









# Rolle der Digitalisierung im Gebäudebereich.

# **Anhang I**

Ergebnisse im Arbeitspaket 1:

Identifizierung von Anwendungsfällen der Digitalisierung im Gebäudebereich mit hohem Energieeffizienz- oder Erneuerbare-Energien-Potenzial.

# Inhalt

1. Aufgabenstellung und zentrale Ergebnisse	5
2. BIM als Planungsmethode	g
2.1 Kurzbeschreibung	10
2.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall	12
2.3 Schlüsselindikatoren	17
2.4 Quellen	22
3. BIM als Managementmethode zum Betrieb von Gebäuden	24
3.1 Kurzbeschreibung	25
3.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall	27
3.3 Schlüsselindikatoren	29
3.4 Quellen	31
3.5 Pilotvorhaben	32
4. Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung (BIM-Realisierung)	33
4.1 Kurzbeschreibung	34
4.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall	34

4.3 Schlüsselindikatoren	37
4.4 Quellen	37
4.5 Pilotvorhaben	38
5. Erhöhung Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit der erneuerbaren Energien im Wärmebereich	39
5.1 Kurzbeschreibung	41
5.2 Konkrete Anwendungsbeispiele	42
5.3 Schlüsselindikatoren	46
5.4 Quellen	47
5.5 Pilotvorhaben	47
6. Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien	49
6.1 Kurzbeschreibung	50
6.2 Konkrete Anwendungsbeispiele	52
6.3 Schlüsselindikatoren	57
6.4 Quellen	63
6.5 Pilotvorhaben	68
7. Steigerung Energieeffizienz durch Steuerung und Transparenz	69
7.1 Kurzbeschreibung	70

8. /	Abkürzungen	86
	7.5 Pilotvorhaben	. 84
	7.4 Quellen	. 82
	7.3 Schlüsselindikatoren	. 79
	7.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall	. 73

# 1. Aufgabenstellung und zentrale Ergebnisse

Ziel des Arbeitspaketes 1 war es, Effizienzpotenziale und 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 den 18 möglichen Kombinationen von drei verschiedenen Gebäudetypen und sechs Anwendungsfeldern 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		х	
BIM-Betrieb			x
BIM-Realisierung		х	
Steigerung Wirtschaftlichkeit/ Systemdienlichkeit EE-Wärme	x	x	x
Optimierung Eigenverbrauch EE	x	x	x
Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz & Steuerung	x	x	x
	= Nicht =Übertra Betrachten prüfen	gbarkeit	= Betrachten

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

1. Aufgabenstellung und zentrale Ergebnisse

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 von 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.

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%

Ergebnis der Bewertung der 12 Anwendungsfälle anhand verschiedener Indikatoren

Auf Basis dieser Tabelle wurde die Auswahl der wesentlichen Anwendungsfälle mit dem Auftraggeber abgestimmt. Die folgende Abbildung 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		х	
Steigerung Wirtschaftlichkeit/ Systemdienlichkeit EE-Wärme		(x)	x
Optimierung Eigenverbrauch EE	x	(x)	
Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz & Steuerung	x (Transparenz)		<b>x</b> (Steuerung)
	= Nicht Betrachten	Mitbetrachten	= Betrachten

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.

# 2. BIM als Planungsmethode

# 

Relevante Gebäudearten

☐ EFH/ZFH ☒ GWB (☒) NWG

# Kurzbeschreibung:

Das Anwendungsfeld umfasst den Einfluss von BIM in der Planung von Geschosswohnungsbauten auf deren Energieperformance und die Integration Erneuerbarer Energien. Da Gebäude mit BIM zuerst digital und mit allen späteren Details "konstruiert" werden, kann das energetische Design des Gebäudes besser an den gesamten Planungsprozess angepasst und auch Änderungen bei anderen Konstruktionsphasen genauer und effizienter berücksichtigt werden. Die gesteigerte Sicherheit in der Kosten- und Zeitplanung infolge der Verwendung von BIM, kann dabei die entstehenden einzelwirtschaftlichen Mehrkosten überwiegen und die Gesamtkosten reduzieren. 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 festgelegten Schnittstellen und öffentlichen Austauschformaten um die Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Softwareprodukten sicherzustellen.

# Wesentliche Anwendungsfälle:

■ Flexible Anpassung der energetischen Details an Planungsänderungen

- Gesteigerte Termin und Kostensicherheit
- Vermeidung von Fehlplanungen

### Wesentliche Hemmnisse:

- Mangelnde Bereitschaft der Investoren Mehrkosten in einer frühen Planungsphase zu tragen (keine Berücksichtigung in der HOAI)
- Mangelnde Kompatibilität zwischen der Software unterschiedlicher Unternehmen (Hersteller) und das Fehlen eines universellen und etablierten
   Datenaustauschformats

Türöffner: Folgt im weiteren Bearbeitungsverlauf, falls dieser Anwendungsfall näher untersucht werden soll

### Wesentliche Stakeholder:

Bauunternehmen, Planungsbüros (Architekten, TGA Fachplaner), VDI

### 2.1 Kurzbeschreibung

# Anwendungsfeld:

Building Information Modeling, kurz BIM, beschreibt den Ansatz einer ganzheitlichen, digitalen Modellierung von Bauprojekten und ermöglicht damit eine zentralisierte Begleitung über den gesamten Lebenszyklus. Besonders während der Planung von großen Bauprojekten soll BIM dafür sorgen, dass durch eine umfassendere und besser abgestimmte Planung, wesentliche Verbesserungen in der Termin- und Kostensicherheit sowie der Planungsqualität erreicht werden. Eine besondere Rolle spielen dabei die Schnittstellen zu anderen Softwarelösungen, die etwa zur Simulation der Energieströme innerhalb des Gebäudes eingesetzt werden können. Schon zu einem vergleichsweise frühen Zeitpunkt in der Entwurfsphase kann damit begonnen werden ein Energiekonzept für das geplante Gebäude zu erstellen und damit bereits grundlegende Entscheidungen günstig zu beeinflussen, die im klassischen Entwurfsprozess meist aufgrund zu hoher Komplexität erst später und oft isoliert Beachtung finden. Somit könnte BIM die Energieeffizienz von Gebäuden positiv beeinflussen – dies wird hier am Fall von Geschosswohnungsbauten untersucht mit potenziellen Ableitungen für Nichtwohngebäude.

# Gebäudetyp:

Große Geschosswohnungsbauten und Nichtwohngebäude

### Stand der Technik:

Es gibt eine Vielzahl BIM-fähiger Softwareprodukte auf dem Markt, welcher sich derzeit in einer Phase maßgeblicher Entwicklung befindet. Je nachdem welche Funktionen die Software erfüllen kann, wird dabei von einer Mehrdimensionalität gesprochen (4D, 5D, ...), die sich auf die zusätzlichen Funktionen neben der 3D-Modellierung bezieht. Mögliche Erweiterungen sind üblicherweise die zusätzliche Planung von Terminen, Kostenkalkulation, Betrachtung einer optimierten Nachhaltigkeit, 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 am Bau Beteiligten verfügbar gemacht werden.

Begrenzend wirken die mangelnde Kompatibilität zwischen der Software unterschiedlicher Unternehmen (Hersteller) und das Fehlen eines universellen Datenaustauschformats, mit dem die Daten verlustfrei und softwareübergreifend genutzt werden können. Aufgrund dessen wird nach zwei wesentlichen Systemen unterschieden: Closed BIM und Open BIM.

#### Marktsituation:

Deutschland geht seit der Einführung des 2015 vom BMVI verabschiedeten "Stufenplan Digitales Planen und Bauen" langsamen Schrittes Richtung einer Einführung von BIM, momentan noch vorzugsweise für Infrastrukturprojekte (Autobahnabschnitte, Tunnel für Züge etc.). Anfang 2017 wurde deshalb der Masterplan Bauen 4.0 vorgelegt, der u.a. die Einrichtung einer BIM-Cloud, eines nationalen BIM-Kompetenzzentrums und eines Construction Clusters ankündigt. Die BIM-Cloud soll allen BIM-Anwendern offenen Zugang zu Datensätzen mit physischen, physikalischen und baulichen Eigenschaften verschiedenster Bauteile und Materialien bieten. Des Weiteren testet das BMVI den Einsatz von BIM in 20 zusätzlichen Pilotprojekten im Infrastrukturbereich und investiert dafür 30 Millionen Euro. Pilotprojekte und die damit verbundene Entwicklung von Standards haben auch in anderen europäischen Ländern (z.B. Finnland) für eine Etablierung von BIM in der Privatwirtschaft gesorgt.

Bislang beschränkt sich der Einsatz von BIM meist nur auf Insellösungen (closed BIM). Die Attraktivität für die Anwendung durch Privatunternehmen hält sich noch in Grenzen, da die verwendete Software für die unterschiedlichen Disziplinen von demselben Anbieter stammen muss. Für große Bauunternehmen, die alle Disziplinen selbstständig abdecken können und dafür einheitliche Softwarelösungen besitzen, kann dieser Ansatz dagegen funktionieren. Für kleine und mittelständische Unternehmen macht die Verwendung jedoch noch wenig Sinn.

Im internationalen Vergleich bleibt Deutschland aktuell hinter einigen anderen europäischen Ländern zurück, was die Integration von digitalen Planungstools in den Bauprozess angeht. So ist der Einsatz von BIM in öffentlichen Projekten in England und einigen skandinavischen Ländern bereits vorgeschrieben und auch in der Privatwirtschaft etabliert.

#### Ausblick:

In der Literatur wird die Zukunft von BIM nicht angezweifelt und eher davor gewarnt nicht rechtzeitig auf den Zug aufzuspringen um nicht auf lange Sicht einen großen Wettbewerbsnachteil zu erfahren. Laut einer Studie von Roland Berger werden nur diejenigen Unternehmen zu den Gewinnern der Digitalisierung gehören, die frühzeitig eine eigene Digitalisierungsstrategie entwickelt und umgesetzt haben.

(https://www.rolandberger.com/publications/publication pdf/roland berger digitalisierung bauwirtschaft final.pdf)

Es ist nur eine Frage der Zeit bis sich ein allgemeines Austauschformat soweit entwickelt und etabliert hat, dass der Verwendung von BIM in der Praxis nichts mehr im Wege steht. In einem mit BIM geplanten Gebäude ist vor allem eine Steigerung der tatsächlichen Energieeffizienz nach der Inbetriebnahme durch die bessere Organisation während der Planungsphase sowie durch eine optimierte, flexible und dadurch weniger fehleranfällige energetische Auslegung zu erwarten. Andererseits muss die Frage gestellt werden, ob die erzielbaren Kostenvorteile den zunächst erhöhten Aufwand überwiegen und inwiefern sich ein digitales System langfristig in der gesamten Bauwirtschaft (also auch bei kleineren Unternehmen) durchsetzen kann.

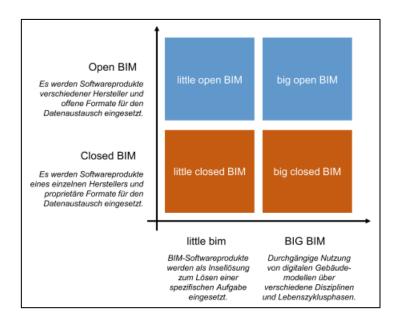
### 2.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall

## 2.2.1 Technologien

# A) Nutzungsarten

Bei der Nutzung von BIM könnten zwei wesentlichen Arten unterschieden werden:

- Closed BIM: Es wird von allen Beteiligten die Software eines einzelnen Herstellers genutzt. Damit wird zwar eine unkomplizierte Koordination von Fachmodellen erreicht und es gibt durch das identische Dateiformat keine Informationsverluste bei der Datenübertragung, andererseits kann die Übergabe von Daten an externe Planer und Durchführer zu Problemen führen. Außerdem gibt es bisher keinen Softwarehersteller, der alle Bereiche in Planung, Bau und Betrieb eines Gebäudes abdeckt und somit an einem gewissen Punkt Software eines Drittanbieters genutzt werden muss. Hier entsteht das Problem mangelnder Interoperabilität, dem mit der Verwendung öffentlicher Dateiformate wie PDF oder DWG begegnet wird, was bei den meisten Beteiligten allerdings zu einem erheblichen Mehraufwand führt und den Nutzen der BIM-Planung infrage stellt.
- Open BIM: Es kann Software unterschiedlicher Hersteller verwendet werden, da die Datenübertragung über einheitliche, neutrale Dateiformate stattfindet (siehe Schnittstellen/Formate). Somit kann ein Gebäudemodell für die umfassende Modellierung durch verschiedene Softwarelösungen genutzt werden. Für den Datenaustausch werden in umfassender Weise Internetplattformen und Datenbanklösungen eingesetzt. Die Herausforderung ist hierbei einheitliche Richtlinien, Handlungsanweisungen und Übergaberoutinen zu etablieren, die möglichst fehlerfrei und allumfassend gültig sind.



BIM-Nutzungsarten (Quelle: Borrmann et al.: "Building Information Modeling", S.12, Springer Verlag 2015)

### B) Software:

Prinzipiell können alle CAD oder TGA Programme für BIM genutzt werden. Die Unterschiede liegen in der Qualität der Auswertungen und der verfügbaren Schnittstellen mit anderen Programmen (Closed-/Open-BIM). Besonders interessant sind daher Programme die aufgrund einer IFC-Schnittstelle BIG-open-BIM kompatibel sind. Es gibt zahlreiche Softwareanbieter, deren Produkte in diese Kategorie fallen. Die größten und bekanntesten Anbieter sind Autodesk (Revit, AutoCAD Architecture, BIM 360), Nemetschek (Allplan, ArchiCAD, Vektorworks) und Trimble (Tekla).

# C) Software:

Prinzipiell können alle CAD oder TGA Programme für BIM genutzt werden. Die Unterschiede liegen in der Qualität der Auswertungen und der verfügbaren Schnittstellen mit anderen Programmen (Closed-/Open-BIM). Besonders interessant sind daher Programme die aufgrund einer IFC-Schnittstelle BIG-open-BIM kompatibel sind. Es gibt zahlreiche Softwareanbieter, deren Produkte in diese Kategorie fallen. Die größten und bekanntesten Anbieter sind Autodesk (Revit, AutoCAD Architecture, BIM 360), Nemetschek (Allplan, ArchiCAD, Vektorworks) und Trimble (Tekla).

Je nach Fähigkeiten der Software können neben der dreidimensionalen Modellierung auch noch weitere Dimensionen wie Zeit, Kosten oder Abriss/Recycling geplant bzw. simuliert werden. Somit ist es möglich den gesamten Bauprozess digital festzuhalten, Logistikabläufe zu optimieren und zeitliche und wirtschaftliche Konflikte bereits im Vorfeld zu erkennen.

