und technologische Türöffner im Zentrum der Überlegungen. Neben der Senkung der Stromsteuer und der Schaffung von finanziellen Anreizen für systemdienliches Verbrauchsverhalten wurden der weitere Glasfaserausbau als Voraussetzung zur Teilnahme an digitalen Geschäftsmodellen und der Smart Meter-Rollout als wichtige Türöffner benannt. Zugleich sollte die bestehende Regulierung überprüft und insofern angepasst werden, dass sich Geschäftsmodelle in diesem Themenkomplex entwickeln können. Zur Steigerung der Systemdienlichkeit erneuerbarer Wärmeanlagen wurde weiterer Know-how-Aufbau als notwendig erachtet.

Als besonders relevante Türöffner im Bereich „Transparenz & Steuerung“ wurde der Smart Meter und insbesondere der Smart Meter Gateway hervorgehoben, da dessen schnelle Verbreitung von der Arbeitsgruppe als entscheidend für die Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen angesehen wurde. In diesem Zusammenhang wurde auf die Notwendigkeit lastvariabler Stromtarife hingewiesen. Zugleich sollte der Smart Meter-Rollout alle Medien und nicht nur Strom berücksichtigen, um die Wirtschaftlichkeit von Transparenz- und Steuerungslösungen zu erhöhen. Als weitere zentrale Türöffner wurden eine grundlegende Regelung für den Umgang mit vertraulichen Daten, um vor allem Hemmnisse auf der Nutzerseite abzubauen, sowie ein einheitlicher Industriestandard und entsprechende Kommunikationsprotokolle benannt, um die Interoperabilität zu erhöhen. Und schließlich wurde auf die Notwendigkeit der Anpassung der Förderung zur Entwicklung von Geschäftsmodellen und die bessere Umsetzbarkeit geringinvestiver Maßnahmen durch eine Veränderung des regulatorischen Rahmens (Betriebs- und Heizkostenverordnung) hingewiesen.

7.2.2 Handlungsempfehlungen durch Teilnehmer

Im letzten Arbeitsschritt erarbeiteten die Teilnehmer in den Arbeitsgruppen auf die Politik fokussierte Handlungsempfehlungen, die anschließend im Plenum vorgestellt und durch alle Teilnehmer bewertet wurden.

Als essentielle Handlungsempfehlung zur Förderung des Einsatzes digitaler Tools bei der Planung und Realisierung von Gebäuden wurde die Schaffung eines eigenen Referats innerhalb eines Ministeriums mit entsprechenden Handlungsbefugnissen und Budget entwickelt. Mithilfe dieses Referats könnte – so die Argumentation der Stakeholder – die Standardentwicklung gefördert und begleitet, regulatorische Fragen geklärt sowie die Wissensvermittlung angeregt werden. Zugleich sollte der bereits beschlossene 10-Punkte-Plan der Reformkommission „Aktionsplan Großprojekte“ im Dialog mit der Bauwirtschaft umgesetzt sowie die Standardisierung vorangetrieben werden. Und schließlich bedarf es gerade praktischer Hilfestellung in der Umsetzung von BIM z.B. in Form von Leitfäden oder Musterverträgen, damit die Marktakteure zielgerichtet agieren können.

Im Bereich der stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien in Gebäuden war ebenfalls die Standardisierung eine zentrale Empfehlung. Außerdem wurde der Know-how-Aufbau mittels Förderungen der Qualifikation des Fachhandwerks als wichtiger Hebel benannt. Die dritte Empfehlung der Stakeholder bezog sich auf die Schaffung von Anreizen für systemdienliches Verbrauchsverhalten, die in dieser Form bislang nicht bestehen.

Die Stakeholdergruppe „Transparenz & Steuerung“ sieht die Beschleunigung des Smart Meter-Rollouts als zentrale Handlungsempfehlung an. Entsprechend sollte der Zeitplan des Rollouts angepasst und ein Förderprogramm entwickelt werden, welche Geschäftsmodelle abseits des Einbaus der Smart Meter anregt. Als dritte Empfehlung für den Smart Meter-Rollout wurde eine verstärkte Kommunikationsaktivität zum Ausdruck gebracht, die die freiwillige Smart Meter-Nutzung stärken soll. Die Entwicklung von Geschäftsmodellen in den Bereichen Transparenz und Steuerung basiert vor allem auf der Arbeit von Start-Ups, deren Geschäftsmodellentwicklung durch Förderung, Bürgschaften und Schaffung von Freiräumen (nach dem SINTEG-Vorbild) unterstützt werden sollte. Damit speziell geringinvestive Maßnahmen im Bereich der Transparenz stärker genutzt werden können, schlugen die Stakeholder eine Anpassung der Heiz- und Betriebskostenverordnung vor, die regulatorische und wirtschaftliche Hürden abbauen würde.

7.3 Zusammenfassung Stakeholder-Analyse und -workshop

Der Akteurskreis zum Thema Digitalisierung in Gebäuden ist aufgrund der Vielzahl an Themen und Aspekten unübersichtlich. Vor diesem Hintergrund hat sich die Stakeholder-Analyse mit den wichtigsten Stakeholdern in den zuvor bewerteten Anwendungsfällen auseinandergesetzt. Die Analyse bietet einen guten Überblick über den aktuellen Akteursstand und kann als Anknüpfungspunkt für die weitere Netzwerkbildung durch den Auftraggeber genutzt werden.

Im Zuge des Stakeholder-Workshops wurde deutlich, dass sich alle Teilnehmer eine höhere Geschwindigkeit im Bereich der Digitalisierung von Gebäuden wünschen und diesbezüglich die Vertreter der Wirtschaft und Politik im besonderen Maße gefordert sehen, sich bei den Themen Standardisie-

rung, Datenschutz und regulatorischer Rahmen stärker als bislang einzubringen. Zugleich wurde ein Großteil der im Arbeitspaket 2 erarbeiteten Hemmnisse und Lösungsansätze als valide eingestuft.

8 Handlungsempfehlungen

8.1 Übersicht Handlungsempfehlungen

Der Fokus der Handlungsempfehlungen liegt vor dem Hintergrund der gegebenen Aufgabenstellung auf den (Teil-)Aspekten der verschiedenen Anwendungsfälle, die sich für eine vertiefende fachliche Analyse eignen. Auch die Ergebnisse des Stakeholder-Workshops werden hierbei miteinbezogen, so dass sich die Empfehlungen nicht ausschließlich auf mögliche vertiefende Analysen, sondern auch auf mögliche Maßnahmen beziehen.

Drei Themen können diesbezüglich hervorgehoben werden, die in allen Anwendungsfällen von Bedeutung sind und daher an dieser Stelle in Kurzform dargestellt werden (spezifische Ansätze finden sich unter dem thematisch passenden Anwendungsfall):

- **Datenschutz und Datensicherheit:**

  Die Themen Digitalisierung und der Umgang mit Daten sind untrennbar miteinander verbunden und spielen folglich in allen Anwendungsfällen eine wichtige Rolle. Hier gilt es abzuwägen, inwiefern es notwendig ist, einen gesellschaftlichen Konsens im Umgang mit Daten anzustreben oder die Frage des Datenschutzes eher auf die Verbraucherebene bei konkreter Anwendung zu verlagern. So sind es Verbraucher durchaus gewohnt, beispielsweise bei der Nutzung von sozialen Medien oder beim Online-Handel, mit Datenschutzfragen konfrontiert zu werden. Die Preisgabe von Daten wird hier meist aufgrund des individuell als hoch eingestuften Nutzens als hinnehmbar akzeptiert. Eventuell könnten Datenschutzvorbehalte durch eine stärkere Kundenorientierung abgeschwächt oder über entsprechende transparente Informationsangebote gelöst werden. Unabhängig davon, welcher Weg hier eingeschlagen wird, ist ein bewusster Umgang mit dem Datenschutz und der Datensicherheit im Themenfeld Digitalisierung unumgänglich.

- **Smart Meter-Rollout:**

  Um die Digitalisierung im Gebäudebereich voranzutreiben, spielt die weitere Verbreitung intelligenter Messtechnik (Smart Meter) und des Smart Meter Gateway eine zentrale Rolle. Eine schnelle Verbreitung von Smart Metern ist wichtig für die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen in den Bereichen Transparenz, Steuerung und der Optimierung des Eigenverbrauchs, aber auch technologische Voraussetzung, um beispielsweise eine netzdienliche Steuerung zu ermöglichen. Neue Ansätze zur Beschleunigung des Rollouts sollten daher entwickelt und geprüft werden, inwieweit vor allem durch Förderungen weitere Anreize zum freiwilligen Einbau intelligenter Messtechnik gesetzt werden können.