Inzwischen gibt es auch eine Vielzahl unterschiedlicher Energieanalysetools die z.B. ermöglichen, die Energieeffizienz des Gebäudes während der Planung zu überwachen und damit die Erreichung von Effizienzzielen oder Green-Building-Zertifikaten immer im Auge zu behalten. Werden am 3D Modell z.B. bauliche Anpassungen vorgenommen welche als Nebeneffekt die Wärmebrücken beeinflussen, oder wird ein anderer Wandaufbau oder Fensterart bzw. - größe gewählt, so kann die Gebäudehülle durch den einfachen Datenexport in einem Simulationsprogramm erneut auf Energieflüsse untersucht und entsprechend angepasst werden. Die Planung und Analyse der Energieperformance eines Gebäudes ist somit bereits früh im Planungsprozess möglich und kann auch im fortschreitenden Prozess immer wieder angepasst und optimiert werden. Dementsprechend können festgelegte Effizienzziele (z.B. zur Erfüllung von Effizienzstandards oder zur Gebäudezertifizierung) konstant überwacht und ohne viel Aufwand zuverlässig eingehalten werden. Die Möglichkeit alle energetischen Maßnahmen digital durchspielen zu können, sowie die verbesserte Abstimmung zwischen den beteiligten Fachplaner und den ausführenden Betrieben sorgt dabei für enorme Vorteile in der Planungssicherheit und einem effizienten Gebäudebetrieb.

Außerdem bieten manche Softwarelösungen die Möglichkeit, dass Änderungen im Planungsprozess automatisch im gesamten Projekt übernommen werden und somit Entwürfe und Dokumentation immer konsistent und vollständig bleiben. Besonders wichtig für die Kompatibilität zwischen den einzelnen Programmen unterschiedlicher Hersteller ist die Exportfunktion der Daten in ein einheitliches Format.

### Schnittstellen/Formate:

Der weltweit agierende Verband buildingSMART entwickelt die Industry Foundation Classes (IFC) nach ISO-Standard ISO 16739. Dieses Dateiformat soll den länder- und softwareübergreifenden Datenaustausch zwischen Stakeholdern möglich machen und beschreibt alle Bestandteile und Eigenschaften des digitalen Gebäudemodells. Es ist möglich das Gebäudemodell in regelmäßigen Abständen zusammenzufügen oder als gemeinsames Server-Modell zu nutzen.

IFC scheint sich als standardisiertes, herstellerneutrales Datenformat und damit als Grundlage für die Arbeit mit Big-Open-BIM durchzusetzen. Aufgrund der Komplexität der Daten ist die Übertragung teilweise noch fehlerbehaftet, wird jedoch konstant weiterentwickelt und verbessert.

Das IFC-Datenmodell bietet aufgrund seiner Komplexität sehr viele detaillierte Modellierungsmöglichkeiten, hat durch seine breite Anwendbarkeit aber auch mit einigen Kompatibilitätsproblemen zu kämpfen. Viele Softwareunternehmen entscheiden sich deshalb dazu, nur einen Teil des Datenmodells für den Datenimport/-export zu nutzen. Aus diesem Grund hat buildingSMART das Konzept der Model View Definitions entwickelt, welche genau festlegen, welche

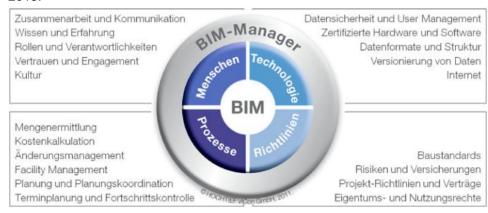
Attribute des IFC-Modells verwendet werden dürfen. Um Kollisionen oder Lösungsvorschläge nicht über den Austausch kompletter IFC-Modelle zu diskutieren, wurde außerdem das BIM Collaboration Format (BCF) entwickelt, welches eine direkte Verlinkung zu einer Stelle im IFC-Modell enthält. Diese ist somit eindeutig definiert und kann ohne Missverständnisse angepasst werden.

BuildingSMART bietet eine Zertifizierung von Programmen an, um die Kompatibilität der Software mit IFC zu bestätigen.

#### Geschäftsmodelle

### A) Berufsgruppen

- <u>BIM Manager:</u> Aufgrund der Komplexität großer Bauprojekte mit vielen Projektbeteiligten, unterschiedlichen Softwarewerkzeugen und zahlreichen Fachdisziplinen wird die Rolle eines BIM Managers notwendig. Er benötigt tiefes Wissen in den verwendeten IT-Lösungen und den projektspezifischen BIM-Standards und arbeitet damit an der Schnittstelle zwischen Ingenieurswissenschaft und Informationstechnologie. Aufgrund der Komplexität seiner Aufgabe kann die Rolle nicht von bereits im Bauprozess etablierten Personen übernommen werden, sondern beschreibt eine neue, neutrale und unabhängige Rolle zwischen den Projektbeteiligten, mit einem Überblick und qualifizierten Verständnis aller Fachdisziplinen. Besonders für die Zeit der BIM-Einführung kann sich ein solches Berufsbild etablieren. Ob die Rolle Bestand hat, wenn die BIM-basierte Arbeitsweise zum Stand der Technik gehört, bleibt abzuwarten. Denkbar wäre auch, dass durch die steigenden IT-Kompetenzen von Architekten/Projektplanern die Rolle des BIM Managers von bereits etablierten Koordinatoren im Baubereich übernommen werden. (Quelle: Borrmann et al.: "Building Information Modeling", Springer Verlag 2015.



BIM-Koordinator: Der BIM-Koordinator kann als Gesamtkoordinator in einem Projekt oder für ein Gewerk agieren. Er ist für die Erstellung und Dokumentation von BIM-Modellen und deren Qualität in seiner Fachdisziplin zuständig. Außerdem überwacht er die Einhaltung von BIM-Standards zur Datensicherheit und koordiniert die Fachplaner und weiteren Parteien in seiner Disziplin hinsichtlich BIM. Je nach Komplexität des Bauprojektes kann die Rolle des BIM-Koordinators von einem Fachplaner mit entsprechender Zusatzqualifikation übernommen werden. (Quelle: Egger et al., 2013: "Bim-Leitfaden für Deutschland – Endbericht")

## B) Dienstleistungen/Software

- Aus- und Weiterbildung zur Verwendung von BIM-Softwarelösungen: Studenten im Bereich Architektur, Bauingenieurswesen oder TGA bekommen bereits im Studium die Möglichkeit sich mit BIM vertraut zu machen. Da das Lehrpersonal jedoch meist nur wenig Erfahrung mit BIM hat, ist das entsprechende Angebot bislang noch sehr eingeschränkt. Es besteht somit hier für das Lehrpersonal, wie auch für die Studenten noch weiterer Ausbildungsbedarf. Für die Weiterbildung von erfahrenen Projekt- und Fachplanern zu BIM-Managern oder zur einfachen Verwendung von BIM-Lösungen sind außerdem Schulungen notwendig. Neben den Schulungen der Softwarehersteller gibt es auch unabhängige Unternehmen die Seminare und Weiterbildungen im BIM-Bereich anbieten (z.B. DEUBIM, Mensch und Maschine, Vrame). Es ist anzunehmen, dass sich der Markt in dieser Richtung bei voranschreitender Verbreitung von BIM stark vergrößert und auch staatliche wie private Hochschulen ihre Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich BIM weiter vergrößern.
- Entwicklung neuer/erweiterter Softwarelösungen und Bereitstellung einer BIM-Cloud: Die Hersteller von Planungssoftware erweitern ihr Repertoire an Lösungen im Bereich fortlaufend weiter. Die meisten bieten ebenfalls die Möglichkeit an, die Gebäudemodelle auf speziell konfigurierten Cloud-Services zu speichern und darüber zu koordinieren.
- Apps zur Ergänzung von großen Softwarelösungen: Die Innovationsgeschwindikeit in der digitalisierten Welt ist enorm hoch und die Entwicklung kleiner
   Apps, welche die großen Softwarelösungen um nützliche Funktionen erweitern vergleichsweise schnell möglich. Daher ist zu erwarten, dass kleine
   Hilfsprogramme mit BIM-Integration die Innovation im Softwarebereich vorantreiben.
- Vermessung der Baustelle mit Drohnen: In der Praxis hat es sich bereits gezeigt, dass Drohnen wertvolle Vermessungsarbeit leisten können. (Quelle: Boll und Partner 2016, "BIM, Drohnen und 3D-Modelle") Die Drohne sammelt durch das Abfliegen eines Grundstücks oder einer Baustelle (indoor/outdoor) digitale Daten, die in gängige Softwarelösungen implementiert werden können und somit aufwendige Vermessungsarbeiten abnehmen (BMVI: "Masterplan Bauen 4.0"). In Zukunft ist zu erwarten, dass Anbieter von Drohnen, die mit der notwendigen Vermessungshardware ausgestattet sind und eine Integration der digitalen Vermessungsdaten in das BIM-Modell anbieten, analog zur Verbreitung von BIM einen starken Auftragszuwachs verzeichnen können.

# C) Hardware

- Robuste digitale Geräte (Tablets o.ä.) zur Verwendung auf Baustellen: Mit der voranschreitenden Verbreitung von BIM und der steigenden Normalität einer Digitalisierung der Planungsdaten, steigt auch die Notwendigkeit die digitalen Modelle auf der Baustelle verwendbar zu machen (z.B. für die Terminplanung oder für die Visualisierung der Planungsdaten mit Augmented Reality). Dazu sind entsprechend leistungsfähige technische Geräte notwendig, die idealerweise eine gewisse Robustheit gegen Feuchtigkeit, Schmutz und Stöße aufweisen.
- Vermessungsdrohnen: Es kann sich -wie zuvor beschrieben- für Drohnenhersteller anbieten, spezielle Vermessungsdrohnen zu entwickeln, die mit einem Repertoire an Tools und speziellen Eigenschaften ausgestattet sind, um auch im Innenraum von Gebäuden Vermessungen anzustellen. Evtl. lohnt es sich auch nur für Dienstleister, die die Vermessungen vornehmen, bereits existierende Modelle von Drohnen so anzupassen, dass diese für die entsprechenden Vermessungsaufgaben prädestiniert sind.

### 2.3 Schlüsselindikatoren

Schlüssel-indikatoren	Potenzial
Steigerung der Energieeffizienz	Durch ein Gebäudemodell, welches alle zu berücksichtigenden Details inklusive Zeit und Kosten miteinander vereint, kann vergleichsweise einfach auf Änderungen im Entwurf reagiert werden. Entscheidend dafür ist die Möglichkeit, die in dem Gebäudemodell existierenden Daten vollständig und verlustfrei zu exportieren um diese in anderen spezialisierten Programmen zu verwenden. Wird z.B. eine Änderung vorgenommen welche als Nebeneffekt die Wärmebrücken beeinflusst, kann die Gebäudehülle durch den einfachen Datenexport in einem Simulationsprogramm erneut auf Energieflüsse untersucht und entsprechend angepasst werden. Bei einem klassischen Entwurf ohne BIM ist dieser Vorgang mit einem erheblichen Mehraufwand (Zeit und Kosten) verbunden und wird je nach Planungsfortschritt nur noch überschlägig durchgeführt, anstatt das energetische Simulationsmodell anzupassen und eine erneute Simulation durchzuführen. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass:  • die größtmögliche Energieeffizienz aufgrund der hohen Flexibilität in der Planung erreicht wird. Das heißt es müssen keine Kompromisse auf Kosten der Energieeffizienz eingegangen werden, da auf Änderungen auch zu späten Zeitpunkten noch reagiert werden kann  • keine unerwartet hohen Kosten durch etwaige Planungsfehler auftreten. Diese Kostensicherheit kann ihrerseits dazu führen,

dass höhere Investitionen in die Gebäudeeffizienz getätigt werden um durch niedrigere Energiekosten eine höhere Rentabilität in der Betriebsphase zu erreichen.

- → + Planungsflexibilität ermöglicht nachträgliche Anpassungen zugunsten der Energieeffizienz
- → + Kosteneinsparung durch Planungssicherheit kann zugunsten Energieeffizienz genutzt werden

Durch die Verwendung von BIM ist es möglich die Gebäudeplanung an vielen Stellen parallel durchzuführen. Die Planung und Analyse der Energieperformance eines Gebäudes ist somit bereits früh im Planungsprozess möglich und kann auch im fortschreitenden Prozess immer wieder angepasst und optimiert werden. Grundlegende Gebäudeeigenschaften wie Orientierung, Art der Außenhülle, verwendete Materialen, etc. können dadurch zugunsten der Energieeffizienz angepasst werden. Im Gegensatz dazu werden im klassischen Planungsprozess viele Variablen bereits zu einem frühen Zeitpunkt festgelegt und in Abhängigkeit davon weitere Annahmen getroffen. Eine grundlegende Annahme im Nachhinein zu verändern, da dies zu einer gesteigerten Energieeffizienz führen würde, ist dementsprechend meist mit einem enormen Aufwand verbunden und sehr unwirtschaftlich. Die Nutzung von BIM macht somit Effizienzpotentiale zugänglich, die in der klassischen (linearen) Planung aufgrund der aufeinander aufbauenden Annahmen und der fehlenden Flexibilität nicht oder nur durch vorhergehende Einschätzungen genutzt werden können.

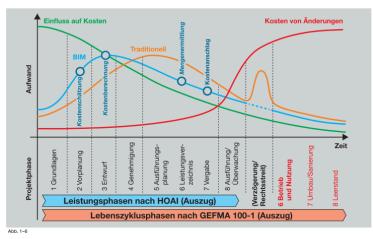
→ + Durch frühe parallele Planung, können Energieeffizienzbetrachtungen Einfluss auf grundlegende Gebäudeeigenschaften nehmen und damit verbundene Effizienzpotentiale zugänglich machen

Die Verwendung von BIM in der Planungsphase ist eine grundlegende Voraussetzung für die Verwendung von BIM in den anderen Lebensphasen des Gebäudes (Betrieb, Sanierungen, Abriss). Somit muss die Bewertung des BIM-Einsatzes in der Planung auf die Energieeffizienz diesen Zusammenhang ebenfalls berücksichtigen. Die Möglichkeit alle energetischen Maßnahmen digital durchspielen zu können, sowie die verbesserte Abstimmung zwischen den beteiligten Fachplaner und den ausführenden Betrieben sorgt für enorme Vorteile in der Planungssicherheit und einem effizienten Gebäudebetrieb. Die Auswirkungen der BIM-Verwendung in Planungs- und Realisierungsphase lassen sich daher nicht klar voneinander trennen.

→ ++ Durch BIM-Planung wird die Grundlage für einen effizienteren Gebäudebetrieb geschaffen

	→ + BIM in der Planungsphase legt den Grundstein für die Verwendung von BIM in anderen Lebenszyklusphasen des Gebäudes
	Es gibt Softwareprodukte, die den "Energieverbrauch eines Gebäudes während des gesamten Planungsprozesses, vom Entwurf bis zu den Ausführungsplänen, "auf Knopfdruck" kontrollieren können und somit z.B. der Effekt eines anderen Wandaufbaus oder Fensters auf den Energieverbrauch einfach überprüft werden kann. Dementsprechend können festgelegte Effizienzziele (z.B. zur Erfüllung von Effizienzstandards oder zur Gebäudezertifizierung) konstant überwacht und ohne viel Aufwand berücksichtigt werden. (Quelle: Computer Spezial, 1/2016, S.14)
	→ + Aufgrund konstanter Übersicht nur geringer Aufwand nötig, um zu garantieren, dass Effizienzziele des Gebäudes erreicht werden
	Gesamtpotenzialabschätzung:
	Die wesentlichen Potentiale der BIM Planung liegen in der Schaffung der Vorrausetzungen für einen effizienteren Gebäudebetrieb. Weitere Potentiale ergeben sich durch BIM optimierte Konzepte. Für das jeweilige Einzelprojekt sind die Potentiale als "mittel" bis "hoch" einzustufen. Da eine wirtschaftliche BIM Planung jedoch nur für Großprojekte möglich ist, wird die erwartete Gesamtsektorwirkung als "gering" eingestuft.
	+ Potentiale können von Anfang an bestimmt und im Laufe des Planungsprozesses einfach angepasst werden (z.B. Solarthermie-Flächen).
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.
Lineuerbarer Energien	+ 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 einfachere Abwägung ermöglicht werden.
Einzelwirtschaftliche Kosten	Abbildung 1.3.1 stellt die Kosteneinflüsse verschiedenen Lebensphasen eines Gebäudes mit konventioneller Planung und BIM- Planung einander gegenüber. Erkennbar ist, dass der Aufwand in der Planung mit BIM im Gegensatz zur traditionellen Planung in den früheren Projektphasen höher ist und nach der Entwurfsphase im Verlauf des Planungsprozesses abnimmt. Im

traditionellen Verfahren liegt der Hauptaufwand im den Phasen der Genehmigung und Ausführungsplanung und nimmt danach ebenfalls ab.



Qualitative Darstellung der Aufwandsverlagerung von Planungs- und Entscheidungsprozessen in frühe Phasen, in Anlehnung an die Originalversion vo buildingSMART (nach Bazjanac) und an den BIM-Leitfaden nach Egger et al. [25] (modifiziert).

### van Treeck et al.: "Gebäude.Technik.Digital.", S.25, Springer Verlag, 2016)

Allerdings kommt es im traditionellen Verfahren erfahrungsgemäß nicht selten zu Verzögerungen durch Planungsfehler oder Rechtsstreits im Bauablauf, was erneut einen erheblichen (finanziellen) Aufwand bedeuten kann. Die beiden anderen Kurven in der obenstehenden Abbildung verknüpfen den Einfluss der Projektphasen auf die Kosten (grüne Kurve) bzw. die durch Änderungen anfallenden Kosten in der jeweiligen Phase. Demnach bedeutet der hohe Aufwand in der BIM-Planung in den frühen Projektphasen einen hohen Einfluss auf die Gesamtkosten (positiv), da Fehler durch die detailreiche Planung idealerweise im Laufe des Projektes verhindert werden können, die, je weiter das Projekt fortgeschritten ist, einen enormen Kostenfaktor bedeuten können.

+ Genaue und verlässliche Zeit-/Kostenplanung durch keine/weniger Verzögerungen im Bauprozess aufgrund von Planungsfehlern (Abb. 1.3.1)

+ Kostenersparnisse durch Vermeidung von Bau- und Planungsfehlern (Abb. 1.3.1) + 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 so 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 garantieren eine rechtzeitige Lieferung der richtigen Anzahl an Bauteilen. + Der Arbeitsablauf kann an auftretende Verzögerungen angepasst werden und dämpft ihre Auswirkungen somit bestmöglich + Kosten unterschiedlicher Entwürfe sind schnell ersichtlich und können über Wirtschaftlichkeitsrechnungen zugunsten von Energieeffizienz/EE entscheiden + Geschäftsmodell der Unterdeckung bei Vergabe mit Ziel des Zuschlags und Gewinnerwirtschaftung durch Nachträge nicht mehr möglich, da Planungsfehler im gemeinsamen Modell festgestellt werden können ( - Zeit- und Kostenaufwand in Planungsphase höher, durch komplexere Baupläne und notwendige Abstimmung zwischen den Beteiligten (Abb. 1.3.1) - Alle Beteiligten müssen sich in das neue System einarbeiten und werden zu Beginn eher langsam damit arbeiten - Ggf. teure Schulungen notwendig, um die Arbeit mit BIM zu ermöglichen - Evtl. Anschaffung von neuer, ggf. teurer Software notwendig - BIM-Manager kann notwendig sein, der die Arbeit am digitalen Modell koordiniert -> zusätzliche Personalkosten Systemische Kosten Kein signifikanter Einfluss erkennbar

Benötigter Grad an
Gebäudeautomatisier-
ung

Grad der Gebäudeautomatisierung wird erst in Planungsphase festgelegt.

# 2.4 Quellen

- Afsari, Kereshmeh: Building Information Modelling in Concept Design Stage, 2012
- Bauen Digital Schweiz (2016). http://www.bauen-digital.ch/assets/Downloads/free4all/Rueckblick-BIM-Kongress.pdf
- BDU (2016). http://www.bdu.de/media/239351/thinktank-bauwirtschaft.pdf
- Borrmann et al.: "Building Information Modeling", Springer Verlag 2015
- Buch: Springer GebäudeTechnikDigital BIM, 2016
- CIB16853.pdf, BUILDING INFORMATION MODELLING DEMYSTIFIED: DOES IT MAKE BUSINESS SENSE TO ADOPT BIM?
- Computer Spezial 1/2016
- Egger et al., 2013: "Bim-Leitfaden für Deutschland Endbericht"
- Lünendonk Whitepaper, 2017: http://www.bimmobilie.de/caverion\_whitepaper\_bim.pdf
- Redmond et al., 2015, Developing an Integrated Cloud Platform for Enabling 'Holistic Energy Management' in Urban Areas
- Robert et al., 2014, An approach to enhancing the connection between BIM models and building energy simulation HVAC systems in the loop
- Roland Berger (2016). https://www.rolandberger.com/publications/publication pdf/roland berger digitalisierung bauwirtschaft final.pdf
- Stundon et al., BUILDING INFORMATION MODELLING ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT ON DOMESTIC DWELLINGS: A COMPARATIVE STUDY, 2015, http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/655c8e4df29cc6c1b704ebf2b32cdf2a.pdf
- Van Treeck et al.: "Gebäude. Technik. Digital. BIM", Springer Verlag 2016 Pilotvorhaben
- Vladislav Nasyrov (2013). Masterarbeit, S.103: <a href="http://www.cms.bgu.tum.de/publications/theses/nasyrov">http://www.cms.bgu.tum.de/publications/theses/nasyrov</a> 2013 ritter.pdf

<ol><li>BIM als Planungsmethod</li></ol>	зe.
--	-----

■ ZukunftBau: BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan (2013), <a href="http://www.irbnet.de/daten/rswb/13039000568.pdf">http://www.irbnet.de/daten/rswb/13039000568.pdf</a>

# 3. BIM als Managementmethode zum Betrieb von Gebäuden

# **Bewertung Anwendungsfall BIM-Betrieb**

# Gesamtbewertung anhand folgender Faktoren:

	NWG
Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung	mittel
Potenzial zur verstärkten Nutzung von Erneuerbare Energien	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	mittel
Systemische Kosten	mittel
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	mittel

### Kurzbeschreibung:

Mithilfe von BIM können umfangreiche Gebäudemodelle erstellt werden, die Informationen über jedes einzelne Bauteil enthalten. Die Gebäudemodellierung ermöglicht unter anderem die gemeinsame Optimierung von Instandhaltungs- und Ersatzinvestitionen sowie die energetischen 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.

# Wesentliche Anwendungsfälle:

**Etablierung von BIM am Flughafen Frankfurt Main**: Zur Steigerung der Nachhaltigkeit der Bestandsimmobilien im Betrieb wird der Flughafen in Frankfurt am Main aktuell in BIM modelliert. 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. [1]

Green Building Studio: Das von Autodesk auf einem BIM-Modell aufbauende Modul Green Building Studio ist ein webbasierter Service, der branchenführende Gebäude- und CO₂-Analyse-Tools umfasst. Im Vordergrund steht die Messung der von dem Gebäude verbrauchten Ressourcen. [2] [3]

### Wesentliche Hemmnisse:

- 1. Technologiebezogen: Entwicklungsbedarf bei einheitlichen Datenaustauschformat sowie bei der Kompatibilität von BIM-Daten und Energie-Simulationen
- 2. Informationsbezogen: Fehlende und unvollständige Gebäudeinformationen
- 3. Verhaltensbezogen: Anwendung von BIM wird als nicht notwendig erachtet mit dem Argument, dass bewährte Planungsmethoden ausreichend sind.

#### Türöffner:

- 1. Schulung der Mitarbeiter: Das benötigte Knowhow zur Modellierung von BIM-Modellen und zur Anwendung während des Betriebs von Gebäuden muss geschaffen werden
- 2. Verpflichtung zur Nutzung von BIM: Möglichkeit bei öffentlichen Ausschreibungen
- 3. Entwicklung eines einheitlichen Datenaustauschformates: Anpassung und Entwicklung von Standards die den Anforderungen der Industrie gerecht werden

#### Wesentliche Stakeholder:

Unternehmen in der Bauwirtschaft, Auftraggeber (Öffentliche Hand/Unternehmen), Bund

# 3.1 Kurzbeschreibung

# Anwendungsfeld:

Energieoptimales Management von Gebäuden im Betrieb mithilfe des Building Information Modelings (BIM).

# Gebäudetyp:

NWG

### Stand der Technik:

Mithilfe von BIM können umfangreiche Gebäudemodelle erstellt werden, die Informationen über jedes einzelne Bauteil enthalten, wie z. B. das Material und dessen physikalische Eigenschaften, den Hersteller, die Kosten, die Position im Bauwerk und die Lebensdauer. Die Gebäudemodellierung ermöglicht unter anderem die gemeinsame Optimierung von Instandhaltungs- und Ersatzinvestitionen sowie die Simulation von technischen Anlagen. Es unterstützt damit auch die energetische Optimierung von Gebäuden während des Betriebs bzw. der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Der Einsatz von BIM-

Software setzt einen herstellerneutralen, offenen Austauschstandard von Daten voraus. Weltweit wird hierfür das Industry Foundation Classes (IFC) oder in Deutschland speziell auch der Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA) genutzt. Die erforderliche Hard- und Software ist verfügbar, teilweise jedoch noch sehr auf Hochbau ausgerichtet. [1]

### Marktsituation:

In Deutschland spielt das energieoptimale Management von Gebäuden im Betrieb durch BIM am Markt bisher kaum eine Rolle. Ebenso steht der Einsatz von BIM in der Planung von Neubauten noch ganz am Anfang. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland beim Einsatz von BIM weit zurück. Im Jahr 2015 arbeiteten gerade einmal 14 Prozentder Planer seit mehr als einem Jahr nach der BIM Methode (Stand 2015) [2]. Die Wahrscheinlichkeit der Anwendung der Methode steigt mit zunehmenden Projektvolumen und -komplexität. Theoretisch ist BIM auf alle Projektgrößen anwendbar, wird aufgrund der ökonomischen Sinnhaftigkeit jedoch nur bei Großprojekten angewendet. Bei Projektgrößen von über 25 Mio. € arbeitet bereits jedes dritte Unternehmen mit BIM. [2] Die Steigerung der Anwendung von BIM in Deutschland wird von der Bundesregierung unterstützt indem Standardisierungsmaßnahmen durchgeführt, Leitfäden, Checklisten und Muster erarbeitet sowie Pilotprojekte gefördert werden. [3] [4]

Der weltweite Markt für BIM Dienstleistungen und Produkte umfasst ca. US \$ 4 Milliarden (Stand 2016) [5].

### Ausblick:

Die Bundesregierung plant die Einführung einer BIM-Cloud in welcher die Daten zu Eigenschaften von Materialien gespeichert werden sollen. Darüber hinaus soll bis 2020 ein nationales BIM Kompetenzzentrum eingerichtet werden, welches als zentrale Anlaufstelle dienen soll. [6] Fast jeder vierte Planer in Deutschland geht davon aus, dass sich die Planungsmethode BIM in den nächsten zehn Jahren flächendeckend durchsetzen wird [2].

Der weltweite BIM-Markt soll bis zum Jahre 2022 um durchschnittlich 16 Prozent wachsen, sodass er eine Marktgröße von \$ 11 Milliarden erreichen wird [5].

### 3.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall

Es werden zwei mögliche Anwendungsfälle beim energieoptimalen Management von Gebäuden im Betrieb mithilfe von BIM unterschieden:

Im **ersten Fall** wird bei einem bereits bestehenden Gebäude, welches ohne BIM errichtet worden ist, BIM genutzt, um das Gebäude zu sanieren und idealerweise die Energieeffizienz zu steigern. Hierfür ist es notwendig mit einem Modellierer und Architekten ein BIM-Modell zu bauen, was auf die energetische Sanierung ausgerichtet ist. Dafür werden bereits bestehende Daten erfasst und fehlende Daten durch Laserscans und Photogrammmetrie Technologie gesammelt.

Im **zweiten Fall** wird BIM beim Management von Gebäuden genutzt, die bereits auf ein bestehendes BIM-Modell zurückgreifen können. Hier kann der Facility-Manager, nachdem das BIM-Modell aktualisiert und mit der notwendigen Software kompatibel ist, Energie Simulationen durchführen. [7]

Im Folgenden werden verschiedene Anwendungsbeispiele sowie am Markt verfügbare BIM-Software mit "Energieeffizienz" oder "Optimierung Erneuerbare Energien" - Modulen vorgestellt.