  Zugleich müssen bei diesem Thema auch regulatorische Fragen insbesondere bezüglich der Ansprüche an die Datensicherheit berücksichtigt werden. Im Austausch mit den Stakeholdern sollte daher diskutiert werden, inwieweit ein Top-Down-Ansatz beispielsweise in Form der Ausweitung der BSI-Schutzprofile über den Messstellenbetrieb hinaus, sinnhaft ist. Dabei gilt es im Spannungsfeld „regulatorischer Rahmen“ versus „freier Entfaltung von Marktpotenzialen“ Lösungen zu finden, die die weitere Entwicklung von Geschäftsmodellen fördern und zugleich gewisse Mindeststandards beim Datenumgang sicherstellen. Denn ohne einen Zugriff auf die Messdaten werden sich Ge-

schäftsmodelle kaum entwickeln können. Aber auch den Stakeholdern ist klar, dass ohne Mindeststandards in Punkto Datensicherheit die Verbraucherakzeptanz nicht gesteigert werden kann. Entsprechend ist hier die Tendenz aus dem Stakeholderkreis erkennbar, dass eine gewisse Rahmensetzung durch den Bund notwendig ist. Dafür könnten beispielsweise über die Plattform „Smart Living“ entsprechende Sicherheitsprofile im Austausch von BSI und Marktakteuren entwickelt werden. Diese könnten dann wiederum in Form von Pilotprojekten in Modellregionen erprobt werden, um bei Bedarf notwendige Nachjustierungen vornehmen zu können.

Unabhängig davon, welcher Ansatz hier gewählt wird, muss allen Beteiligten klar sein: Weder das freie Spiel der Marktakteure noch eine einseitige Festlegung von Sicherheitsstandards durch die Politik führen zu nachhaltigen Geschäftsmodellen für den Umgang mit Energiedaten. Entsprechend wichtig ist hier die Implementierung von Dialogangeboten.

- **Aus-, Fort und Weiterbildung:**

  Die Digitalisierung beinhaltet eine Vielzahl von technologischen Innovationen, deren Anwendung entsprechende Fachkenntnisse erforderlich macht. Hier besteht grundsätzlicher Bedarf an zusätzlichen Aus-, Fort- und Weiterbildungen in allen untersuchten Anwendungsfällen. Hier sollte geprüft werden, inwieweit Digitalisierungsthemen in die bestehenden Lehr- und Ausbildungspläne integriert werden können und welche zusätzlichen Impulse im Bereich der universitären Ausbildung möglich sind, um die spezifischen Herausforderungen der Digitalisierung im Bildungsbereich direkt adressieren zu können.

8.1.1 Handlungsempfehlungen BIM

Im Bereich der Planung und der industriellen Sanierung von Gebäuden (Fokus: Geschosswohnungsbau und Nichtwohngebäude) erscheint, vor dem Hintergrund der erfolgten Recherche und des Austausches mit Experten und relevanten Stakeholdern, die Prüfung von Maßnahmen zur Schaffung BIM-fördernder Rahmenbedingungen sinnvoll und notwendig. Die bereits bestehenden Plattformen „planen – bauen 4.0“ oder „buildingSMART“ bieten hier gute Anknüpfungspunkte, um gemeinsam BIM-förderliche Rahmenbedingungen zu entwickeln. Insbesondere aus dem Kreis der Stakeholder kam der Hinweis, dass ein wichtiger Hebel zur Digitalisierung des Bauwesens in der stärkeren Akzentuierung digitaler Planungs- und Umsetzungstool durch die öffentliche Hand liege. Hierzu sollte geprüft werden, wie dies umgesetzt werden kann. Die Bauwirtschaft präferiert dazu beispielsweise die Schaffung eines eigenständigen Referats auf Bundesebene, welches mit entsprechenden Kompetenzen, Personal, Budget und Handlungsvollmacht ausgestattet sein sollte, um Themen wie Anpassung veralteter Regularien oder Standardisierung und Normierung im Dialog mit den Marktakteuren zu bearbeiten. Zugleich gilt es, die Vorbildrolle der öffentlichen Hand auch in diesem Themenfeld zu stärken, so dass beispielsweise BIM in der Planung nicht nur bei öffentlichen Ausschreibungen gefordert, sondern auch von der öffentlichen Hand selbst angewandt wird.

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld ist die Erprobung und Begleitung des Pilotvorhabens zur industriellen Sanierung, um die Entwicklung eines im Breitenmarkt anwendbaren Business-Cases zu unterstützen. Da es hierzu in Deutschland praktisch keine Erfahrungen gibt, konnten konkretere Handlungsempfehlungen nicht entwickelt werden. Zu prüfen ist allerdings, ob in der Pilotphase des indust-

riellen Sanierens die öffentliche Hand bzw. öffentliche Liegenschaftsbetreiber noch stärker als bislang als strategische Partner für die Weiterentwicklung des industriellen Sanierens aktiviert werden können.

Insgesamt erscheint eine Vielzahl an Hemmnissen in diesem Segment relativ leicht abbaubar. Der Schlüssel liegt in der stärkeren Verpflichtung zur BIM-Planung bei gleichzeitiger stärkerer Wahrnehmung der Vorbild- und Führungsrolle der öffentlichen Hand, um mehr Erfahrungen zu sammeln und zugleich notwendige Standardisierungen voranzutreiben. Dafür gilt es Maßnahmen zur finanziellen Anreizung von mit BIM geplanten oder mit BIM umgesetzten Projekten zu prüfen.

8.1.2 Handlungsempfehlungen Steigerung Systemdienlichkeit/Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Wärmeerzeugung

Um dem aktuellen Haupthemmnis - der derzeit fehlenden Wirtschaftlichkeit - einer systemdienlichen erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung entgegenzuwirken, müssten erhebliche marktregulatorische Maßnahmen mit schwer vorherzusagenden Konsequenzen ergriffen werden. Aufgrund der Komplexität und Dynamik des Energiesystems und der Rahmenbedingungen sowie des offensichtlichen Defizits an aktuellen diesbezüglichen Informationen wird empfohlen, zu den möglichen Maßnahmen, den Kosten sowie den daraus resultieren langfristigen Potenzialen und Risiken vertiefende Untersuchungen durchzuführen. Diese sollten auf der Grundlage zeitlich und räumlich hoch aufgelöster und validierter Simulationsmethoden durchgeführt werden und u.a. auch unterschiedliche Wärmespeicheroptionen - inklusive Langzeitspeicher - berücksichtigen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Simulationsrechnungen in der Regel vollständige Information voraussetzen. Angesichts der Dynamik der technischen Entwicklungen ist bei dem Design von Markteingriffen abzuwägen, ob sich Markteingriffe eher auf die Beseitigung von Hemmnissen beziehen und technologische Offenheit gewährleisten, oder eine wirtschaftliche Förderung beinhalten, die ausreichende Investitionsanreize zur Zielerreichung liefern. Erstgenannte Maßnahmen zielen darauf ab die variablen Preissignale des Großhandelsmarktes möglichst unverzerrt an Endkunden weiterzureichen. Zur Förderung von zeitvariablen Strompreisangeboten könnten die staatlich regulierten Preisbestandteile (Steuern, Abgaben, Umlagen (z.B. EEG), Entgelte) in ihrer Struktur angepasst werden. Dieser Ansatz wird bereits im Rahmen der Konkretisierung des Zielmodells (vgl. Weißbuch Strommarkt) verfolgt.

Wirtschaftliche Förderung der Anlageninvestitionen existieren bereits in Form des Marktanreizprogrammes. Zusätzliche investive Förderung der Systemintegration erscheint nicht erforderlich. Es ist zu erwarten, dass die regelungstechnischen Voraussetzungen zur Strommarktführung der Anlagen von den Herstellern geschaffen werden, wenn die Anreize des Strommarktes vorliegen.

Auf technologischer Ebene sollte dem zentralen Hemmnis der fehlenden Standardisierung von Steuerimpulsen begegnet werden. Um eine einheitliche Definition eines Steuersignals zur Fernsteuerung der stromverbrauchenden Erzeuger über den Smart Meter Gateway voranzutreiben, könnte im Dialog mit den Marktakteuren eine entsprechende Plattform initiiert werden. Die bestehenden Initiativen (SG ready, VHP ready) sollten dabei einbezogen werden.

Informatorische oder qualifizierende Maßnahmen, wie beispielsweise die Durchführung von Schulungen oder Veröffentlichung von Best-Practice-Beispielen werden in Ihrer Wirkung, im Verhältnis zu den zuvor beschriebenen Maßnahmen, als weniger wirkungsvoll eingeschätzt und sollten ggf. flankierend eingesetzt werden.

8.1.3 Handlungsempfehlungen Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien

Im Anwendungsfall Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien mit dem Fokus EFH/ZFH spielt die weitere technologische Entwicklung von Speichern eine Schlüsselrolle. Hier gilt es einerseits zu prüfen, ob gewisse Mindeststandards für die Leistungsfähigkeit, Langlebigkeit und Recycelbarkeit von Speichern einzuführen sind. Andererseits kann der Ausbau der Förderung bzw. die Weiterentwicklung der Förderung für Speicher mit dem Schwerpunkt auf Eigenheimbesitzern dazu beitragen, das Thema stärker bei der Zielgruppe zu verankern und den Einbau von Speichern anzureizen. Dazu bedarf es sicherlich auch weiterer Modellprojekte, die verschiedene Speicherformen und Verknüpfungen mit Smart Home-Anwendungen in der Praxis erproben.

Ab dem Jahr 2021 läuft für die ersten Altanlagen die EEG-Einspeisevergütung ab. Um das hohe Gesamtpotenzial zur Optimierung des Eigenverbrauchs ausschöpfen zu können, ist die Entwicklung von Konzepten notwendig, die Investitionen in die Optimierung der Eigenstromnutzung unter Beachtung der im Zweifel geringen Restlebensdauer der PV-Anlagen berücksichtigt.

Durch das neue Mieterstromgesetz ist der Mieterstrommarkt zwar attraktiver geworden, ohne eine Gleichstellung mit den Eigenversorgungsmodellen bleibt er aber deutlich hinter seinen Möglichkeiten. Deswegen ist eine weitere Förderung von Mieterstrom notwendig. So sollte beispielsweise die Ausweitung des potenziellen Kundenstamms auf das Wohnumfeld (Quartierslösung) geprüft werden.

Des weiteren gilt es zu prüfen, welche Bedeutung der Blockchain-Technologie beim verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden zukommen könnte (gilt gleichermaßen auch für die Anwendungsfälle Steigerung Systemdientlichkeit und Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung). Zwar ermöglicht die Blockchain-Technologie insbesondere eine Einbindung zahlreicher dezentraler Erzeugungsanlagen und begünstigt die Entstehung neuer digitaler Geschäftsmodelle. Diese fokussieren aber insbesondere Kosteneinsparungsaspekte. Die Frage, wie Blockchain-Anwendungen zur Effizienzsteiergung im Energiesystem beitragen können, ist hingegen noch weitgehend unbeantwortet. Hier sind weitere detaillierte Untersuchungen zum Blockchain-Beitrag zur Effizienzsteigerung notwendig.

Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass ein stärkerer Eigenverbrauch nicht ohne Konsequenzen für die systemische Nutzbarkeit dieser Anlagen und die bisherigen Umlagefinanzierungsmodelle möglich ist. Die Wechselwirkung zwischen Steuerbarkeit bzw. Netzdienlichkeit einerseits und der Förderung des Eigenverbrauchs sowie der Umlagefinanzierung erneuerbarer Energien andererseits muss entsprechend beachtet werden und bedarf weiterer Untersuchungen.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die Förderung des Eigenverbrauchs sowohl im GWB als auch in EFH/ZFH dazu führt, dass manche Verbraucher privilegiert sind. Konsumenten, die nicht die Möglichkeit haben Strom selber zu verbrauchen, tragen nach bisherigem Stand höhere Kosten. Darum sollte frühzeitig ein offener Diskurs angeregt durch den Bund erfolgen, um Lösungen zu finden.

8.1.4 Handlungsempfehlungen Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung

Aufgrund der hohen technischen Komplexität von digitalen Steuerungssystemen kommt realistisch als Anwendungsfall beim Thema Steuerung vor allem der Nichtwohngebäudebereich in Frage, wohinge-

gen Transparenzlösungen zur Steigerung der Energieeffizienz vor allem in EFH/ZFH und in GWB verstärkt relevant werden.

Es befindet sich am Markt eine Vielzahl an Lösungen sowohl für die Visualisierung von Energieverbräuchen als auch zur intelligenten Steuerung, die untereinander jedoch oft nicht kompatibel sind. Die fehlende Interoperabilität wird zum Teil von Herstellern sogar bewusst angestrebt, indem z.B. keine offenen Schnittstellen eingerichtet werden oder proprietäre Protokolle genutzt werden. Eine Standardisierung der Schnittstellen bzw. einheitliche Industriestandards für Kommunikationsprotokolle können die Interoperabilität von verschiedenen Lösungen erhöhen und so den Nutzern die Auswahl und Anwendung von intelligenter Mess- und Steuerungstechnik erleichtern.

Darüber hinaus werden die breite Einführung von Smart Meter und insbesondere von Smart Meter Gateway als wichtiger Schritt angesehen, um Energieeffizienz in Gebäuden zu steigern. Um die Wirtschaftlichkeit von Steuerungs- und Transparenzlösungen weiter zu erhöhen, sollte der Smart Meter Rollout jedoch auch die Möglichkeit Wärme-Erzeugungsanlagen mit einzubeziehen berücksichtigen. Eine schnelle Verbreitung von Smart Metern ist zudem bedeutend für die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen. Innovative Geschäftsmodelle werden benötigt um Akzeptanz oder sogar Begeisterung für Technologien durch die hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Jedoch fehlt es oft an finanziellen Mitteln, um innovative Geschäftsmodelle voranzutreiben. Hier wäre es wichtig, entsprechende Förderprogramme zur Verfügung zu stellen oder bestehende anzupassen.

Mit voranschreitender Digitalisierung im Gebäudebereich steigt auch die Sorge von Anwendern über den Umgang mit Nutzerdaten. Dies wurde während des Stakeholder Workshops besonders seitens der Wohnungswirtschaft betont. Globale Regelungen zum Umgang mit vertraulichen Daten wären wichtig um die Befürchtungen der Anwender abzumildern.

Besonders in GWB, aber auch in NWG, stellt das klassische Nutzer-Investoren-Dilemma ein großes Problem dar. Aufgrund der unklaren Amortisation bieten weder aus Sicht von Mietern noch von Eigenheimbesitzern oder Investoren entsprechende Produkte derzeit attraktive Anreize für Investitionen. Eine bessere Kostentransparenz, neue Geschäftsmodelle und/oder die Möglichkeit, Visualisierungstechnologie als auf Kaltmiete umlegbare Wohnwertverbesserung (bei Sicherstellung von Warmmietenneutralität) anzusehen, wären denkbare Ansätze, um das Dilemma anzugehen.

Weiterhin besteht Handlungsbedarf hinsichtlich einer breiteren technischen Aus- und Weiterbildung. Fehlende Fachkenntnisse von Planern und Architekten, aber auch von Installateuren bzw. Handwerkern, und fehlendes Wissen über den Markt und Möglichkeiten stellen ein Hindernis für die Verbreitung von intelligenter Mess- und Steuerungstechnik dar.

8.2 Priorisierung Handlungsempfehlungen

Die Priorisierung der im Unterkapitel genannten Empfehlungen ergibt sich aus der in Kapitel 6 durchgeführten Hemmnis- und Türöffneranalyse. Hierbei werden nur die als besonders relevant erachteten Empfehlungen aufgeführt, d.h. Maßnahmen und Ansätze, die einen besonderen Beitrag zur Überwindung von Hemmnissen oder zur Schließung von Lückenleisten können.

8.2.1 Zentrale Handlungsempfehlungen: BIM-Planung und BIM-Realisierung

- **Vorbildrolle der öffentlichen Hand:**

  Von Seiten der Marktakteure wird als besonders relevant erachtet, dass die öffentliche Hand ihre Führungsrolle im Bereich BIM-Planung wahrnimmt. Dies gilt sowohl für die Anwendung der BIM-Planung in öffentlichen Gebäuden als auch für die Ausschreibung öffentlicher Aufträge.

- **Entwicklung BIM förderlicher Rahmenbedingung:**

  Als Ausgangspunkt für BIM förderliche Rahmenbedingungen können bereits bestehende Plattformen wie „planen – bauen 4.0“ oder „buildingSMART“ dienen. Ein konkretes Eingreifen der öffentlichen Hand bei der Erstellung eines Planungs- und Umsetzungstools stellt hierbei nach Ansicht der Stakeholder einen großen Hebel dar. So könnte der Bund im Dialog mit Ländern und kommunalen Spitzenvertretern prüfen, welche regulatorischen Grundlagen im Bauwesen zu schaffen sind, um das digitale Bauen zu unterstützen. Dies bezieht sich sowohl auf Regelungen, die nicht mehr zeitgemäß sind oder sich als hinderlich erwiesen haben, als auch auf Regelungslücken. Ein konkretes Beispiel hierfür ist der digitale Bauantrag. Zugleich sollte geprüft werden, inwieweit der Bund die notwendige nationale und insbesondere internationale Normungsarbeit aktiv unterstützten kann. Es ist davon auszugehen, dass bundesländerspezifische Regelungen und Ansätze eine eher hemmende Wirkung entfalten, da das Bauwesen trotz der KMU-geprägten Strukturen länderübergreifend aktiv ist.

  Inwiefern dafür die Schaffung eines eigenständigen Referats auf Bundesebene in einem Ministerium oder einer Bündelung von Kompetenzen in einer nachgelagerten Behörde (wie beispielsweise dem Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) notwendig ist, kann an dieser Stelle nicht bewertet werden. Festzuhalten ist aber durchaus eine gewisse Erwartungshaltung der Bauwirtschaft hinsichtlich einer zentralen Steuerung durch die öffentliche Hand.

- **Weitere Erfahrung bei der Umsetzung BIM-Realisierung in Deutschland sammeln:**

  Aufgrund der bislang geringen Erfahrungen im Bereich BIM-Realisierung gilt es weiteres Know-how aufzubauen und die Entwicklung des seit Jahresanfang begonnenen Projekts zur industriellen Sanierung (Energiesprong Deutschland) im Blick zu behalten. Wo möglich sollte das Projekt durch die öffentliche Hand unterstützt werden, so zum Beispiel indem öffentliche Liegenschaftsbetreiber, die sich am Projekt beteiligen, eine besondere Förderung erhalten. Oder indem mögliche regulatorische Hemmnisse im Bereich des Bau- und Bauordnungsrecht einer Prüfung unterzogen oder sogar während der Modellphase ausgesetzt werden können.