Etablierung von BIM am Flughafen Frankfurt Main

Zur Steigerung der Nachhaltigkeit der Bestandsimmobilien im Betrieb wird der Flughafen in 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, Instandhaltungsstrategien oder technischer 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. [8]

■ Shanghai Shen Du Building

Der über 600 Meter hohe Shanghai Tower wurde mit Hilfe von BIM Technologie geplant und gefertigt. Seit seiner Eröffnung in 2015 wird BIM zum Lebenszyklusmanagement, dem Facility Management und der Instandhaltung genutzt, um das Gebäude effizient und systematisch zu managen. Vergleichswerte zu erreichten Energieeinsparpotentialen wurden nicht veröffentlicht. [9]

■ 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. [10]

### Autodesk: Green Building Studio

Autodesk ist der Marktführer bei der Bereitstellung von Software für BIM. Das von Autodesk auf einem BIM-Modell aufbauende Modul Green Building Studio ist ein webbasierter Service, der branchenführende Gebäude- und CO2-Analyse-Tools umfasst. Im Vordergrund steht die Messung der vom Gebäude verbrauchten Ressourcen. Das Programm enthält verschiedene Features wie z.B. eine Energie-Analyse des Gebäudes. Hierbei wird der gesamte Energieverbrauch und der CO2 Fußabdruck ermittelt. Der Energieverbrauch wird dabei in die Verbrauchskomponenten Licht, Geräte, Raumheizung usw. unterteilt. Darüber hinaus kann unter anderem eine Lichtanalyse, Wasserverbrauchs- und Kostenbewertung sowie eine Photovoltaik-Potenzial-Rechnung durchgeführt werden. Das Programm ist kostenlos für Kunden verfügbar, die ein Abonnement eines anderen Autodesk Produktes abgeschlossen haben. Für Bestandsgebäude ist es möglich die individuelle Nutzung des Gebäudes zu hinterlegen und automatisch, basierend auf historischen Wetterdaten, ein Energiemodell zu erzeugen. [11] [12]

# ■ Integrated Environment Solution (IES) – VE für Ingenieure

Abhängig vom Stadium des Lebenszyklus des Gebäudes werden beim VE verschiedene Daten aus dem BIM Prozess extrahiert, um diese anschließend zu analysieren. IES wirbt explizit dafür, dass ihr Produkt auch in der Phase des Betriebs sowie für Renovierung von Bestandsgebäuden geeignet ist. Die Software ist modular aufgebaut. Die Simulation ApacheSim ist ein zentraler Simulationsprozessor, der es unter anderem ermöglicht den Einsatz Erneuerbarer Energien für betrachtete Gebäude zu optimieren. Die Analyse umfasst eine jährliche Energieverbrauchsvorhersage auf Basis von Wetter-Daten. [13] [14]

■ Building Smart – Industrial Foundation Classes (IFC)

Buliding SMART stellt mit ihrem Datenmodell IFC ein allgemeines Datenschema zur Verfügung, das einen Austausch von Daten zwischen verschiedenen proprietären Software-Anwendungen ermöglicht. Dies ist eine Vorrausetzung bei der Erstellung bzw. Arbeiten mit BIM-Modellen. Das Datenschema umfasst Informationen aller am Bauprojekt mitwirkenden Disziplinen über dessen Lebenszyklus und ist seit IFC4 ein offizieller ISO-Standard. [15]

# 3.3 Schlüsselindikatoren

Schlüsselindikatoren	Bewertung
	+ Bei Neubauprojekten ist mit Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent zu rechnen. Bei Sanierungsprojekten ist das Potenzial in Abhängigkeit vom energetischen Stand des Gebäudes voraussichtlich noch höher. [16]
Steigerung der Energieeffizienz	+ Durch die Möglichkeit verschiedene Alternativen am PC zu simulieren und deren Auswirkungen zu bewerten können neue Optimierungsniveaus erreicht werden.
Energieemzienz	+ Sensibilisierung für den Energieverbrauch durch kontinuierliches Monitoring und Controlling.
	- Bei Gebäuden die mit BIM bereits geplant worden sind, ist die Möglichkeit der Steigerung der Energieeffizienz gering, da bereits eine hohe Energieeffizienz durch die Planung erreicht wurde.
Verstärkte Nutzung	+ Durch die Möglichkeit der Simulation des Einsatzes verschiedener Erneuerbarer Energien z.B. einer PV-Anlage oder
Erneuerbarer	Wärmepumpe, können fundierte Entscheidung für den optimierten Einsatz von erneuerbaren Energien getroffen werden.
Energien	- Nutzung eines BIM-Modells im Betrieb führt nicht automatisch zur verstärkten Nutzung von Erneuerbaren Energien
	1. Fall: Gebäude ohne vorhandenes BIM-Modell
	+ Durch die verbesserte Planung und Abstimmung von Sanierung- und Umbaumaßnahmen können mögliche Fehlerquellen reduziert und Kosten gesenkt werden.
	+ Die Simulation verschiedener Energieeffizienzmaßnahmen und deren mögliche gegenseitige Wechselwirkungen erlaubt eine energie- und kostenoptimale Senkung des Energieverbrauchs des Gebäudes.
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Durch die Simulation kann das Kosten-Nutzen Verhältnis von Maßnahmen deutlich genauer als bisher ermittelt werden.
Kosten	- Zusätzliche Kosten für die Erstellung des Modells bzw. die Maßnahmen zur Beschaffung der notwendigen Daten (z.B. 3D-Scans) [7]
	2. Fall: Gebäude mit vorhandenem BIM-Modell
	+ Durch das bestehende BIM-Modell entfallen zusätzliche Kosten für die Bestandsaufnahme und den Datenabgleich, die bei anstehenden Sanierung und Umbaumaßnahmen entstehen würden. Insbesondere Gebäude mit einer Vielzahl an baulichen

	Veränderungen, wie z.B. Krankenhäuser oder Flughäfen, profitieren von einer BIM-Nutzung. [11] - Wird die BIM-Methode im laufenden Betrieb verwendet, fallen zusätzliche Kosten für den administrativen Aufwand des Gebäudedatenmodells an. [3]
Systemische Kosten	- Kosten für die Ausbildung der Mitarbeiter sowie in Hard- und Software fallen bei den meisten Firmen in der Bauwirtschaft an
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisier ung	<ul> <li>+ Eine Mindestanforderung an die Gebäudeautomatisierung besteht nicht. Entscheidend ist nicht der Digitalisierungsgrad des Gebäudes, sondern das Vorhandensein eines digitalen Gebäudemodells.</li> <li>- Beim Betrieb des Gebäudes ist es umso einfacher die Erkenntnisse aus dem BIM-Modell umzusetzen und zu monitoren, je höher der Grad an Gebäudeautomatisierung ist.</li> <li>- Je höher der Grad an Gebäudeautomatisierung ist, umso besser ist die Datenqualität und umso geringer ist der Aufwand bei der Datenerfassung.</li> </ul>

# 3.4 Quellen

- planen-bauen 4.0 Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH, "Stufenplan Digitales Planen und Bauen- Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken," Dezember 2015. [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?\_\_blob=publicationFile. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [2] S. Braun, D. Rieck und C. Köhler-Hammer, "Ergebnisse der BIM-studie für Planer und Ausführende »Digitale Planungs- und Fertigungsmethoden«," 2015. [Online]. Available: http://www.detail.de/fileadmin/uploads/BIM-Studie\_CKH\_\_150706.pdf. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- P. D. K. Eschenbruch, P. D.-I. A. Malkwitz, D. J. Grüner, D.-I. A. Poloczek und D.-I. C. K. Karl, "Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen," 2014. [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-massnahmenkatalog.pdf?\_\_blob=publicationFile. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, "Digitales Planen und Bauen Stufenplan zur Einführung von Building Information Modeling (BIM)," [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html?nn=12830. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [5] Market Research Future, "Building Information Modelling Market Research Report- Global Forecast 2022," Februar 2017. [Online]. Available: https://marketresearchfuture.com/report\_info.pdf?report\_id=2044. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [6] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, "Masterplan Bauen 4.0 vorgelegt," 24. Januar 2017. [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2017/009-dobrindt-bim-gipfel.html. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [7] M. Khaddaja und I. Srourb, "Using BIM to Retrofit Existing Buildings," 2016. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816301990. [Zugriff am 09. Mai 2017].
- [8] D.-I. H. Rohr und D.-I. S. Külzer, "Etablierung von BIM am Flughafen Frankfurt Main in der Schnittstelle zum Facility Management," [Online]. Available: https://www.mesago.de/v3/download.php?name=41\_Rohr.pdf&c\_id=8000&file=41\_rohr.pdf. [Zugriff am 08. Mai 2017].

- [9] Autodesk, Inc., "Rising to new heights with BIM.," 2012. [Online]. Available: http://csd.ru/inc/bim/shnghai\_tower\_construction\_and\_development\_customer\_story.pdf. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [10] C. Reid, "Project Applications of BIM," 31 März 2017. [Online]. Available: http://epicscan.com/project-applications-of-bim/. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [11] Autodesk, Inc, "Green Building Studio," 2013. [Online]. Available: https://gbs.autodesk.com/GBS/. [Zugriff am 09. Mai 2017].
- [12] E. P. E. Moakher und P. D. S. S. Pimplikar, "Building Information Modeling (BIM) and Sustainability Using Design Technology in Energy Efficient Modeling," 2012. [Online]. Available: http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol1-issue2/C0121021.pdf. [Zugriff am 09. Mai 2017].
- [13] Integrated Environmental Solutions, "BIM 4 Analysis," [Online]. Available: https://www.iesve.com/software/ve-for-engineers#bim-4-analysis. [Zugriff am 09. Mai 2017].
- [14] Integrated Environmental Solutions, "VE for Engineers," [Online]. Available: https://www.iesve.com/software/ve-for-engineers. [Zugriff am 09. Mai 2017].
- [15] buildingSMART e.V., "Standards," [Online]. Available: http://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards. [Zugriff am 08. Mai 2017].
- [16] S. Hodges, "Building Information Modeling for Energy Efficiency," 2010. [Online]. Available: https://www.aeecenter.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3619.com. [Zugriff am 08. Mai 2017].

### 3.5 Pilotvorhaben

- Zur Steigerung der Nachhaltigkeit der Bestandsimmobilien im Betrieb wird der Flughafen in Frankfurt am Main aktuell in BIM modelliert. 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.
- Epic Scan erstellt von bestehenden Gebäuden mithilfe eines 3D Laser-Scans ein BIM-Modell. Beispielsweise wurde das gesamte Gebäude des alten Postamtes in Chicago gescannt und in einem 3D-Modell erfasst.

# 4. Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung (BIM-Realisierung)

# **Bewertung Anwendungsfall BIM-Realisierung**

# Gesamtbewertung anhand folgender Faktoren:

	GWB
Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung	hoch
Potenzial zur verstärkten Nutzung von Erneuerbare Energien	-
Einzelwirtschaftliche Kosten	hoch
Systemische Kosten	neutral
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	gering bis mittel

## Kurzbeschreibung:

Industrielle Sanierung in Geschosswohngebäuden (GWB) ist ein neues Feld der Digitalisierung im Gebäudebereich. Erste Anwendungsfälle werden in einzelnen Pilotvorhaben erprobt und es werden laufend neue Erkenntnisse gewonnen. Zum einen umfasst das Anwendungsfeld die automatisierte Anfertigung von Baumodulen, die durch wenig Handarbeit kostengünstig vor Ort installiert werden können, zum anderen müssen digitale Gebäudemodelle zur Umsetzung der industriellen Sanierung weiterentwickelt werden, um den Aufwand des Einzelfalls zu reduzieren. Energieeffizienzsteigerungen sind hier sowohl bei Bestandsgebäuden als auch Neubauten Kernanliegen.

# Wesentliche Anwendungsfälle:

- Digitale Gebäudemodelle
- Industrielle Anfertigung von Bauteilen

# 4.1 Kurzbeschreibung

### Anwendungsfeld:

BIM-Realisierung – Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung

# Gebäudetyp:

**GWB** 

### Stand der Technik:

Die Verbreitung und Anwendung von digitalen Gebäudemodellen zum industriellen Sanieren ist noch gering und wird nur vereinzelt bei ausgewählten Projekten genutzt. Der Nutzen zur Produktivitätssteigerung durch Building Information Modeling (BIM) ist durch eine Vielzahl von wissenschaftlichen Studien belegt. [2] Praxiserfahrungen aus dem Ausland bestätigen ebenfalls seit Jahren das Potenzial zur Steigerung der Produktivität im Gebäudebereich. Allerdings müssen in diesem relativ neuen Anwendungsfeld im Gebäudebereich technische Herausforderungen überwunden werden um durch standardisierte Anwendungen und industrielles Hochskalieren eine höhere Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

### Marktsituation:

Industrielles Sanieren im Zusammenspiel mit digitalen Gebäudemodellen ist die Ausnahme der Anwendungsfälle in der Bauindustrie in Deutschland und Europa. Vereinzelt werden Teilaspekte durch standardisierte Vorgänge vorgenommen. Ganzheitliche Anwendungen für industrielles Sanieren sind jedoch die Ausnahme. Bevor industrielles Sanieren im weiteren Umfang angewandt werden kann, müssen wesentliche Herausforderungen, wie die Standardisierung, überwunden werden.

### Ausblick:

Um das Potenzial der Produktivitätssteigerung der Baubranche in Deutschland zu heben, müssen Maßnahmen zur Digitalisierung im Zusammenspiel mit industriellem Sanieren umgesetzt werden. Erfahrungen aus den Niederlanden belegen seit Jahren, dass dies maßgeblich zu einer höheren Energieeffizienz in Bestandsgebäuden und GWB beitragen kann.

# 4.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall

In Deutschland konnten bisher noch keine konkreten Anwendungsbeispiele identifiziert werden. Erfahrungen gibt es vor allem im europäischen Ausland. Die Technologien im Bereich industriellen Sanierens mit Hilfe von digitalen Werkzeugen lassen sich in die folgenden beiden Kategorien unterscheiden:

■ *Digitale Gebäudemodelle:* Eine Grundvoraussetzung für das industrielle Sanieren sind digitale Gebäudemodelle die bei Vor-Ort-Installationen neue Möglichkeiten zur Koordinierung bieten.

Industrielle Anfertigung von Bauteilen: Ein wesentlicher Teil der Produktivitätssteigerung mit Hilfe von industriellem Sanieren wird nur durch industrielle Massenanfertigung von Bauteilen in großer Stückzahl zu erreichen sein.

### A. Umsetzungsschritte

Das industrielle Sanieren besteht aus mehreren Einzelschritten, die nachfolgend genauer erläutert werden.

### 1. 3D-Scan des Gebäudes:

Gegenüber konventionellen Messtechniken verfügen 3D-Messtechniken über zahlreiche Vorteile. Durch eine höhere Detaildichte bei 3D-Modellen lassen sich auch im Nachhinein Modifikationen vornehmen. In den letzten Jahrzehnten haben sich verschiedene Anwendungen durchgesetzt. Auf dem Markt befindet sich eine Vielzahl von Lösungen von Hand- und terrestrischen Laserscannern bis zu fliegenden Drohnen, die aus der Luft 3D-Modelle von Gebäuden erstellen. So bietet die *FARO EUEROPE GmbH & Co. KG*, mit europäischem Hauptsitz in Stuttgart eine weite Palette an Produkten für das 3D-Scannen an: <a href="http://www.faro.com/aecsoftware18-0/de/">http://www.faro.com/aecsoftware18-0/de/</a>

Die Software *TruView* der britischen Firma *Hobs Studio* bietet ähnliche Lösungen für 3D-Scans und die Möglichkeit einer darauf basierenden Sanierung von Gebäuden. Als prominentes Anwendungsbeispiel für einen 3D-Scan mit dieser Software ist das Rathaus von Manchester zu nennen. Industrielles Sanieren wurde hier jedoch nicht vorgenommen: https://hobsstudio.com/services/3d-laser-scanning/, https://www.youtube.com/embed/beR1NmN92UI

### 2. Überführung in CAD/CAM Modelle:

Nach der digitalen Datenerhebung anhand von 3D-Scans werden die Datensätze in Registrierungsprogramme übernommen und dort verarbeitet mit Hilfe von Computer-aided Design (CAD) oder Computer-aided Manufacturing (CAM) Software. Um vom 3D-Scan zum BIM zu gelangen, bietet die *FARO EUROPE GmbH & Co. KG* zum Beispiel das *BIM ready Package for Revit* an: <a href="http://faro-3d-software.com/CAD/Products/FARO">http://faro-3d-software.com/CAD/Products/FARO</a> Ready Packages/BIM Ready Package for Revit.php

Die *Trimble RealWorks Point Cloud Modeling Software* von *Trimble Buildings*, einer Firma aus Kalifornien, bietet ähnliche Lösungen an. Hier werden ebenfalls aus hochauflösenden 3D-Scans Datenpunkte in digitale Gebäudemodelle umgewandelt: http://buildings.trimble.com/products/realworks

# 3. Projektierung

Auf dem digitalen Gebäudemodell basierend werden die notwendigen Fertigungsschritte des industriellen Sanierens in einer CAD/CAM Software geplant. In diesem Rahmen werden die Anforderungen der benötigen Bauteile zur Gebäudesanierung bestimmt und die Vor-Ort-Montage geplant.