8.2.2 Zentrale Handlungsempfehlungen: Steigerung Systemdienlichkeit/Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Wärmeerzeugung

- **Vertiefende Untersuchungen zur genaueren Identifizierung der Potenziale und Risiken von möglichen Maßnahmen zur Förderung einer systemdienlichen Wärmeerzeugung:**

  Um vor dem Hintergrund der Komplexität und Dynamik des Energiesystems das bestehende Defizit an aktuellen Informationen zu langfristigen Potenzialen, Kosten und Risiken möglicher Maßnahmen zur Förderung einer systemdienlichen Wärmeerzeugung zu beseitigen, sind vertiefende Untersu-

chungen notwendig. Diese sollten auf der Grundlage von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten validierten Simulationsmethoden durchgeführt werden und insbesondere auch unterschiedliche Wärmespeicher- und Wärmeerzeugeroptionen -inklusive Langzeitspeichern und hybriden Heizsystemen, die Wärme mittels Strom oder einem alternativen Energieträger erzeugen können (z.B. Hybridwärmepumpen) - berücksichtigen.

Unter Abwägung des Kosten/Nutzen/Risiko-Verhältnisses im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen können darauf aufbauend geeignete Maßnahmen zur Förderung einer systemdienlicheren Wärmeerzeugung ergriffen werden, die zu einem erhöhten Anteil erneuerbarer Energien im Energiesystem beiträgt.

- **Finanzielle Anreize für systemdienlichen Anlagenbetrieb:**

  Ein systemdienlicher Anlagenbetrieb setzt zunächst die Flexibilität der Anlagen aus technischer Sicht voraus. Weiterhin müssen Preissignale, die systemdienliches Verhalten steuern, an die Anlagen weitergereicht werden können und ausreichend groß sein.

  Konkret heißt dies: Die Wirkung der Systemdienlichkeit von Heizungssystemen ist im Wesentlichen abhängig von der technischen Flexibilität. Diese kann zum einen durch die Größe des Wärmespeicherpotenzials, zum anderen durch hybride Heizsysteme verbessert werden. Aufbauend auf den Ergebnissen der vertiefenden Potenzialstudie könnten ggf. Förderprogramme für geeignete Wärmespeicher und/oder hybride Wärmeerzeugungssysteme optimiert werden.

  Damit erneuerbare Wärmeerzeugungsanlagen in Zukunft einen Beitrag zum Energiesystem leisten können, sind entsprechende Anreize für ein systemdienliches Verhalten erforderlich. Dabei gilt es insbesondere zu untersuchen, welche Rolle welche Preissignale spielen können und wie diese Preissignale des Großhandelsmarktes möglichst unverzerrt an Endkunden weitergereicht werden können. Zur Förderung von zeitvariablen Strompreisangeboten könnten die staatlich regulierten Preisbestandteile in ihrer Struktur angepasst werden. Dieser Ansatz wird bereits im Rahmen der Konkretisierung des Zielmodells (vgl. Weißbuch Strommarkt) verfolgt. Weitere Signale können im Bereich der Netzentgelte und des Steuer- und Umlagewesens liegen und sollten entsprechend einer Prüfung unterzogen werden.

  Neben den Preissignalen des Großhandelsmarktes können weitere Preissignale relevant werden, die die Bereitstellung von lokaler Flexibilität belohnen. Bereits heute wird durch die Regelungen des §14a EnWG die Unterbrechbarkeit von Verbrauchseinrichtungen durch reduzierte Netzentgelte belohnt. Diese Regelung könnte fortentwickelt werden, um netz- und markt- bzw. systemseitige Anforderungen zu integrieren. Es ist erforderlich, dass Netzbetreiber die aus Netzsicht erforderlichen Eingriffe durchführen können während die von ihm nicht benötigte Flexibilität der Marktseite weiter zur Verfügung steht. Die Vergütung der Flexibilität aus beiden Quellen sollte den Anlagen zur Verfügung stehen.

  Da die finanziellen Anreize derzeit nicht ausreichen, um Investitionen zu ermöglichen, könnte eine Sonderförderung in ausgewählten Netzbereichen ebenfalls ein Ansatzpunkt sein, um verschiedene Anreize in der Praxis auf ihre Tauglichkeit zu überprüfen.

- **Standardisierung Smart Meter-tauglicher Steuerboxen:**

  Da die fehlende Standardisierung von Steuerimpulsen als ein zentrales Hemmnis im technologischen Bereich identifiziert wurde, empfiehlt es sich die Entwicklung von Smart Meter Gateway-kompatibler Steuerboxen voranzutreiben. Dafür muss unter anderem die Definition eines (wahrscheinlich strompreisabhängigen) Steuersignals zur Fernsteuerung der stromverbrauchenden Erzeuger über den Smart Meter Gateway erfolgen. Hierfür könnte beispielsweise im Dialog mit den Marktakteuren eine entsprechende Plattform initiiert werden, um die Standardisierung von Steuerimpulsen voranzutreiben.

- **Smart Meter-Rollout forcieren:**

  Der Smart Meter-Rollout ist ein zentraler technologischer Türöffner in diesem Anwendungsfall, so dass geprüft werden sollte, inwiefern der Rollout beschleunigt werden kann oder gerade bei kleineren Erzeugungsanlagen über entsprechende Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen oder spezielle Förderungen angereizt werden kann.

8.2.3 Zentrale Handlungsempfehlungen: Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien

- **Förderansätze für Speichereinsatz entwickeln:**

  Für eine stärkere Optimierung des Eigenverbrauchs erneuerbarer Energien spielen Speicher eine entscheidende Rolle. Hierbei sind einerseits technologische Fragestellungen zur Leistungsfähigkeit, Langlebigkeit und Recycelbarkeit von Speichern zu beachten. Andererseits sollten die bisherigen Förderansätze hinsichtlich der Markttauglichkeit und möglicher Förderlücken überprüft oder auch neue Förderwege beispielsweise in Form steuerlicher Anreize beschritten werden. Diese neuen Förderansätze könnten dann wiederum in verschiedenen Modellregionen getestet und so die Programme herausgearbeitet werden, die für die Zielgruppe der Ein- und Zweifamilienhäuser besonders relevant sind. Dabei sind Anknüpfungspunkte mit Smart Home-Anwendungen zu beachten und in der Praxis zu erproben.

- **Einführung von Qualitätssicherungssysteme für Transparenzsteigerung prüfen:**

  Zusätzlich zur Notwendigkeit der Entwicklung kostengünstiger Speicher empfiehlt es sich zu erwägen, welche Rolle die Einführung von Qualitätssicherungssystemen für Speichertechnologien spielen kann. Bislang halten sich Verbraucher bei der Speichernutzung auch deshalb zurück, weil Markt und Anbieterstruktur unüberschaubar sind. Analog zur finanziellen Förderung von Wärmepumpen mit nachgewiesenen Eigenschaften durch das BAFA, könnten durch den Bund gezielt Speicher gefördert werden, die gewisse technische Voraussetzungen erfüllen. Maßnahmen zur Steigerung der Markttransparenz müssen dabei aber nicht zwangsläufig durch den Bund erfolgen, sondern können auch durch die beteiligten Marktakteure entwickelt werden. Der Bund könnte hier als Plattformbetreiber auftreten, um den Prozess zu begleiten und zugleich mögliche regulatorische Maßnahmen in diesem Rahmen mit betrachten zu können.

- **Diskurs und Aufklärungsarbeit zu vernetzen Systemen:**

  Datensicherheit spielt in Deutschland traditionell eine wichtige Rolle. Entsprechend gilt es nicht nur Forschung und Entwicklung von Standards zur Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes bei entsprechenden Smart Home Lösungen zu fördern, sondern zugleich auch einen Diskurs über die Rolle von Datenschutz und Datensicherheit in einer digitalisierten Welt zu eröffnen. Dies muss einhergehen mit einer ausführlichen Aufklärungsarbeit über die Vor- und Nachteile vernetzter Systeme. Der Verbraucher muss in die Lage versetzt werden im Einzelfall zu entscheiden, ob mögliche Risiken vernetzter Systeme auf Grund sonstiger Vorteile, wie z.B. verbesserte Optimierungen oder Komfortsteigerungen, in Kauf genommen werden oder eine Insellösung präferiert wird.

- **Eigenverbrauchsoptimierung bei Altanlagen fördern:**

  Mit dem Auslaufen der EEG-Vergütung bei PV-Anlagen nach 20 Jahren Betriebszeit (Altanlagen) wird der Eigenstromverbrauch im Vergleich zur Einspeisung in das Netz deutlich interessanter für die Anlagenbetreiber werden. Zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs sollte die Installation eines Batteriespeichers evaluiert werden. Bestehende Förderprogramme für Stromspeicher schließen Altanlagen bisher jedoch meist aus. Es gilt daher zu prüfen, ob eine Ausweitung der Förderprogramme auch auf Altanlagen sinnvoll ist. Gerade bei Altanlagen ist eine nachträgliche Einbindung von Speichern und Smart-Home Anwendungen oft schwieriger bzw. teurer als bei Neuanlagen. Es sind bereits erste Ansätze zum Nachrüsten von Altanlagen auch im Zusammenhang mit Repowering vorhanden. Die Entwicklung von kostengünstigen Komponenten zur Nachrüstung sowie von Konzepten zur Eigeneverbrauchsoptimierung speziell bei Altanlagen sollten durch Pilotprojekte getestet werden. Ebenso sollten Besitzer von Altanlagen rechtzeitig vor dem Auslaufen der EEG-Vergütung über Maßnahmen zur Eigenstromoptimierung informiert werden.

- **Mieterstrom stärken:**

  Um die Potenziale des Mieterstrommarktes vollständig zu erschließen, ist es notwendig weitere Anreize für Mieterstrom zu entwickeln. Eine Möglichkeit stellt hierbei die regulatorische Gleichstellung bzw. eine weitere Angleichung von Mieterstrom und Eigenversorgung in Bezug auf die Steuervergünstigungen dar. Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die Schaffung von regulatorischen Anreizen für Wohnungsgesellschaften, die aktuell noch ihre gewerbesteuerliche Privilegien verlieren, wenn sie als Mieterstromanbieter auftreten wollen. Eine Ausweitung des möglichen Kundenstamms für den Mieterstromanbieter durch eine direkte Vermarktung des Stroms im Wohnumfeld (Quartierslösung) über den „unmittelbaren räumlichen Zusammenhang“ hinaus könnte ein weiterer Anreiz sein. Zur Vermeidung einer unscharfen räumlichen Abgrenzung könnte z.B. auch eine Beschränkung auf eine bestimmte Anlagengröße erfolgen. Für die meisten Türöffner ist ein offener Diskurs zwischen den verschiedenen Stakeholdern (Netzbetreiber, Mieterstromanbieter, Prosumern, Konsumenten ohne PV-Anlage) notwendig, dieser sollte durch den Bund organisiert und geführt werden.

8.2.4 Zentrale Handlungsempfehlungen: Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung

- **Interoperabilität von Transparenztechnologien sicherstellen:**

  Um die Zurückhaltung der Verbraucher beim Einsatz von Transparenz- oder Steuerungstechnologie zu überwinden, gilt es die Kommunikation der Geräte verschiedener Anbieter interoperabel zu gestalten, um eine Standard-unabhängige Nutzung und Nachrüstung zu ermöglichen. Der Bund könnte dies durch stärkere Marktbegleitung beispielsweise unter Nutzung der Plattform Smart Living anregen. Es ist zu befürchten, dass ansonsten Marktakteure weiterhin versuchen ihre individuellen Systeme durchzusetzen. Gegebenenfalls ist zu prüfen, ob durch das Bundesamt für Sicherheit der Informationstechnologie (BSI) Standards zu entwickeln sind, die zugleich im Blick behalten, dass Smart Home und Smart Meter-Daten stärker zusammenwachsen werden.

- **Nachhaltiger Smart Meter-Rollout:**

  Smart Meter und insbesondere der Smart Meter Gateway sind als wichtige Türöffner sowohl im Bereich Transparenz als auch im Bereich Steuerung anzusehen. Entsprechend sollte überprüft werden, ob der Rollout durch eine Anpassung des Zeitplans für kleinere Verbraucher beschleunigt werden kann. Zugleich sollten weitere Pilotvorhaben, insbesondere im Bereich der Wohnungswirtschaft und der Nichtwohngebäude, angeregt und umgesetzt werden, die über die aktuell geltenden Anforderungen hinaus gehen und auf freiwilliger Basis auf Smart-Meter setzen. Basierend auf den Auswertungen bestehender und weiter zu entwickelnder Modellprojekte sind die dort gemachten Erfahrungen breit gegenüber den Verbrauchern zu kommunizieren, beispielsweise über die BMWi-Plattform „Deutschland Macht‘s Effizient“. Damit könnten Verbraucher angeregt werden freiwillig auf Smart Meter umzusteigen und so den Rollout zu unterstützen.

- **Einführung einer Transparenz-Verpflichtung für Wärme-Erzeugungsanlagen:**

  Der Gesetzgeber sollte prüfen, ob die im Entwurf des Gebäude-Energie-Gesetzes für Wärmepumpen vorgesehene Verpflichtung zum Performance Monitoring nicht auf weitere Anlagen ausgeweitet werden kann. Es ist zu erwarten, dass durch die Anzeige der Betriebseffizienz von Solaranlagen, Brennwertheizungen und Energiespeichersystemen Effizienzgewinne erzielt werden können. Im Bereich der Standardsetzung für Smart Meter sollte die Wärme stets mit berücksichtigt werden, indem zunächst entsprechende offene Schnittstellen geschaffen werden. Damit könnten Vorteile, die der Smart Meter bzw. das Smart Meter Gateway mit sich bringen, über den Strombereich hinaus ausgeschöpft werden.

- **Sicherstellung des vertraulichen Umgangs mit Daten:**

  Die aktive Nutzung von Transparenzangeboten und der Einbau von Steuersystemen hängen entscheidend vom Vertrauen der Nutzer in einen verantwortungsbewussten Umgang mit den Daten ab. Um dies sicherzustellen, gibt es verschiedene Ansätze: So können regulatorische Maßnahmen im Bereich Datenschutz und Datensicherheit in den Blick genommen werden, die den individuellen Datenschutzanspruch abmildern und zugleich die Datennutzer zur Einhaltung von hohen Standards verpflichten. Eine entsprechende Standardisierung und Kennzeichnung bzw. Zertifizierung wäre ein mögliches Ziel dieses Ansatzes. Da nicht auszuschließen ist, dass in Deutschland erzeugte Daten

zum Teil auch im Ausland verarbeitet und genutzt werden, wären globalere oder zumindest europaweite Datenschutzstandards erstrebenswert.

Außerdem könnten bei Lösungen, die allein der Transparenz dienen oder ohne die Nutzung erneuerbarer Energien funktionieren, auch Insellösungen in Frage kommen, deren Nutzbarkeit durch Pilotprojekte zu überprüfen ist. Bei diesen Lösungen blieben die Daten im Gebäude oder in der Wohnung.

- **Kostengünstige Steuerungsanlagen fördern:**

  Gerade im Bereich des Geschosswohnungsbaus ist ein nachträglicher Einbau digitaler Mess- und Steuertechnik häufig aus Kostengründen kaum möglich. Dazu gibt es erste Ansätze zur Entwicklung von digitalen Komponenten, die zu vergleichsweise geringen Kosten nachgerüstet werden können und gleichermaßen die Funktionen Messen, Steuern und Kommunizieren ermöglichen. Solche Angebote sind über spezielle Förderanreize, Forschung und Entwicklung (die über die NILM-Technologie hinausgeht) und Pilotprojekte weiter auszubauen bzw. auf ihre Praxistauglichkeit zu testen. Diese Erfahrungen können wiederum für die Herausforderungen im Bereich Datenschutz und Schaffung einer interoperablen Gerätekommunikation genutzt werden.

- **Prüfung der Umlagefähigkeit geringinvestiver Transparenzmaßnahmen:**

  BMWi und BMUB sollten gemeinsam und im Austausch mit Wohnungswirtschaft und Mieterverbänden prüfen, ob durch eine Anpassung der Heiz- und Betriebskostenverordnung günstigere Bedingungen für die Umsetzung geringinvestiver Maßnahmen im Geschosswohnungsbau geschaffen werden können. Bislang können Transparenzinvestitionen nicht auf die Nutzer umgelegt werden, so dass deren Einsatz bislang nur in Pilotprojekten und in Einzelfällen erfolgt.

- **Förderung spezifizieren und Geschäftsmodelle fördern:**

  Eine Vielzahl von Geschäftsmodellen im Bereich Transparenz und Steuerung werden von Start-Ups entwickelt. Diese haben häufig mit fehlenden finanziellen Mitteln zu kämpfen, sind zugleich aber in der Lage für digitale Chancen und Herausforderungen neue Lösungen zu entwickeln. Es gilt daher zu prüfen, welche Rolle spezielle Förderungen oder der Zugang zu vereinfachten Bürgschaftsverfahren spielen können und welche Freiräume in geförderten Pilotprojekten geschaffen werden können. Darüber hinaus sollten die bestehenden Förderprogramme, wie zum Beispiel das Pilotprogramm Einsparzähler, dahingehend überprüft werden, welchen Beitrag sie zur Überwindung der Wirtschaftlichkeitslücke leisten können bzw. inwiefern sie Investitionshürden abbauen können.

9 Fazit

Die vorliegende Studie leistet einen Beitrag zur Abschätzung der Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien durch digitale Anwendungen und Dienstleistungen.

Dabei muss die große Heterogenität der in der Studie untersuchten Anwendungsfälle beachtet werden. Diese reichte von Fällen, die sich erst in der Entwicklung befinden, also mit nur begrenzten Erfahrungen oder Marktangeboten, bis hin zu Fällen mit einer Vielzahl an Marktakteuren und Angeboten. Die Untersuchung kann daher nur einen Teil der Digitalisierungsansätze untersuchen und bewerten. So wurde beispielsweise aufgrund der vorgegebenen Fragestellung die Bedeutung von Big Data-Analysen nicht betrachtet.

Dennoch kommt die Studie zu wichtigen Ergebnissen, die sich insbesondere auf folgende Parameter beziehen: Potenzialabschätzung digitaler Angebote, Hemmnisbeschreibung und -bewertung sowie Dokumentation von Türöffnern im jeweiligen Anwendungsfall. Besonders erfolgsversprechend erscheint dabei die weitere Betrachtung der durch BIM erschließbaren Potenziale sowie der am Markt befindlichen Angebote zur effizienten Steuerung. Auch der Transparenzbereich verdient eine nähere Betrachtung, die aber stärker den kundenorientierten Angeboten unter Beachtung sozio-psychologischer Fragestellungen gewidmet werden sollte.