# 4. Vorfertigung / industrielle Anfertigung der Bauteile

Nach abgeschlossener Planung werden auf dem digitalen Gebäudemodell basierend die benötigen Bauteile industriell angefertigt. Dieser Umsetzungsschritt im Rahmen des industriellen Sanierens befindet sich momentan noch in der Entwicklungsphase und es gibt nur wenige Beispiele für konkrete Anwendungen (siehe Projektbeispiele).

### 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.

# B. Projektbeispiele

EnergieSprong, Niederlande:

In der 2011 gegründeten, staatlich geförderten Initiative aus den Niederlanden wurden in Zusammenarbeit mit 20 Wohnungsunternehmen und zwölf Baufirmen, erste BIM-Pilotvorhaben im Gebäudebereich durch industrielles Sanieren von GWB umgesetzt. Anfang 2017 wurden insgesamt 1.800 Gebäude in serieller Bauweise saniert oder neu errichtet. Durch das Pilotvorhaben konnten bereits 2017 die Sanierungskosten um knapp die Hälfte gesenkt werden. [3] Durch standardisierte Produktentwicklung statt Einzelvergabe von Handwerksleistungen sollen weitere Produktivitätssteigerungen beim Sanieren im Gebäudebereich gehoben werden.

Ableger von EnergieSprong sind u.a. in Deutschland, Frankreich und dem Vereinigten Königreich geplant. In Deutschland soll das vom BMWi geförderte Projekt von 2017 – 2020 laufen. <a href="http://energiesprong.eu">http://energiesprong.eu</a>,

http://www.energiesprong.uk/wp-content/uploads/2015/07/EnergieSprong-Transition Zero document.pdf

■ EASEE (Envelope Approach to improve Sustainability and Energy Efficiency in existing mutli-storey multi-owner residential buildings):

In dem von 2012 – 2017 durchgeführten EU-Forschungsvorhaben EASEE wurden verschiedene zwischen 1925 und 1975 erbaute Mietshäuser in EU-Mitgliedsstaaten industriell saniert, darunter folgende drei repräsentative Pilotvorhaben, jeweils unter Angabe des Wärmedurchgangskoeffizienten vor und nach der Sanierung:

- Danzig (Baujahr 1950): 1,00 W/m²K → 0,33 W/m²K - Madrid (Baujahr 1960er): 1,88 W/m²K → 0,37 W/m²K - Mailand (Baujahr 1971): 0,80 W/m²K → 0,24 W/m²K

Bei dem Pilotvorhaben wurden keine hohen Stückzahlen erreicht. Kosteneinsparungen durch industrielle Anfertigungen wurden also nicht erforscht. Jedoch wurde das Prinzip der industriellen Vorfertigung von Bauteilen basierend auf digitalen Gebäudemodellen erprobt: <a href="http://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/02/EASEE-2016-Brux-workshop.pdf">http://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/02/EASEE-2016-Brux-workshop.pdf</a>, <a href="http://www.scpclearinghouse.org/initiative/easee">http://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/02/EASEE-2016-Brux-workshop.pdf</a>, <a href="http://www.scpclearinghouse.org/initiative/easee">http://www.scpclearinghouse.org/initiative/easee</a>

## 4.3 Schlüsselindikatoren

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Steigerung der	+ Die Energieeffizienz von GWB kann durch eine Massenanfertigung im industriellen Maßstab gesteigert werden.
Energieeffizienz	
Verstärkte Nutzung	Keine
Erneuerbarer Energien	
Einzelwirtschaftliche	- Bei Pilotvorhaben kam es zu hohen Initialkosten. Darüber hinaus sind Investitionsrisiko und Kostenoptimierung unbekannt.
Kosten	- Bei geringer Anzahl sind die Kosten pro Einzelauftrag hoch.
	+ Bei Massenanfertigung und Großaufträgen besteht ein enormes Kosteneinsparpotenzial (bis 50%). [3]
	+ Die Bauindustrie und Wohnungswirtschaft profitieren wirtschaftlich durch industrielle Sanierung.
Systemische Kosten	neutral
Benötigter Grad an	+ Der benötigte Grad an Gebäudeautomatisierung für das industrielle Sanieren ist gering.
Gebäudeautomatisierung	+ Ein höherer Grad an Gebäudeautomatisierung kann in der Nutzungsphase des Gebäudes für ein effektives Monitoring in
	Hinblick auf Energieeffizienz genutzt werden.

## 4.4 Quellen

- [1] Energiesprong, 2016: Transition Zero. http://www.energiesprong.uk/wp-content/uploads/2015/07/EnergieSprong-Transition\_Zero\_document.pdf
- [2] McGraw Hill Construction, 2014: The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets.

  <a href="http://cdn2.hubspot.net/hubfs/1779970/BIM/Gated Content/2014 Business Value of BIM for Construction Report.pdf?t=1495483915217">http://cdn2.hubspot.net/hubfs/1779970/BIM/Gated Content/2014 Business Value of BIM for Construction Report.pdf?t=1495483915217</a>
- [3] Dena und Energiesprong, 2017: Serielles Sanieren von Mehrfamilienhäusern

4. Digitale Werkzeuge für die industrielle Sanierung (BIM-Realisierung)

# 4.5 Pilotvorhaben

■ EnergieSprong

## 5. Erhöhung Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit der erneuerbaren Energien im Wärmebereich

## Bewertung Anwendungsfall Steigerung Wirtschaftlichkeit & Systemdienlichkeit

### Gesamtbewertung anhand folgender Faktoren:

	EFH/ZFH	GWB	NWG
Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung	keine/negativ	keine/negativ	keine/negativ
Potenzial zur verstärkten Nutzung von Erneuerbare Energien	gering	gering	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	gering	gering	gering
Systemische Kosten	hoch	hoch	hoch
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	gering	gering	gering

## Kurzbeschreibung:

Das Anwendungsfeld umfasst die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit von Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen<sup>1</sup>, Batteriespeichern und BHKW durch die Synchronisation mit Preissignalen sowie die Teilnahme am Regelleistungsmarkt bzw. an Schwarmkonzepten oder Energiehandelssystemen.

Durch den Smart-Meter Rollout (intelligenter Messsysteme - iMSys) kann die Messung und Abrechnung des Stromverbrauchs von Gebäuden zeitabhängig erfolgen. Weiterhin bringt das iMSys eine Möglichkeit für die Ansteuerung von Wärmepumpen und BHKW mit sich. In der Kombination dieser Möglichkeiten wird die Möglichkeit der Reaktion auf Großhandels-Strompreise und die Teilnahme am Regelleistungsmarkt eröffnet.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 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.

## Wesentliche Anwendungsfälle:

Teilnahme von Wärmepumpen am Strommarkt: Wärmepumpen werden in Abhängigkeit der Preise am Day-ahead Markt oder Intraday-Markt gesteuert und/oder nehmen am Regelleistungsmarkt teil.

Perspektivisch ist dies auch für Batterien und E-Kfz denkbar, ist allerdings unwirtschaftlich.

Teilnahme von BHKW am Strommarkt: BHWK werden in Abhängigkeit der Preise am Day-ahead Markt oder Intraday-Markt gesteuert und/oder nehmen am Regelleistungsmarkt teil.

Nicht betrachtet: Gesteuertes Laden von E-Kfz aufgrund von lokalen Netzengpässen, da hier für noch keine regulatorische Lösung existiert und dies eine rein netzdientliche Anwendung ist.

#### Wesentliche Hemmnisse:

*Ungenügender wirtschaftlicher Anreiz:* Die Anreize aus dem Strommärkten BHKW und Wärmepumpen flexibel preisgesteuert bzw. zur Bereitstellung von Regelenergie zu betreiben sind derzeit gering. Allerdings wird mittelfristig eine Steigerung der Volatilität der Marktpreise für Flexibilität erwartet.

Technische Voraussetzungen liegen nicht vor: Sind BHKW und Wärmepumpen nicht mit iMSys (oder RLM-Messung)<sup>2</sup> ausgestattet ist eine Vermarktung ihrer Flexibilität an den Strommärkten nicht oder nur schwierig möglich(Standardisierungsanforderung des BSI befindet sich aktuell noch in der Entwicklung).

#### Türöffner:

Verteilnetzbetreiber oder unabhängige Messstellenbetreiber steuern im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften die Geschwindigkeit des Rollouts von iMSys.

Aggregatoren bündeln im Auftrag von Anlagenbetreibern die Flexibilität der Anlagen und vermarkten sie auf Strom- und Regelleistungsmärkten.

#### Wesentliche Stakeholder:

- Bundesverband Neue Energiewirtschaft
- Aggregatoren (Next Kraftwerke, Enernoc, Statkraft etc.)
- Labels für technische Anforderungen: SG ready, VHP ready
- Regulierung (BSI)

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> RLM Messung = Registrierende Leistungsmessung. Es handelt sich dabei um das derzeit angewendete Verfahren zur Lastgangmessung. Es wird für Erzeugungsanlagen > 100 kW eingesetzt.

### 5.1 Kurzbeschreibung

## Anwendungsfeld:

Das Anwendungsfeld umfasst die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Systemdienlichkeit von Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen<sup>3</sup>, Batteriespeichern und BHKW durch die Synchronisation mit Preissignalen sowie die Teilnahme am Regelleistungsmarkt bzw. an Schwarmkonzepten oder Energiehandelssystemen.

### Gebäudetyp:

Ein- / Zweifamilienhäuser (Anwendungen: vornehmlich Wärmepumpen und Batteriespeicher),) Geschosswohnungsbauten und Nichtwohngebäude (Anwendungen: vornehmlich BHKW, Wärmepumpen. Perspektivisch Batteriespeicher im Bereich Elektromobilität)

#### Stand der Technik:

Im Status quo werden nur Verbraucher mit einem elektrischen Jahresverbrauch von mehr als 100 MWh oder Erzeuger mit einer Anschlussleistung von mehr als 100 kW mit einer Lastgangmessung (RLM Messung) ausgerüstet. Diese Form der Messung ist Voraussetzung für die Teilnahme am Strommarkt. Dies betrifft also vor allem größere Nichtwohngebäude bzw. Industrieanlagen.

Voraussetzung für die zeitabhängige Messung (Lastgangmessung) und Abrechnung ist der Einbau eines iMSys, was einen digitalen Zähler (auch als "modernes Messsystem bezeichnet) sowie ein Smart Meter Gateway (SMGw) beinhaltet. Das SMGw stellt die Kommunikationskanäle zwischen Zähler und Messstellenbetreiber sicher. An das SMGw kann eine Steuerbox angeschlossen werden, die Steuersignale an 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 SMGW soll in diesem Jahr (2017) beginnen. Gegenwärtig (Mai 2017) sind vom zuständigen Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) noch nicht alle technischen Anforderungen ausdefiniert, die für die Produktion und den Rollout der SMGw erforderlich sind (aktuell gibt es noch kein zertifiziertes Produkt, da eine Zertifizierung noch nicht möglich ist). Es wird daher ein Beginn des Rollouts im Jahr 2018 erwartet.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 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.

#### Marktsituation:

Eine Einbindung von BHKW und Wärmepumpen in den Strommarkt erfolgt derzeit nur für Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW. Hierfür liegen Angebote von Dienstleistern vor. Für kleinere Anlagen ist eine Vermarkung aufgrund der fehlenden Lastgangmessung noch nicht möglich. RLM Messungen sind mit jährlichen Kosten von rund 400 bis 500 € verbunden und beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit deutlich.

Die Nachfrage nach Flexibilität ist in den letzten Jahren gesunken, was sich in geringerer Strompreisvolatilität sowie geringeren Regelleistungspreisen ausdrückt.

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.

#### Ausblick:

Wird der Ausbau Erneuerbare Energien gemäß den Zielstellungen der Bundesregierungen weiter vorangehen, wird sich in den nächsten Jahren, spätestens aber ab 2030 eine deutliche Nachfragesteigerung nach Flexibilität einstellen. Dies hat unmittelbar Auswirkung auf die Attraktivität von Geschäftsmodellen wie der beschriebenen die auf die Erschließung neuer Flexibilitätsquellen setzen.

### **5.2 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.

Da zunehmend Leistung von Großkraftwerken durch den Einsatz Erneuerbarer Energien verdrängt werden, existiert der politische Wille, dass (biomassegefeuerte) BHKW Systemverantwortung übernehmen. Das bedeutet, dass sie ihre Produktion an die Angebots- und Nachfragesituation anpassen, d.h. stromgeführt betrieben werden. Zusätzlich sollte es Ihnen ermöglicht werden Regelleistung bereitzustellen. Dazu existieren bereits Anreize im Fördersystem (Flexibilitätsbonus). Aus Systemsicht bedeutet dies eine verbesserte Synchronisation von Angebot und Nachfrage am Strommarkt. Dies beinhaltet die potenzielle Verringerung von Abregelung von Erneuerbaren Energien und damit eine Reduzierung von Brennstoffkosten und bereitgestellter Leistung.

### ■ Einführung der Lastgangmessung auch für Kleinanlagen

Derzeit sind nur bei BHKW > 100 kW Lastgangmessungen installiert, die Voraussetzung für die Vermarktung am Strommarkt sind. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Messkosten von rund 400 €/a lohnt sich der Einbau bei kleineren Anlagen derzeit nicht. Auch schrecken vor allem die Steuerungsbox, ggf. die Ertüchtigung der GLT oder PLT, der Eingriff durch Dritte generell und die Beteiligung des Aggregators ab. Gleichzeitig trifft EEG-Anlagen mit einer Leistung > 100 kW die Direktvermarktungspflicht aus dem EEG.

Durch den Rollout intelligenter Messsysteme (iMSys, umgangssprachlich auch Smart-Meter-Rollout genannt) werden Messsysteme zur Verfügung stehen, die eine Lastgangmessung mit einer deutlich günstigeren Technologie ermöglichen. Die Kosten betragen maximal 100 €/a (Anlagenbetreiber muss der Umrüstung zustimmen). BHKW-Kleinanlagen mit einer Leistung 7 kW müssen innerhalb von 8 Jahren ab 2017 mit iMSys ausgestattet werden. Der Rollout wird voraussichtlich 2018 beginnen.

Weiterhin bringt das iMSys eine Kommunikationsinfrastruktur für eine Ansteuerung von BHKW mit sich (Smart Meter Gateway und Steuerbox). Damit wird 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. Dies stellt derzeit ein Hemmnis dar, das nur langsam durch Projekte mit Vorbildfunktion überwunden werden kann.

### Weitere Standardisierung von Protokollen

Für komplexe Steuerungsaufgaben, die die Verbindung von unterschiedlichen Einzelanlagen wie Wärmepumpen, Speichern, BHKW, steuerbaren Lasten etc. zu einem virtuellen Kraftwerk erlauben, wurde der Kommunikationsstandard VHPready entwickelt. 4 Er ist ein öffentlicher und internationaler Industriestandard zur Vernetzung dezentraler Anlagen in Virtuellen Kraftwerken und Smart Grids. VHPready wird in dem SINTEG Projekt WindNode eingesetzt und weiterentwickelt. Welche Bedeutung dieser Standard für die Entwicklung von virtuellen Kraftwerken hat, müsste durch eine separate Untersuchung geprüft werden.