Da der gesamte Digitalisierungsmarkt von einer hohen Dynamik geprägt ist und Deutschland aufgrund seiner energiewendeorientierten Zielsetzung einem hohen Umsetzungs- bzw. Lösungsdruck unterliegt, stehen die Chancen gut, dass Hemmnisse relativ schnell überwunden werden können. Da dies kein Automatismus ist, sollte sich die Politik und die Wirtschaft ihrer jeweiligen Rolle und den damit verbundenen Aufgaben bewusst werden und insbesondere die Politik eine steuernde Führungsrolle annehmen. Es gilt hier Lösungen zu entwickeln, die dank ausgewogener Rahmenbedingungen einen Mehrwert für Wirtschaft und Gesellschaft bieten. In diesem Spannungsfeld ist insbesondere die Neuregelung von datenschutzrechtlichen Fragestellungen zu sehen. Dies kann nur im Dialog mit den Marktakteuren und gesellschaftlichen Gruppen gelingen, wozu der Stakeholder-Workshop einen ersten Anknüpfungspunkt geliefert hat, der verstetigt werden sollte.

Die Digitalisierung wird das deutsche Energiesystem und die Art und Weise, wie Produzenten und Konsumenten mit Energie umgehen, nachhaltig verändern. Dafür müssen gerade im Gebäudesektor zeitnah die richtigen Weichen gestellt werden. Das einzelne Gebäude kann dabei zur zentralen Schnittstelle für das Ausprobieren und die Umsetzungen digitaler Angebote werden und damit einen Beitrag zur Wärmewende und Sektorkopplung leisten.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswahl von zwölf sinnvollen Kombinationen aus 18 möglichen Anwendungsfällen zur groben Abschätzung ihrer Potenziale 14

Abbildung 2: Ergebnis der Bewertung der 12 Anwendungsfälle anhand verschiedener Indikatoren 41

Abbildung 3: Auswahl von sechs Anwendungsfällen zur näheren Betrachtung 42

Abbildung 4 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall "Planung und industrielle Sanierung mit BIM" im Bereich GWB 43

Abbildung 5 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall "Planung und industrielle Sanierung mit BIM" im Bereich GWB 44

Abbildung 6 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB 47

Abbildung 7 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit“ im Bereich NWG und GWB 48

Abbildung 8 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall "Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbare Energie" im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom) 50

Abbildung 9 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall "Optimierung Eigenverbrauch Erneuerbare Energien" im Bereich EFH/ZFH mit Blick auf GWB (Mieterstrom) 51

Abbildung 10 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB 56

Abbildung 11 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Transparenz“ im Bereich EFH/ZFH und GWB 57

Abbildung 12 Hemmnismatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG 59

Abbildung 13 Türöffnermatrix für den Anwendungsfall „Steigerung der Energieeffizienz durch Steuerung“ im Bereich NWG 60

11 Übersicht Expertengespräche

- Hanno Balzer, Prokurist/Leiter Geschäftsentwicklung, Vattenfall Europe Wärme AG
- Martin Beer, Partner, SCS Hohmeyer | Partner GmbH
- Uwe Bigalke, Projektleiter, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
- Dr. Severin Beucker, Gründer und Gesellschafter, Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
- Prof. Dr. Bernd Engel, Institutsleiter, Technische Universität Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen
- Paul-Günter Frank, Dipl. Ing., Architekturbüro Frank
- Pieter Jan Heitz, Director Export, Plugwise BV (NL)
- Johanna Kardel, Referentin Team Energie & Bauen, Verbraucherzentrale Bundesverband e. V.
- Sandra Klein, Produktmanagerin Marketing, ista Deutschland GmbH
- Michael Koch, Leiter Politik, Stellvertretender Geschäftsführer, Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
- Dominik Martel, Senior Manager / Rechtsanwalt, PwC Legal
- Dr. Manfred Riedel, Geschäftsführer, Dr. Riedel Automatisierungstechnik GmbH
- Dr. Georg Riegel, Geschäftsführer, deZem GmbH
- Dr. Ingrid Vogler, Referentin Energie, Technik, Normung, GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V.
- Dr. Gerd vom Bögel, Geschäftsfeldleiter „Wireless & Transponder Systems“, Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS
- Hanna Wegerich, Technical Sales Manager, smartB Energy Management GmbH
- Prof. Dipl.-Inf. Birgit Wilkes, Leiterin des Instituts für Gebäudetelematik am Technologie- & Weiterbildungszentrum, Technische Hochschule Wildau
- Carsten Wissing, Business Development Manager, BTC AG

12 Literatur- und Quellenverzeichnis

Afsari, Kereshmeh (2012): Building Information Modelling in Concept Design Stage

Agsten et al. (2012): Abschlussbericht eTelligence: http://www.e-energie.pt-dlr.de/documents/eTelligence_Projektbericht_2012.pdf

Almasolar (ohne Jahr): Mercedes-Benz Energy 5kWh Energiespeicher Batterie: https://www.alma-solarshop.de/mercedes-benz-energiespeicher-batterie/963-mercedes-benz-energy-5kwh-energiespeicher-batterie.html?gclid=CPHzqLCc-dMCFU0aGwodLHoFKQ.com [Zugriff am 18. Mai 2017]

Allison, Harry / Black, Walter / Cukrow, Michael / Harrison, Kevin / Hutchins, Todd / McNell, David / Sherred, Casey / Shirley, Max / Singh, Roneel / Wilts, David (nach 2010): Building Information Modeling: https://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/Brochure_BIM.pdf

Aranda-Mena, Guillermo / Chevez, Agustin / Crawford, John / Froese, Thomas (2008): Building Information Modelling Demystified: Does it make business sense to adopt BIM?, International Conference on Information Technology in Construction, Santiago de Chile, Online: http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB16853.pdf

Autodesk (2012): Rising to new heights with BIM: http://csd.ru/inc/bim/shnghai_tower_construction_and_development_customer_story.pdf [Zugriff am 08. Mai 2017]

Autodesk (2013): Green Building Studio: https://gbs.autodesk.com/GBS/ [Zugriff am 09. Mai 2017]

Badeda, Julia / Haberschusz, David / Kairies, Kai Philipp / Magnor, Dirk / Sauer, Dirk Uwe / Strebel, Jan / van Ouwerkerk, Jonas / Wessels, Oliver (2016): Wissenschaftliches Mess- und Evalierungsprogramm Solarstromspeicher Jahresbericht 2016: http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2016_Kairies_web.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

Balser, Andreas / Hesse, Anja / Luh, Andre / Willborn, Stella (nach 2014): Studie zur Wirtschaftlichkeit von gewerblichen Eigenverbrauchssolaranlagen in Deutschland, Italien und der Türkei: http://www.recgroup.com/sites/default/files/documents/study_self_consumption_report_de_it_tk_web_20140317.pdf [Zugriff am 17. Mai 2017]

Bauen Digital Schweiz (2016): Schweizer BIM Kongress 2016 Rückblick: http://www.bauen-digital.ch/assets/Downloads/free4all/Rueckblick-BIM-Kongress.pdf

BDU (2016): Think Tank - Achtung Baustelle: http://www.bdu.de/media/239351/thinktank-bauwirtschaft.pdf

Becker, Martin / Knoll, Peter (2011): Energieeffizienz durch Gebäudeautomation mit Bezug zur DIN V 18599 und DIN EN 1523: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Elektroinstallationssysteme/Studie_Energieeffizienz_durch_Gebaeudeautomation/Kurzfassung-ZVEI-Studie-Energieeffizienz-durch-Gebaeudeautomation.pdf

Boos Hummel & Wegerich / Prognos (2017): Mieterstrom Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM): http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/schlussbericht-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=10 [Zugriff am 17. Mai 2017]

Borrmann et al. (2015): Building Information Modeling

Brand, Martin J. / Horsche, Max F. / Jossen, Andreas / Mayer, Tobias / Parschkoff, Waldemar / Sandurkov, Bojan / Schuster, Simon F. (2015): Evaluierung der Weiterverwendung gebrauchter Lithiumionen-Zellen aus Elektromobilität und Marktübersicht Hausbatterien: http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user_upload/Forschung/Effizienzhaus_Plus/Forschung/Begleitforschung_EPmE/07__Abschlussbericht_Evaluation_der_Batterien.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

Braun, Steffen / Köhler-Hammer, Carmen / Rieck, Alexander (2015): Ergebnisse der BIM-Studie für Planer und Ausführende Digitale Planungs- und Fertigungsmethoden: http://www.detail.de/fileadmin/uploads/BIM-Studie_CKH__150706.pdf [Zugriff am 08. Mai 2017]

Büchner, Jens / Dierkes, Sebasation / Flörcken, Ole / Katzfey, Jörg / Moser, Albert / Schuster, Henning / Uslar, Matthias / van Amelsvoort, Marie / van Leeuwen, Tobias / Verheggen, Lukas (2014): Moderne Verteilernetze für Deutschland“ (Verteilernetzstudie): https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/verteilernetzstudie.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Zugriff am 27. April 2017]

buildingSMART (ohne Jahr): Standards: http://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards [Zugriff am 08. Mai 2017]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (nach 2016): Digitales Planen und Bauen – Stufenplan zur Einführung von Building Information Modeling (BIM): https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html?nn=12830 [Zugriff am 08. Mai 2017]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Masterplan Bauen 4.0 vorgelegt: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2017/009-dobrindt-bim-gipfel.html [Zugriff am 08. Mai 2017]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017): Mit der Förderung von Mieterstrom bringen wir die Energiewende in die Städte und beteiligen die Mieter an der Energiewende: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170426-zypries-mit-der-foerderung-von-mieterstrom-bringen-wir-die-energiewende-in-die-staedte-und-beteiligen-die-mieter-an-der-energiewende.html [Zugriff am 18. Mai 2017]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Eckpunktepapier Mieterstrom (2017): https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkte-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v= [Zugriff am 17. Mai 2017]