## ■ Wirtschaftliche Voraussetzungen

Voraussetzung für die Vermarktung von Flexibilität von BHKW und Wärmepumpen an den Strommärkten ist eine entsprechende Nachfrage nach Flexibilität. Diese drückt sich in einer Volatilität der Großhandelspreise auf dem Strommarkt sowie der Regelenergiepreise aus. In beiden Marktsegmenten hat sich in den vergangenen Jahren ein Preisrückgang ergeben. Sowohl der "peak – offpeak" spread als auch die Anzahl der Extrempreise haben sich reduziert. Ebenso sind die Leistungspreise auf den Regelenergiemärkten zurückgegangen. Grund für diese Entwicklung ist auf der einen Seite ein konstanter Flexibilitätsbedarf in Verbindung mit einem deutlichen Anstieg der Angebotsseite. Die Anzahl der Anbieter am

-

<sup>4</sup> www.vhpready.de

Regelenergiemarkt hat sich deutlich erhöht und durch die verstärkte internationale Kooperation in Regelenergiemärkten entstand weiterer Angebotsdruck.

## Virtuelles Kraftwerk von Next Kraftwerke<sup>5</sup>

Das virtuelle Kraftwerk von Next Kraftwerke polt Erzeuger und Nachfrager, so dass als Summe der Eigenschaften die Voraussetzungen für die Teilnahme am Strommarkt sowie am Regelenergiemarkt (Blockgröße > 5 MW) erfüllt werden. Die Teilnahmevoraussetzung ist eine Mindestgröße der 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 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 – zu Hause Kraftwerk

LichtBlick wollte in Kooperation mit VW innerhalb weniger Jahre 100.000 ZuhauseKraftwerke installieren. Statt 30.000 Euro sollte das BHKW nur 5.000 Euro Baukostenzuschuss kosten. Mit einem monatlichen Grundpreis von effektiv 15 Euro 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 in 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 Stunden 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, eine 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

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Siehe https://www.next-kraftwerke.de/energie-blog/stromhandel-regelenergie

Installation bis hin zur Reststrom-Belieferung mit 100 Prozent Ökostrom aus Deutschland 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 Nachspeicherheizungen 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 ist, 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 zur Verfügung gestellt, 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 dagegen 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 nicht nach TLP beliefert, sondern ihr Lastgang wird über das iMSys gemessen, denn in der Planung des Rollouts für iMSys sind Wärmepumpen als "unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen" nach § 14a EnWG zu priorisieren. Auch wird über das iMSys die Möglichkeit bestehen, die Anlagen durch den Lieferanten anzusteuern. Damit wird es ihm 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 standardisierte 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].

Derzeit ist die Einbindung von Wärmepumpen in virtuelle Kraftwerke, die sich am Strommarkt orientieren nur in Pilotprojekten möglich. Der Fokus liegt dagegen auf der Maximierung des Eigenverbrauchs in Kombination mit PV (siehe separater Steckbrief "Optimierung des EE-Eigenverbrauchs").

# 5.3 Schlüsselindikatoren

Die unten genannten Schlüsselindikatoren gelten, sofern nicht separat benannt, für alle Gebäudetypen.

Schlüsselindikatoren	Bewertung (qualitativ, quantitativ)
Steigerung der Energieeffizienz	Durch Strompreisführung werden die Gebäudesysteme weniger optimal geführt, dadurch kann der Energieverbrauch (Strom für Wärmepumpen, Brennstoff) für lokal steigen. Dieser Mehrverbrauch wird durch die Einsparungen im konventionellen Kraftwerkspark ausgeglichen.
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.
Einzelwirtschaftliche Kosten	<ul> <li>Erhöhte Grundkosten für iMSys.</li> <li>Erhöhte der Brennstoffkosten für BHKW, Erhöhte Wärmegestehungskosten, Erhöhte Vermarktungserlöse Strom.</li> <li>Gesenkte Strombezugskosten für Wärmepumpen</li> </ul>
Systemische Kosten	Richtet den Blick auf Veränderungen der Kosten des deutschen Stromversorgungssystems
Veränderung Brennstoffkosten im Kraftwerkspark	Durch die Strompreisführung wird der Einsatz teurer Kraftwerke vermieden. Gleichzeitig können Erneuerbare Energien besser genutzt werden, da Abregelung reduziert wird [Studie Ecofys/Prognos]
Veränderungen Kapazitäten gesicherte Kraftwerksleistung	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]
Veränderungen Netzkosten (ÜNB; VNB)	Es existiert eine hohe Korrelation von Residuallast und Netzbelastung. Daher ist prinzipiell auch mit einer Reduzierung von Netzkosten zu rechnen. [Studie Prognos für Agora]
Benötigter Grad an	Werden nicht durch diese Maßnahme getrieben

### Gebäudeautomatisierung

## 5.4 Quellen

- Ecofys/Prognos (2011): Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strommarkt und zur Netzintegration erneuerbarer Energien. Studie im Auftrag des BMWi
- BWP Brachenstudie (2015): Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- Ecofys (2016): Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern. Studie im Auftrag von Agora Energiewende
- Ecofys (2015): The role of energy efficient buildings in the EUs future power system. Studie im Auftrag von Eurima
- Ecofys, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (2016): Wärmeversorgungstechniken in einem regenerativen Energiesystem. Studie im Auftrag von Umweltbundesamt.
- Viessmann Deutschland GmbH, "Hybrid-Lösungen," Februar 2017. [Online]. Available: http://www.viessmann.de/content/dam/vibrands/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].
- BHKW Infozentrum (2014). Available: https://www.bhkw-infozentrum.de/aktuelle-bhkw-statements/zuhausekraftwerk-gescheitert-lichtblick-und-vw-gehengetrennte-wege.html

#### 5.5 Pilotvorhaben

- Lichtblick
- Sonnen

5. Erhöhung Wirtschaftlichkeit/Systemdienlichkeit der erneuerbaren Energien im Wärmebereich	

# 6. Optimierung Eigenverbrauch erneuerbarer Energien

## Gesamtbewertung:

	EFH/ZFH	GWB	NWG
Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung	gering	gering	gering
Potenzial zur verstärkten Nutzung von Erneuerbare Energien	hoch	mittel	gering
Einzelwirtschaftliche Kosten	mittel	mittel	mittel
Systemische Kosten	gering	gering	gering
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	gering	mittel	mittel

### Kurzbeschreibung:

Das Anwendungsfeld umfasst 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. Verschiedenste Technologien sind am Markt verfügbar. Es ist mit einer steigenden Nachfrage nach Systemen zu Optimierung des EE-Eigenverbrauchs und PV-Anlagen im Bereich der EFH/ZFH zu rechnen. Der Einsatz von Smart-Home-Konzepten wird diese Entwicklung noch verstärken. In GWB bzw. NWG dagegen ist die Optimierung des EE-Eigenverbrauchs weniger vielversprechend, da eine hohe Auslastung zumeist ohne weitergehende Optimierung erreicht wird.

# Wesentliche Anwendungsfälle:

Stromspeicher für PV-Anlagen: Der Eigenstromverbrauchsanteil von PV-Anlagen kann wesentlich durch die Installation eines Stromspeichers (Lithium-Ion) gesteigert werden.

Smart-Home Konzepte: Über ein zentrales Energiemanagement können Erzeuger und Verbraucher (u.a. Wärmepumpe, weiße Ware, etc.) optimiert gesteuert werden.

#### Wesentliche Hemmnisse:

- 1. Wirtschaftlich: Verfügbare Technologien noch verhältnismäßig teuer und Wirtschaftlichkeit z.T. nicht zuverlässig ermittelbar.
- 2. Verhaltensbezogen: Gewohnte Verhaltensmuster sind z.T. durch neue zu ersetzen.
- 3. Informationsbezogen: Mangelnde Kommunikation und Transparenz der Anbieter bzgl. der Preise ihrer Produkte und Dienstleistungen sowie der zu erwartenden Einsparungen

#### Türöffner:

- 1. Netzparität: Ab diesem Zeitpunkt sind die Kosten für die Eigenproduktion von Strom und der Strompreis am Markt identisch. Dies führt zu einem stärkeren wirtschaftlichen Anreiz zur Steigerung des Eigenverbrauchs.
- 2. Klare regulatorische/gesetzliche Rahmenbedingungen: Klare Regelungen speziell zum Modell Mieter-Vermieter und zur EEG-Umlage sind notwendig, um (künftigen) Prosumern Investitionssicherheit zu geben.
- 3. *Elektroautos:* E-Autos fungieren als zusätzlicher Pufferspeicher. Sie sind vor allem Türöffner, wenn sie sowohl Be- als auch Entladen werden können. Hier besteht ein sehr hohes Anwendungspotenzial für das Smart Meter Gateways.

#### Wesentliche Stakeholder:

Prosumer, Konsumenten, Bund

## 6.1 Kurzbeschreibung

## Anwendungsfeld:

Optimierung des EE-Eigenverbrauchs durch angebotsabhängige Steuerung der Wärmeerzeugung bzw. der Stromnutzung ggf. in Kombination mit Speichern und der Einbindung von Smart-Home-Konzepten (automatisierte Haussteuerung).

## Gebäudetyp:

- EFH/ZFH
- GWB
- NWG

#### Stand der Technik:

Die Technologie ist bereits weit entwickelt. Es existieren verschiedenste Konzepte, die durch eine digitale Steuerung von Wärmepumpen, PV-Anlagen, Stromspeicher und Verbrauchern in Kombination mit Smart-Home Anwendungen einen Eigenverbrauch bei Ein- und Zweifamilienhäusern von bis zu 80-96 Prozent erreichen [1]. Die Eigenverbrauchsquote ist hierbei 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 Geschosswohnungsbau sind ebenfalls Potentiale vorhanden. 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.

#### Marktsituation:

Es gibt zahlreiche Anbieter die Konzepte zur angebotsabhängigen Optimierung des Eigenverbrauchs anbieten. Durch eine intelligente Steuerung der Wärmeerzeugung bzw. der Stromnutzung ggf. in Kombination mit Speichern wird in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage der Eigenenergieverbrauch optimiert. Dies kann in Kombination mit Smart Home Lösungen erfolgen. Die notwendigen Technologien, wie z.B. Stromspeicher, sind am Markt vorhanden. Die Wirtschaftlichkeit ist je nach betrachteter Technologie nicht zwingend gegeben. Der Bund fördert aktuell die Entwicklung, z.B. durch die Vergabe günstiger Kredite für Speicher in Kombination mit PV-Anlagen mit einem Tilgungszuschuss von bis zu 25 % [2]. Für den eigenverbrauchten Strom muss schon heute 40 Prozent der EEG-Umlage entrichtet werden, wenn die Anlagengröße die Grenze von 10 kW überschreitet [3].

Der Mieterstrommarkt für den Geschosswohnungsbau ist noch ein relativ junger Markt mit ca. 30 aktiven Teilnehmern im Wesentlichen aus der Energieversorgungs- und Wohnungswirtschaft [4]. 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 Mieterstrom vorsieht [5]. Darüber hinaus laufen bundeslandspezifische Förderprogramme für Mieterstrom.

Bei Nichtwohngebäuden 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 das Anpassen der 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 auch Förderprogramme für Gewerbestromspeicher beispielsweise in Nordrhein Westfallen. Das Bundesland fördert jeweils ein Batteriespeichersystem bei einer neu zu errichten PV-Anlage, wenn die Leistungsabgabe am Netzanschlusspunkt max. 50 Prozent der installierten Leistung beträgt. Bei PV-Anlage über 30 kWp kann ein Unternehmen max. 50 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben bzw. die Förderobergrenze von 75.000 € als Projektförderung erhalten. [6]

#### Ausblick:

In den kommenden Jahren ist mit sinkenden Kosten für die zur Eigenverbrauchoptimierung benötigten Technologien zu rechnen. Es wird mit einer steigenden Nachfrage nach Systemen zur Optimierung des EE-Eigenverbrauchs und PV-Anlagen gerechnet. Dies wird den Einsatz von Smart-Home-Konzepten verstärken. Ebenfalls ist mit der steigenden Wirtschaftlichkeit entsprechender Systeme von wachsenden Märkten und neuen Geschäftsfeldern für die Vermarktung auszugehen.

Im Geschosswohnungsbau existieren bisher kaum Projekte. Das vorhandene Potenzial wird aktuell noch nicht ausgeschöpft. Dieses wird durch die nun begonnene Förderung der Bundesregierung sowie den sinkenden Kosten für die benötigten Systeme in den kommenden Jahren zunehmend erschlossen werden. Entscheidend für die Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils im Geschosswohnungsbau wird die Schaffung klarer Regularien seitens des Gesetzgebers sein. Durch den aktuell im Bundestag diskutierten Gesetzesentwurf kann es zur Änderung des EEG und des Energiewirtschaftsgesetzes kommen. Dies würde Vorteile für den Mieterstromanbieter als auch die Mieter nach sich ziehen. Die Kosten für Mieterstrom könnten auf max. 90 Prozent des im jeweiligen Netzgebiet geltenden Grundversorgungstarifs begrenzt werden. Der Mietstrom würde abhängig von der Anlagengröße mit 2,75 bis 3,81 Cent pro kWh vergütet werden. [8] [9]

Ohne gezielte Förderprogramme für die Förderung von eigenverbrauchtem Strom in der Industrie ist mit keiner großen Entwicklung in dem Bereich zu rechnen. Die Anzahl an Gewerbestromspeicher wird durch zwei Entwicklungen getrieben und voraussichtlich steigen. Zum einen werden durch Förderprogramme entsprechende Anreize geschaffen, zum anderen wird mit dem Auslaufen der EEG-Förderung bei bestehenden EEG-Anlagen ab dem Jahr 2023 mit einem Anstieg gerechnet bei Nichtwohngebäuden. [6]

## **6.2** Konkrete Anwendungsbeispiele

### 6.2.1 Anwendungsmöglichkeiten/Geschäftsmodelle in 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 Verbraucher eigenverbrauchsoptimiert steuern. Voraussetzung sind entsprechend intelligente Verbraucher und die Akzeptanz bzgl. Programmierungsmehraufwand und/oder Flexibilitätseinschränkung bei den Nutzern.

### Beispiel Haushaltsgeräte

Die großen Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Trockner und Geschirrspüler können bis zu 30 Prozent vom Haushaltsstrombedarf beanspruchen. Viele Geräte besitzen heutzutage die Möglichkeit das Einschalten gezielt zu steuern, was eine intelligente Steuerung der Geräte ermöglicht. So kann in Kombination mit einer PV-Anlage das Einschalten auf Zeiten mit viel Solarstrom verschoben werden. Eine kostengünstigere Lösung für ältere Gerät sind

Zeitschaltuhren. Durch ein gezieltes Schalten der Waschmaschine kann je nach Energieeffizienzklasse des Gerätes und Stromverbrauch des Haushaltes eine Eigenverbrauchssteigerung von ca. 10 Prozent realisiert werden. [10]

Sunny Home Manager (SMA)

Die Firma SMA bietet einen Sunny-Home Manager mit dazu passenden Funksteckdosen an. Die Eigenverbrauchsoptimierung erfolgt durch die messtechnische Erfassung von Einspeisung, Bezug und Erzeugung sowie der Prognose von Verbrauch und Wetter. Die Verbrauchersteuerung erfolgt über Funksteckdosen oder den Gebäudeautomationsbus. Funktionssteckdosen werden tagsüber per Knopfdruck aktiviert und der Sunny Home Manager plant den Verbrauch der Geräte. Der Home Manager kann sowohl einzeln als auch als Teil eines Smart-Home-Konzeptes verwendet werden. Durch den einzelnen Verkauf der Geräte können Interessenten, denen ein Smart-Home Konzept zu teuer ist, die aber trotzdem ihren Eigenverbrauch optimieren wollen, angesprochen werden. [11] [12]

### Stromspeicher für PV-Anlagen

Der Eigenstromverbrauchsanteil von PV-Anlagen kann wesentlich durch die Installation eines Stromspeichers gesteigert werden. Die aktuell führende Speichertechnologie basiert auf Lithium-Ion-Batterien.

E.ON Aura Stromspeicher (Hersteller Solarwatt)

E.ON verfolgt die Geschäftsidee einer PV-Anlage mit integriertem Speicher mit flexibler Kapazität und richtet sich damit an Neukunden. Der Aura Stromspeicher ist ein Lithium-Ionen Batteriemodul, welches in der Grundausstattung eine Speicherkapazität von 4,4 kWh besitz und bis 11 kWh modular erweiterbar ist. Nach Herstellerangaben kann ein Eigenverbrauch von bis zu 70 Prozent erreicht werden. Durch die Integration einer Can-Bus Kommunikationsschnittstelle ist der Speicher von der KfW förderbar. Zusätzlich wird eine E.ON Aura App angeboten, um u.a. Informationen zum erzeugten Solarstrom und aktuellen Ladezustand der Batterien anzuzeigen. Das System kann zusätzlich durch den E.ON Aura Manager und den E.ON Aura Controller ergänzt werden. [13]

#### Sonnenbatterie

Die Firma Sonnenbatterie bietet sowohl einzelne Batteriespeicher an als auch Wechselrichter mit integriertem Batteriespeicher. Sie richtet sich damit sowohl an Neukunden als auch an Kunden, die bereits eine PV-Anlage besitzen und jetzt einen Speicher integrieren möchten. Die sonnenBatterie ist eine modular aufgebaute Lithium-Ionen Batterie, die eine Speichergröße von 2 kWh bis 16 kWh (je Modulgröße 2 kWh) erreicht. Die sonnenBatterie hybrid stellt dagegen ein Speicher-Komplettsystem mit ebenfalls flexibler Speichergröße dar, welche Batterie und Wechselrichter vereint und damit die Gesamtkosten für PV-Anlagen um bis zu 20 Prozent senkt. [14] [15]

#### Tesla Powerwall

Tesla bietet einen Stromspeicher mit unterstützender Hardware mit einer Größe von 14 kWh für 6.750 € an. Das Geschäftsmodell von Tesla ist hierbei die Rolle des Stromspeicherherstellers und -verkäufers einzunehmen. Die Installation sowie die Entwicklung und den Verkauf von kompatiblen Wechselrichtern überlässt Tesla dagegen anderen Unternehmen. Damit verfolgen sie das Ziel sowohl Besitzer von PV-Anlagen anzusprechen, welche die Powerwall nachträglich in ihr System integrieren, als auch Kunden die eine neue PV-Anlage bauen wollen. [16]

### **Elektroauto als Speicher**

Mit steigender Anzahl an E-Mobilen wird die Nutzung von Fahrzeugen zur Speicherung von Strom interessant. So können die Batterien der Fahrzeuge tagsüber mit PV-Strom geladen und nachts im gewissen Umfang zur Optimierung der EE-Eigenstromversorgung genutzt werden. Aktuell ist das E-Auto als zusätzlicher Speicher aufgrund der fehlenden Möglichkeit zum bidirektionalen Laden noch nicht interessant. Selbst, wenn diese zur Verfügung steht, wird die intelligente Steuerung des Ladens im Mittelpunkt stehen und nicht die Entladung des Speichers von E-Autos.

### V2G-Pilotsystem von Nissan und ENDESA

Die Firma Mobility House nutzt einen Nissan Leaf mit dem CHAdeMo Schnell-Ladeanschluss und eine bidirektional ladefähige Schnell-Ladestation von ENDESA. Mit dieser Technologie ist es möglich das Elektroauto sowohl zu be- als auch zu entladen, womit es im gewissen Umfang als Pufferspeicher fungieren kann [17]. Der kommerzielle Verkauf ist ab Mitte 2017 geplant [18].

### Kopplung von Wassererwärmung mit PV-Anlagen

Ein bereits bestehender Elektroboiler kann durch eine angebotsabhängige Steuerung der Wärmeerzeugung zur Eigenverbrauchsoptimierung beitragen. Je nach Dimensionierung des Boilers und des Wasserverbrauchs reicht eine einmalige Erhitzung pro Tag aus. Diese kann durch Zeitschaltuhren oder intelligente Regelung zu Zeiten mit hoher Sonneneinstrahlung und überschüssigen Solarstrom geschehen. Die Kopplung von PV-Anlage und Elektroboiler ist nur für Häuser wirtschaftlich sinnvoll in denen Elektroboiler bereits vorhanden sind, da ansonsten die Warmwasserheizung mit Gas oder Öl die günstigere Alternative darstellt.

## **Smart-Home Konzepte**

Smart-Home Konzepte bieten, dem Kunden ein "rundum sorglos Packet" 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.

#### SENEC Home

SENEC Home ist ein Smart-Home Konzept, das einen Batteriespeicher mit einem intelligenten Energiemanager kombiniert. Als Zusatzoption kann eine sogenannte SENEC Cloud gebucht werden, bei welcher der nicht eigenverbrauchte Strom bilanziell in eine Cloud einspeichert wird. Wenn im Winter bei geringer Eigenstromversorgung Strom benötigt wird, kann dieser von der Cloud bezogen werden. [19]

#### **SMA Smart Home**

Die Firma SMA bietet ein Smart-Home Konzept an, was die Komponenten Energiemanager, Wechselrichter mit integrierter Batterie und Funksteckdosen umfasst. Der Energiemanager steuert die Verbraucher und nutz standortbezogene Wetterprognosen sowie variable Stromtarife um ein ganzeinheitliches Lastmanagement zu ermöglichen. [20]

#### 6.2.2 Anwendungsmöglichkeiten/Geschäftsmodelle in GWB

#### Contractingmodelle

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. [21]

- Lichtblick-ZuhauseStrom
- Die Firma Lichtblick 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 wurden im Gelben Viertel in Berlin 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. Die Stadt Berlin als Eigentümer der Immobilien verpachtet 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 3000 Mietparteien den Solarstrom direkt vom Dach. Lichtblick ist für Vertrieb, Zählerablesung und Abrechnung zuständig. Es entstehen den Mietern keine zusätzlichen Messkosten da bestehende Zähler weiter genutzt werden. Der Eigenverbrauchsgrad bezogen auf die Solarproduktion beträgt wegen der geringen Mieterbeteiligung gerade einmal 15 %. [22] [23]
- Polarstern Mieterstrom Enabling- und Contracting-Modell
   Polarstern bietet sowohl Mieterstrom Konzepte mit Enabling an, indem der Immobilienbesitzer selbst Besitzer und Betreiber der
   Energieerzeugungsanlage ist, oder auch Contracting Modelle, indem ein Mieterstrom-Partner die Anlage finanziert, betreibt und vermarkten lässt, sowie sämtliche Mischformen der beiden Modelle. Der Anbieter setzt auf eine modulare und flexible Rollenverteilung (Investor, Betreiber und

Energieversorger), die an die individuellen Bedürfnissen und Bedingungen des jeweiligen Projektes angepasst werden kann. Polarstrom bietet als Mieterstrom-Dienstleister an eine oder mehrere Rollen zu übernehmen. Das Leistungsangebot reicht von der Abführung von Umlagen und Netzentgelten, der Tarifgestaltung, der Reststromlieferung, der verbrauchsgenauen Abrechnung bis hin zum Kundenservice. Beim Enabling-Modell kauft Polarstern dem Anlagenbetreiber den lokal produzierten Strom zu besseren Konditionen ab als dieser für die Netzeinspeisung erhalten würde (etwa 10 Prozent mehr). Den Strom wiederrum verkauft Polarstern an die Mieter zu einem Preis von rund 10 Prozent unter den Stromnetzbezugskosten. [24] [25]

### 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.

### Discovergy

Der Anbieter hat als erstes deutsches Unternehmen Messdienstleistungen speziell für Mieterstrom angeboten. Die Firma übernimmt auf Wunsch das Messkonzept, die Installation der Messtechnik sowie Abrechnungs- und Kundenverwaltung. Bei einer Mieterstrom Anlage von Polarstrom in München werden beispielsweise intelligente Stromzähler von Discovery genutzt um kontinuierlich den Stromverbrauch zu messen und die Daten im Zwei-Sekunden-Takt zu übermitteln. Durch eine App können die Besitzer von PV-Anlagen jederzeit nachvollziehen, wie viel Strom sie gerade produzieren und ins Netz einspeisen oder an ihre Mieter weiterleiten. Darüber hinaus installiert Discovergy intelligente Stromzähler und übermittelt anschließend im Betrieb die Daten an den Energieversorger. [26] [4] [27]

### Smart Meter Gateway

Intelligente Messsysteme ermöglichen die Messung des physikalischen Direktverbrauchs von jedem einzelnen Mieter. Durch den Smart Meter Gateway kann der Datenschutz gewährleistet und eine digitale Abrechnung mit 15-Minutenwerten erstellt werden. Smart Meter erfüllen damit alle Anforderungen, die Mieterstromkonzepte an Zähler stellen. Mieterstromkonzepte sind eine Paradeanwendung für intelligente Messsysteme. In die komplexen Abläufe ist die Einbindung von vielen verschiedenen Akteuren notwendig, mithilfe von Smart Meter Gateways kann dies unter Einhaltung hoher Datenschutzanforderungen erfolgen. Die Installation ist allerdings mit höheren Kosten verbunden, sodass die Wirtschaftlichkeit einer Mieterstromversorgung nicht immer gegeben ist. Der Einsatz von Smart-Meter Gateways hat den positiven Nebeneffekt, dass die Mieter bewusster mit Energie umgehen. [21] [4]

### 6.2.3 Anwendungsmöglichkeiten/Geschäftsmodelle in 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 zur Steigerung der Rentabilität. Ein hoher Eigenverbrauchsanteil ist für die Kunden wünschenswert, da die Stromkosten langfristig planbar sind und zumeist unter den üblichen Preisen der Energieversorger liegen. [28] [29]

#### ■ 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. [30]

Anwendungsbeispiel PV Eigenverbrauch und Speicher in der Landwirtschaft

Die Firma IBC Solar hat bei einem landwirtschaftlichen Betrieb (Ferkelzuchtbetrieb) eine PV-Anlage mit Speicher installiert, 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 %, ohne läge sie bei 30 %. Die geringe Eigenverbrauchsquote lässt sich darauf zurückführen, dass die PV-Anlage relativ groß konzipiert worden ist damit ein hoher Autarkie Grad erreicht wird. Die Rendite Erwartung liegt bei 5 %. [31] [32]

#### 6.3 Schlüsselindikatoren

#### **6.3.1 EFH/ZFH**

Schlüsselindikatoren	Bewertung
	+ Vermeidung von Leitungsverlusten im Stromnetz durch direkten Eigenverbrauch
Potenzial zur Steigerung	+ Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage
der Energieeffizienz	+ Sensibilisierung der Bewohner für den eigenen Energieverbrauch
	- Speicherverluste durch den Einsatz von Strom- und Wärmespeichern

	- Rebound-Effekte sind zu berücksichtigen
	+ Steigende Anzahl von PV-Anlagen durch den gestiegenen ökonomischen Anreiz und den neuen technologischen Möglichkeiten. [33] [34]
	+ Je nach Hersteller Angaben und Stromverbrauch liegt die durch intelligente Regelung zu erzielende Eigenverbrauchssteigerung bei 10-15 %. Die Steigerung kann sogar noch höher ausfallen, denn sie ist primär von der Eigenverbrauchsquote ohne Optimierung abhängig. Diese liegt in der Regel zwischen 15-30 Prozent und kann u.a. durch die Optimierung der Haushaltsgeräte auf 30-40 Prozent gesteigert werden. [10] [35]
Verstärkte Nutzung	+ Aktuell beträgt der Eigenverbrauch bei Nutzung einer PV-Anlage mit Speicher 50 bis 65 Prozent [34]. Die PV-Anlage ist hierbei so konzipiert, dass sie bilanziell den jährlichen Strombedarf deckt. Die Verwendung eines Speichers, der aktuell verfügbaren Technologie, hebt hierbei den Eigenverbrauch um mindestens 20 Prozent [34].
Erneuerbarer Energien	+ Die Verwendung eines zusätzlichen Wärmespeichers kann abhängig vom Gebäudealter und aktuellen Stromverbrauch den Eigenverbrauch nochmals um durchschnittlich 13 Prozent erhöhen. [1]
	+ Der Eigenverbrauch wird durch das Verwenden einer elektr. Heizung oder eines elektr. Warmwassererhitzers, wenn kein Batteriespeicher vorhanden ist, um ca. 20-35 Prozent erhöht. Wird bereits ein Batteriespeicher genutzt, kann hier nur noch eine Steigerung des Eigenverbrauches von 5-18 Prozent erreicht werden (abhängig von der Speichergröße, dem jährlichen Stromverbrauch und dem Gebäudealter). [1]
	+ Der höchste Eigenverbrauch (65-96 %) wird unabhängig von der Speichergröße, dem jährlichen Stromverbrauch und dem Gebäudealter bei Kombination von Batterie- und Wärmespeicher sowie elektr. Heizung bzw. Warmwassererhitzer erreicht. [1]
	+ In den letzten Jahren sind die Preise für die Systeme kontinuierlich gesunken. In den kommenden Jahren ist weiterhin mit einer massiven Preissenkung zu rechnen. [34]
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ In den kommenden Jahren ist mit steigenden Renditen und Projektüberschüssen für PV-Anlagen aufgrund der sinkenden Investitionskosten, den höheren Eigenverbräuchen und den steigenden Strompreisen zu rechnen.
	+ Bei Betrachtung der Projektüberschüsse von PV-Anlagen mit und ohne Speicher wird deutlich, dass aktuell noch PV-Anlagen ohne Speicher höhere Projektüberschüsse erzielen. Dies wird sich in den kommenden Jahren ändern, sodass die Projektüberschüsse von PV-Anlagen mit kleinen Speichern höher sind als bei PV-Anlagen ohne Speicher. [1]
	+ Die Installation einer Wärmepumpe führt schon heute zu höheren Projektüberschüssen. [1]