Bundesregierung (2017), Entwurf eines Gesetzes zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes: http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwurf-mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [Zugriff am 17. Mai 2017]

Bundesverband Deutscher Unternehmensberater (2016): Achtung Baustelle!: http://www.bdu.de/media/239351/thinktank-bauwirtschaft.pdf

Bundesverband Wärmepumpe (2015): BWP-Branchenstudie 2015. Szenarien und politische Handlungsempfehlungen: http://www.kka-online.info/download/1029725/BWP-Branchenstudie_2015.pdf

Computer Spezial (1/2016): BIM: http://computer-spezial.de/wp-content/uploads/2016-01-computer-spezial_verlinkt_ohne-Fotos.pdf

Deloitte (2014): Vor dem Boom – Marktaussichten für Smart Home: https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2014/Studien/Marktaussichten-fuer-Smart-Home/141023-Marktaussichten-SmartHome.pdf

Deutsche Energie-Agentur (2017): dena-Modellvorhaben. Bewusst heizen, Kosten sparen. Abschlussbericht „Verbrauchsauswertung und Mieterbefragungen in den Heizperioden 2012 bis 2016: https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/bau/9188_Abschlussbereicht_dena_Modellvorhaben_Bewusst_heizen_Kosten_sparen.pdf [Zugriff am 16. Mai 2017]

Deutsche Energieversorgung (ohne Jahr): Senec.Home - Der Batteriespeicher für Ihr Zuhause: https://www.senec-ies.com/stromspeicher/senec-home [Zugriff am 27. April 2017]

Deutsches Clean Tech Institut (DCTI) (2015): GreenGuide – Smart Home 2015: http://www.dcti.de/fileadmin/user_upload/GreenGuide_SmartHome_2015_Webversion.pdf

Discovergy (ohne Jahr): Discovergy Lösungen Smart Metering-Lösungen für jeden Bedarf: https://discovergy.com/solutions#micro-grid [Zugriff am 17. Mai 2017]

Discovergy (ohne Jahr): Intelligente Stromzähler von Discovergy: Ihre Vorteile als Betreiber einer Mieterstrom-Anlage: https://discovergy.com/files/sources/solutions/micro-grid/Discovergy-Referenzen_Mieterstrom-Projekt_Polarstern.pdf [Zugriff am 17. Mai 2017]

Ecofys (2016): Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Flex-Efficiency/Agora_Flex-Efficiency_WEB.pdf

Ecofys (2015): The role of energy efficient buildings in the EUs future power system

Ecofys (2015): Die Rolle von Submetering im Kontext von Energieeffizienz und Smart Meter Rollout: http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2015-sub-metering-im-kontext-von-energieeffzienz.pdf

Ecofys (2017): Optimising the energy use of technical building systems – unleashing the power of the EPBD's Article 8: http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-optimising-the-energy-use-of-tbs-final-report.pdf

Ecofys/Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (2016): Wärmeversorgungstechniken in einem regenerativen Energiesystem: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-23_thgnd-ii_endbericht_final_uba_final.pdf

Ecofys/Prognos (2011): Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strommarkt und zur Netzintegration erneuerbarer Energien: http://www.ecofys.com/files/files/ecofys_2011_potenziale_der_waermepumpe.pdf

Egger et al. (2013): Bim-Leitfaden für Deutschland – Endbericht

Energiesprong (2016): Transition Zero: http://www.energiesprong.uk/wp-content/uploads/2015/07/EnergieSprong-Transition_Zero_document.pdf

Egger, Martin / Hausknecht, Kerstin / Liebich, Thomas / Przybylo, Jakob (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf?__blob=publicationFile

enbausa (2015): http://www.enbausa.de/lueftung/aktuelles/artikel/kunden-wollen-smart-homes-als-vermieter-loesung-1529.html [Zugriff am 08. Mai 2017]

energieeffizienz-im-betrieb.net (2017): Energiesparen bei Gewerbe-Beleuchtung: http://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/beleuchtung-gewerbe-industrie.html [Zugriff am 09. Mai 2017]

E.ON Energie Deutschland (ohne Jahr): Aura Stromspeicher: https://www.eon.de/pk/de/solar/aura/stromspeicher.html [Zugriff am 27. April 2017]

Eschenbruch, Klaus / Grüner, Johannes / Karl, Christian K. / Malkwitz, Alexander / Poloczek, Adam (2014): Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-massnahmenkatalog.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 08. Mai 2017]

Fraunhofer IMS (2016): Die neue Generation intelligenter Zähler: Einzelgeräteerkennung in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen: https://www.ims.fraunhofer.de/de/Presse/Presseinformationen/2016/NILM.html [Zugriff am 09. Mai 2017]

Fuhs, Michael und Sieg, Mirco (2017): Batteriespeicher für Gewerbe und Industrie: https://www.apricum-group.com/wp-content/uploads/2017/03/March-2017-pv-magazin-deutschland-article-Mayr-2.pdf [Zugriff am 18. Mai 2017]

Gailfuß, Markus (2014): www.bhkw-infozentrum.de/aktuelle-bhkw-statements/zuhausekraftwerk-gescheitert-lichtblick-und-vw-gehen-getrennte-wege.html

Gill, B. / Leonhardt, S. / Neumann, T. / Schneider, M. /Schubert, J. / Teich, T. (2016): Smarte Quartiere 2050 – flexibel, resilient und intelligent: https://www.researchgate.net/profile/R_Weidner/publication/311669596_Technische_Unterstutzungssysteme_die_die_Menschen_wirklich_wollen_Band_zur_zweiten_transdisziplinaren_Konferenz_2016/links/5853896e08ae0c0f322284e1/Technische-Unterstuetzungssysteme-die-die-Menschen-wirklich-wollen-Band-zur-zweiten-transdisziplinaeren-Konferenz-2016.pdf#page=141

Händel, Claus / Mai, Ronny / Schiller, Heiko (2013): Chancen der Energetischen Inspektion für Gesetzgeber, Anlagenbetreiber und die Branche: https://www.irbnet.de/daten/rswb/14019025698.pdf

Hodges, Sarah (2010): Building Information Modeling for Energy Efficiency: https://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3619.com [Zugriff am 08. Mai 2017]

IBC Solar (ohne Jahr): Fallstudien: Photovoltaikanlagen, die Mehrwert schaffen: https://www.ibc-solar.de/gewerbe/fallstudien/#Landwirtschaft [Zugriff am 18. Mai 2017]

Innofact AG (2014): Gemeinschaftsprojekt Kundennutzen Smart Home im Mietermarkt: http://www.connected-living.org/content/4-information/4-downloads/4-studien/12-kundennutzen-smart-home-mietermarkt-bericht-folgestudie/kundennutzen-smart_home_mietermarkt_bericht_folgestudie.pdf

Integrated Environmental Solutions (ohne Jahr): BIM 4 Analysis: https://www.iesve.com/software/ve-for-engineers#bim-4-analysis [Zugriff am 09. Mai 2017]

Integrated Environmental Solutions (ohne Jahr): VE for Engineers: https://www.iesve.com/software/ve-for-engineers [Zugriff am 09. Mai 2017]

Jakobi, Timo / Ogonowski, Corinna / Stevens, Gunnar / Wulf, Volker (2016): Das Zuhause smart machen – Erfahrungen aus Nutzersicht: https://www.researchgate.net/profile/Corinna_Ogonowski/publication/307935722_Das_Zuhause_smart_machen_Erfahrungen_aus_Nutzersicht/links/57d2933508ae5f03b48caac4.pdf

KfW (2017): Erneuerbare Energien – Speicher: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-%E2%80%93-Speicher-(275)/ [Zugriff am 27. April 2017]

Khaddaja, Maggie / Srourb, Issam (2016): Using BIM to Retrofit Existing Buildings: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816301990 [Zugriff am 09. Mai 2017]

Kindsvater, Andreas / Koch, Volker / von Both, Petra (2013): BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan: http://www.irbnet.de/daten/rswb/13039000568.pdf

Klewar, Micha / Thömmes, Daniel (2017): Das neue EEG 2017. Vollständige Befreiung der Eigenversorgung: http://blogs.pwc.de/auf-ein-watt/energierecht/eeg-2017-19-vollstaendige-befreiung-der-eigenversorgung/1860 [Zugriff am 27. April 2017]

Klewar, Micha / Trottmann, Christian (2017): Das neue EEG 2017. Das Eigenstromprivileg: http://blogs.pwc.de/auf-ein-watt/energierecht/das-neue-eeg-2017-18-das-eigenstromprivileg/1854 [Zugriff am 27. April 2017]

Koepp, Marcus / Krampe, Leonard / Wünsch, Marco (2016): Eigenversorgung aus Solaranlagen. Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Dezentralitaet/Agora_Eigenversorgung_PV_web-02.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

Konersmann, Lars / Meier, Georg (2015): Eigenverbrauch von Solarstrom im Mehrfamilienhaus: https://energiezukunftschweiz.ch/wAssets/docs/eigenverbrauch/BFE_Hintergrundbericht_Eigenverbrauch_Mehrfamilienhaus_v1.0.pdf [Zugriff am 17. Mai 2017]

LichtBlick (ohne Jahr): LichtBlick-ZuhauseStrom: https://www.lichtblick.de/privatkunden/schwarm-energie/dienstleistungen/zuhausestrom [Zugriff am 17. Mai 2017]

Lünendonk & Hossenfelder (2017): Whitepaper Building Information Modelling – BIM: http://www.bimmobilie.de/caverion_whitepaper_bim.pdf

Market Research Future (2017): Building Information Modelling Market Research Report- Global Forecast 2022: https://marketresearchfuture.com/report_info.pdf?report_id=2044 [Zugriff am 08. Mai 2017]

McGraw Hill Construction (2014): The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: http://cdn2.hubspot.net/hubfs/1779970/BIM/Gated_Content/2014_Business_Value_of_BIM_for_Construction_Report.pdf?t=1495483915217

Meyer, Iris (2014): Blogserie „Gewerblicher Eigenverbrauch“ Teil VIII: Praxisbeispiel Ferkelzucht: https://www.ibc-blog.de/2014/04/blogserie-gewerblicher-eigenverbrauch-teil-viii-praxisbeispiel-ferkelzucht [Zugriff am 18. Mai 2017]

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (nach 2016): Förderprogramm erneuerbare Energien: https://www.umwelt.nrw.de/klima-energie/energie/foerderprogramm-erneuerbare-energien [Zugriff am 18. Mai 2017]

Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2017): Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem „Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Markteinführung: http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/f/foerderpro_progres_nrw/do_markteinfuehrung/sonstige/richtlinie_2017.pdf [Zugriff am 22. Mai 2017]

Moakher, Parisa Esmaeili / Pimplikar, S.S. (2012): Building Information Modeling (BIM) and Sustainability – Using Design Technology in Energy Efficient Modeling: http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol1-issue2/C0121021.pdf [Zugriff am 09. Mai 2017]

Nasyrov, Vladislav (2013): Building Information Models als Input für energetische Gebäudesimulation: http://www.cms.bgu.tum.de/publications/theses/nasyrov_2013_ritter.pdf

Nissan Center Europe (ohne Jahr): Bidirektionales Laden: https://www.nissan.de/fahrzeuge/neuwagen/leaf/reichweite-aufladen.html [Zugriff am 02. Mai 2017]

planen-bauen 4.0 - Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen- Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 08. Mai 2017]

Polarstern (ohne Jahr): Wirklich Mieterstrom: https://www.polarstern-energie.de/downloads/Wirklich-Mieterstrom_v1.pdf [Zugriff am 17. Mai 2017]

Redmond et al. (2015): Developing an Integrated Cloud Platform for Enabling ‘Holistic Energy Management’ in Urban Areas

Reid, Chanel (2017): Project Applications of BIM: http://epicscan.com/project-applications-of-bim/ [Zugriff am 08. Mai 2017]

Rickerson, Wilson (2014): Residential Prosumers – Drivers and Policy Options: http://iea-retd.org/wp-content/uploads/2014/06/RE-PROSUMERS_IEA-RETD_2014.pdf

Robert et al. (2014): An approach to enhancing the connection between BIM models and building energy simulation – HVAC systems in the loop

Rohr, Harald / Külzer, Stephanie (nach 2015): Etablierung von BIM am Flughafen Frankfurt Main in der Schnittstelle zum Facility Management: https://www.mesago.de/v3/download.php?name=41_Rohr.pdf&c_id=8000&file=41_rohr.pdf [Zugriff am 08. Mai 2017]

Roland Berger (Hrsg., 2016): Digitalisierung der Bauwirtschaft. Der europäische Weg zu "Construction 4.0": https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digitalisierung_bauwirtschaft_final.pdf

Schultmann, Frank / Stengel, Julian / Volk, Rebekka (2014): Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs: https://www.researchgate.net/profile/Rebekka_Volk/publication/259518042_Building_Information_Modeling_BIM_for_existing_buildings_-_Literature_review_and_future_needs_Autom_Constr_38_March_2014_109-127/links/0deec5343e7904c14a000000/Building-Information-Mo

Smart Home Deutschland (2016): B2C Smart Home Monitor 2016: http://www.smarthome-deutschland.de/aktuelles/presse/detail/b2c-smart-home-monitor-2016.html und https://www.splendid-research.com/Marktforschung/Studienflyer-Smart-Home-Monitor-2016.pdf [Zugriff am 09. Mai 2017]

Solon Energy (ohne Jahr): Photovoltaik-Contracting von SOLON https://www.solon.com/export/sites/default/solonse.com/_downloads/products/download-center/brochures-flyers/flyer_pv_contracting/SOLON-PV-Contracting_de.pdf [Zugriff am 18. Mai 2017]

Solon Energy (ohne Jahr): SOLON Photovoltaik-Contracting: Kein Invest, voller Gewinn!: https://www.solon.com/de/gewerbegebaeude/leistungen/contracting [Zugriff am 18. Mai 2017]

SMA Solar Technology (nach 2010): PV-Eigenverbrauch – Hintergrund, Anwendung, Optimierung: http://www.tritec-energy.com/images/content/D_154_SMA_Eigenverbrauch_REP_des.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

SMA Solar Technology (2013): SMA Smart Home: http://www.sma.de/fileadmin/content/global/Solutions/Documents/Smart_Home/SMART_HOME-KDE132641W.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

SMA Solar Technology (ohne Jahr): Sunny Home Manager: http://www.sma.de/fileadmin/content/global/Solutions/Documents/HOMEMANAGER-ADE112210.pdf

sonnen (2017): Die sonnenBatterie: https://sonnenbatterie.de/de/die-sonnenbatterie-fuer-haus-und-wohnung#tdhaus [Zugriff am 27. April 2017]

sonnen (2016): Neue sonnenBatterie hybrid senkt die Kosten von selbst erzeugtem Strom und macht saubere Energie: https://www.sonnenbatterie.de/sites/default/files/pressmitteilung_sonnen_produktneuheiten.pdf [Zugriff am 27. April 2017]

Stundon et al. (2015): Building Information Modelling Energy Performance Assessment On Domestic Dwellings. A Comparative Study: http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/655c8e4df29cc6c1b704ebf2b32cdf2a.pdf

Technologie Stiftung Berlin (2015): Smart Home Berlin: https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/Smart_Home_Berlin_Report_2015.pdf

Tesla (ohne Jahr): Powerwall: https://www.tesla.com/de_DE [Zugriff am 27. April 2017]

Tesvolt (ohne Jahr):Lithiumspeicher TS: http://www.tesvolt.com/lithiumspeicher-ts.html [Zugriff am 18. Mai 2017]

The Mobility House (2015) The Mobility House kocht Kaffee mit grünem Strom aus dem Elektroauto: http://mobilityhouse.com/de/the-mobility-house-kocht-kaffee-mit-gruenem-strom-aus-dem-elektroauto [Zugriff am 27. April 2017]

van Treeck, Christoph et al. (2016): GebäudeTechnik Digital - BIM

Verband unabhängiger Energieerzeuger (Hrsg., 2015): Handbuch Solarstrom-Eigenverbrauch optimieren: http://www.vese.ch/wp-content/uploads/VESE_Handbuch_Eigenverbrauchsoptimierung.pdf [Zugriff am 16. Mai 2017]

Viessmann Deutschland (2017): Hybrid-Lösungen: www.viessmann.de/content/dam/vi-brands/DE/PDF/Technologien/pr-hybrid-loesungen.pdf/_jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/pr-hybrid-loesungen.pdf [Zugriff am 2 Mai 2017]

Weberndörfer, Daniela (2014): Funksteckdosen im Alltag für Berufstätige: http://www.sma-sunny.com/funksteckdosen-im-alltag-fuer-berufstaetige [Zugriff am 19. Mai 2017]

Wilkes, Birgit (2016): Digitale Smart Home-Lösungen. Technische Konzepte für eine intelligente Energienutzung in Bestandsgebäuden: http://www.berliner-impulse.de/fileadmin/user_upload/berliner-impulse/01_Aktuell/03_Zeitschrift/2016/4_2016/Energie-ImpulsE_04b_2016_04_web.pdf

Will, Harald / Fabian Zuber (2016): Geschäftsmodelle mit PV-Mieterstrom: https://www.pv-mieterstrom.de/wp-content/uploads/2016/11/PV_Financing_Mieterstrom.pdf [Zugriff am 17. Mai 2017]

13 Abkürzungen

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIM	Building Information Modelling
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbarer-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GLT	Gebäudeleittechnik
GWB	Geschosswohnungsbau
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IFC	Industry Foundation Classes
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
iMSys	intelligente Mess-Systeme
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt peak
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MWh	Megawattstunde
NILM	Nonintrusive Load Monitoring
NWG	Nichtwohngebäude
PLT	Prozessleittechnik
PV	Photovoltaik
RLM	Registrierende Leistungsmessung

SGready	Smart Grid Ready
Sinteg	Schaufenster intelligente Energie
SM	Smart Meter
SMGW	Smart Meter Gateway
TLP	temperaturabhängiges Standardlastprofil
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VHPready	Virtual Heat and Power Ready
WP	Wärmepumpe
ZFH	Zweifamilienhaus