	+ Die durchschnittlichen Kosten für die Integration eines Erzeugungsmanagement sind im Moment ca. 450 € für Controller, 195-265 € für Smart Meter Gateway und jährliche Kommunikationskosten von 30 € (Stand Studie 2014) [36]. Das hiermit realisierbare Eigenverbrauchsoptimierungspotenzial dagegen ist hoch, sodass die Projektüberschüsse durch einen erhöhten Eigenverbrauch gesteigert werden können.  - Eine gleichzeitige Installation einer Wärmepumpe und eines Batteriespeichers führt sowohl heute als auch in Zukunft zu sinkenden Projektüberschüssen. [1]  - Die Preise für Lithium-Ionen Batteriespeicher inklusive Mehrwertsteuer ohne Installation liegen bei durchschnittlich 1900 bis 2100 € je kWh (Stand der Studie 2015). Je nach Anbieter lassen sich Stand Mai 2017 schon Preise zwischen 300 − 1800 € je kWh im Markt finden. Abwarten wird dadurch im Moment belohnt. [34] [37] Die extrem günstigen Preise werden eher bei hohen Speicherkapazitäten erreicht, aber auch im Bereich für 1-2 Familienhäuser (Stand 18.05.2017) gibt es Angebote von Mercedes für 600 € je kWh. [38]  + Aktuell sind Besitzer von kleinen Anlagen EEG-Umlage befreit. [1] [39] [3]
Systemische Kosten	+ Die Kosten für den Netzausbau lassen sich um über 40 Prozent reduzieren, wenn die eingespeiste Jahresenergie aller EE-Anlage um ca. 3 Prozent runtergeregelt wird. [36]  - Bei der Betrachtung der volkswirtschaftlichen Effekte von Solarspeichern: sind nicht gezahlte und vermiedene EEG Vergütungen, ein reduzierter Netzausbau und entgangene Netzentgelte sowie Konzessionsabgaben, vermiedene sonstige Steuern/Abgaben/Umlage und die genierte Umsatzsteuer in Abhängigkeit von einander zu betrachten. Im Jahr 2015 ergab sich ohne die Betrachtung eines reduzierten Netzausbaus volkswirtschaftliche Gesamtkosten in Höhe von 0,45 Mio. €. [34]  + Ein netzdienlicher PV-Batteriebetrieb kann die Einspeisespitzen aller Systeme um ca. 40Prozent reduzieren. [40]  - Volkswirtschaftliche Effekte sind auch bei anderen Optimierungen des Eigenverbrauchs zu erwarten (wobei die generierten Umsatzsteuer-Erträge im Vergleich zu den systemischen Kosten sinken werden durch die Degression der Preise).  - Wenn ein Großteil der Marktteilnehmer die Techniken zur Eigenverbrauchsoptimierung nutzen, wird es zur negativen Umverteilung im Bereich Umlagen (EEG/KWK-Umlage) und der Netzentgelt auf Konsumenten ohne PV-Anlage kommen. Eine Anpassung der aktuellen Systematik wird erforderlich.
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Die Mindestanforderung, um seinen Eigenverbrauch zu optimieren, ist, dass das Gebäude eine PV-Anlagen und Zeitschaltuhren für die größten Stromverbraucher besitzt.

+ Es gibt kein Grad an Gebäudeautomatisierung, der nicht nachträglich installiert werden kann.
+ Viele Neugeräte besitzen schon integrierte "Smart" Schnittstellen.
- Dennoch werden bessere Ergebnisse durch den Einsatz von Smart Home-Konzepten erzielt.
- Eine weitere Optimierungen ist durch Zusatzkomponenten wie Wärmepumpen, Strom- und Wärmespeicher realisierbar.
- Die benötigten zusätzlichen Investitionen in die Gebäudeautomatisierung sind sehr stark vom Alter der PV-Anlage, des
Gebäudes bzw. den Haushaltsgeräten abhängig.

## 6.3.2 GWB

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Steigerung der Energieeffizienz	+ Vermeidung von Leitungsverlusten im Stromnetz durch direkten Eigenverbrauch + Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage - geringe Abnahme des produzierten Stroms durch die Mieter
Verstärkte Nutzung Erneuerbarer Energien	+ Erhöhung der Nutzung von PV-Anlagen durch den gestiegenen ökonomischen Anreiz und den neuen technologischen Möglichkeiten [33] [34] - Geringe Nutzung von Systemen zur Eigenverbrauchsoptimierung von den Mietern, da z.T. noch unwirtschaftlich
Einzelwirtschaftliche Kosten	+ Der Einbau von Speichern erfolgt teilweise durch den Gebäudeeigentümer und ist vor allem bei bestehenden Förderprojekten wirtschaftlich lohnenswert.  + Mieterstrom ist von der Stromsteuer in Höhe von 2,05 Ct. befreit, wenn bestimmte technische Voraussetzungen erfüllt sind. [21]  + Mieterstrom enthält keine Kosten für die Netznutzung [21]  + Förderprogramme für Mieterstromprojekte von Landesregierungen z.B. in Hessen zur Förderung einer Einmalinvestition für die Bereitstellung von Messsystemen in Mieterstromprojekten (weitere in Thüringen/ Nordrhein Westfallen) [4]  + Zukünftig soll es eine Vergütung für Mieterstrom von 2,75 -3,8 Cent je kWh durch das sich in der Gesetzgebung
	befindende Gesetz zur Förderung von Mieterstrom, wobei der Ausbau auf 500 MW pro Jahr beschränkt sein soll. [8] [5] + Kostenvorteil Mieter ca. 2-3 Cent je kWh (10 %) [21]

	+ Projektrenditen mit ausschließlicher Einspeisung des PV-Stroms aktuell noch rentabler. [21]
	- Zählermiete bei Teilnehmern am Mieterstrom ca. 10 Euro pro Jahr bei nichtintelligenten Zählern [21]
	- Die durchschnittlichen Kosten für die Integration eines Erzeugungsmanagement sind im Moment ca. 450 € für Controller, 195-265 € für Smart Meter Gateway und jährliche Kommunikationskosten von 30 € (Stand Studie 2014) [36]. Das hiermit realisierbare Eigenverbrauchsoptimierungspotenzial ist zwar hoch, rechnet sich je nach Stromverbrauch aber erst nach mehreren Jahren und z.T. nicht wirtschaftlich darstellbar.
	- Die Anschaffung von Speichern ist für den Mieter selbst oft nicht Lohnenswert, da der damit generierte finanzielle Vorteil die Kosten nicht abdeckt.
	- Auf Mieterstrom wird bisher volle EEG-Umlage gezahlt [14]
Systemische Kosten	+ Wenn die Mieter den Strom nicht eigenverbrauchen, entstehen Kosten von 310 Mio. € für die zusätzlich zu zahlende EEG-Umlage. Dadurch, dass der Strom direkt verbraucht wird, müssen nur noch 130 Mio. € zusätzliche EEG-Umlage bezahlt werden. [39]  - Der Zubau von 120 Gigawattstunden Mieterstrom pro Jahr würde diverse Einnahmeausfälle verursachen. Bei den Netzentgelten und den netzentgeltgekoppelten Umlagen würden 8 Mio. € fehlen, bei Ausschöpfung des Gesamtpotenzial (3,6 Terawattstunden) sogar 250 Mio. €. Dies führt zu einer durchschnittlich Mehrbelastung von <0,1 Cent je kWh je Jahr, was einer Mehrbelastung von 3,5 € pro Jahr entspricht. Bei manchen Haushalten kann es zu einer max. Mehrbelastung von
	0,7 Cent je kWh kommen, was 24,5 € pro Jahr und Haushalt entspricht. Darüber hinaus entstehen bei einer Ausschöpfung des maximalen Potenzials (3600 GWh) zusätzliche Kosten bei der EEG-Umlage von 130 Mio. €. Außerdem kommt es zu sinkenden Konzessionsabgabe von ca. 2 Mio. € im Ersten Jahr und max. 60 Mio. € pro Jahr bei Ausschöpfung des Gesamtpotenzials. Die entgangene Stromsteuer beträgt ca. 2,5 Mio. € im ersten Jahr und kann max. 75 Mio. € pro Jahr betragen. Die Kosten für den zusätzlichen Verwaltungsaufwand bei der Bundesnetzagentur liegen bei 113.315 € pro Jahr [9]
Benötigter Grad an	+ Zur Realisierung des Mieterstrommodells werden relativ hohe Anforderungen an die Messtechnik gestellt, diese kann auch nachträglich eingebaut werden
Gebäudeautomatisierung	+ Smart Meter eignen sich besonders zur Realisierung des Mieterstrommodells, weil so ein bewussterer Umgang mit Energie bei den Mietern gefördert wird

## 6.3.3 NWG

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Steigerung der Energieeffizienz	+ Vermeidung von Leitungsverlusten im Stromnetz durch direkten Eigenverbrauch  + Senkung des Primärenergieverbrauchs durch die direkte Nutzung von Strom aus einer PV-Anlage  - Speicherverluste durch den Einsatz von Strom- und Wärmespeichern
	+ Zu erreichende Eigenverbrauchsquoten sind stark branchenabhängig; bei Supermärkten z.B. 80 %; beim produzierenden Gewerbe annähernd 100 % [41]
Verstärkte Nutzung	+ Meist erfolgt die Eigenverbrauchsoptimierung durch das Anpassen der Ausrichtung der PV-Anlage an das individuelle Leistungsprofil.
Erneuerbarer Energien	- 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 Eigenverbrauch meist nicht möglich, da Produktionsprozesse nicht bzw. schwer veränderbar sind.
	+ Durch Förderprogramme von Gewerbespeicher, wie z.B. in Nordrhein Westfalen, ist der wirtschaftliche Einsatz bei mehr Unternehmen gegeben. [42]
Einzelwirtschaftliche	- Die Preise für Gewerbespeicher liegen aktuell bei 250 bis 1800 € je kWh [6]
Kosten	- Bei der Steigerung des Eigenverbrauchs, sinkt die vom Netzbetreiber bezogene Strommenge, was zu einem angehobenen Strombezugspreis führen kann, da Unternehmen bei Abnahme von größeren Strommengen einen
	vergünstigten Strompreis bekommen. [6]
Systemische Kosten	- Entgangene Netzentgelte und Konzessionsabgaben
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	- Je höher die Gebäudeautomatisierung ist, umso größer ist das Potenzial zur Optimierung des Eigenverbrauchs.

### **6.4 Quellen**

- [1] L. Krampe, M. Wünsch und M. Koepp, "Prognos (2016): Eigenversorgung aus Solaranlagen. Das Potenzial für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel. Analyse im Auftrag von Agora Energiewende," 2016. [Online]. Available: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Dezentralitaet/Agora\_Eigenversorgung\_PV\_web-02.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [2] KfW, "Erneuerbare Energien Speicher," [Online]. Available: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-%E2%80%93-Speicher-(275)/. [Zugriff am 27. April 2017].
- [3] D. C. Dr. Thömmes und M. Klewar, "Das neue EEG 2017 (19): Vollständige Befreiung der Eigenversorgung," 19. Januar 2017. [Online]. Available: http://blogs.pwc.de/auf-ein-watt/energierecht/eeg-2017-19-vollstaendige-befreiung-der-eigenversorgung/1860/. [Zugriff am 27. April 2017].
- [4] D. H. Will und F. Zuber, "GESCHÄFTSMODELLE MIT PV-MIETERSTROM," 30. August 2016. [Online]. Available: https://www.pv-mieterstrom.de/wp-content/uploads/2016/11/PV\_Financing\_Mieterstrom.pdf. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [5] Budesministerium für Wirtschaft und Energie, "Zypries: "Mit der Förderung von Mieterstrom bringen wir die Energiewende in die Städte und beteiligen die Mieter an der Energiewende"," 26. April 2017. [Online]. Available: 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].
- [6] M. Sieg und M. Fuhs, "Batteriespeicher für Gewerbe und Industrie," März 2017. [Online]. Available: https://www.apricum-group.com/wp-content/uploads/2017/03/March-2017-pv-magazin-deutschland-article-Mayr-2.pdf. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [7] Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, "Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem "Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen" (progres.nrw) Programmbereich Markteinführung," 16. Februar 2017. [Online]. Available: http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/f/foerderpro\_progres\_nrw/do\_markteinfuehrung/sonstige/richtlinie\_2017.pdf. [Zugriff am 22. Mai 2017].
- [8] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, "Eckpunktepapier Mieterstrom," 09. März 2017. [Online]. Available:

- https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunkte-mieterstrom.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=8. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [9] Bundesregierung, "Entwurf eines Gesetzes zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes," 26. April 2017. [Online]. Available: http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwurf-mieterstrom.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [10] "Handbuch Solarstrom-Eigenverbrauch optimieren," Oktober 2015. [Online]. Available: http://www.vese.ch/wp-content/uploads/VESE\_Handbuch\_Eigenverbrauchsoptimierung.pdf. [Zugriff am 16. Mai 2017].
- [11] SMA Solar Technology AG, "PV-Eigenverbrauch Hintergrund, Anwendung, Optimierung," [Online]. Available: http://www.tritec-energy.com/images/content/D\_154\_SMA\_Eigenverbrauch\_REP\_des.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [12] D. Weberndörfer, "Funksteckdosen im Alltag für Berufstätige," 12. Mai 2014. [Online]. Available: http://www.smasunny.com/funksteckdosen-im-alltag-fuer-berufstaetige/. [Zugriff am 19. Mai 2017].
- [13] E.ON Energie Deutschland GmbH, "Aura Stromspeicher," [Online]. Available: https://www.eon.de/pk/de/solar/aura/stromspeicher.html. [Zugriff am 27. April 2017].
- [14] sonnen GmbH, "Die sonnenBatterie," [Online]. Available: https://sonnenbatterie.de/de/die-sonnenbatterie-fuer-haus-und-wohnung#tdhaus. [Zugriff am 27. April 2017].
- [15] sonnen GmbH, "Neue sonnenBatterie hybrid senkt die Kosten von selbst erzeugtem Strom und macht saubere Energie," 21. Juni 2016. [Online]. Available: https://www.sonnenbatterie.de/sites/default/files/pressmitteilung\_sonnen\_produktneuheiten.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [16] Tesla Inc., "Powerwall," [Online]. Available: https://www.tesla.com/de\_DE/powerwall. [Zugriff am 27. April 2017].
- [17] The Mobility House AG, "The Mobility House kocht Kaffee mit grünem Strom aus dem Elektroauto," 19. August 2015. [Online]. Available: http://mobilityhouse.com/de/the-mobility-house-kocht-kaffee-mit-gruenem-strom-aus-dem-elektroauto/. [Zugriff am 27. April 2017].

- [18] N. C. E. GmbH, "Bidirektionales Laden," [Online]. Available: https://www.nissan.de/fahrzeuge/neuwagen/leaf/reichweite-aufladen.html. [Zugriff am 02. Mai 2017].
- [19] Deutsche Energieversorgung GmbH, "Senec.Home Der Batteriespeicher für Ihr Zuhause," [Online]. Available: https://www.senec-ies.com/stromspeicher/senec-home/. [Zugriff am 27. April 2017].
- [20] SMA Solar Technology AG, "SMA Smart Home," Juli 2013. [Online]. Available: http://www.sma.de/fileadmin/content/global/Solutions/Documents/Smart\_Home/SMART\_HOME-KDE132641W.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [21] Prognos AG; Boos Hummel & Wegerich (BH&W), "Mieterstrom Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM)," 17. Januar 2017. [Online]. Available: http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/schlussbericht-mieterstrom.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=10. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [22] LichtBlick SE, "LichtBlick-ZuhauseStrom," [Online]. Available: https://www.lichtblick.de/privatkunden/schwarm-energie/dienstleistungen/zuhausestrom. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [23] L. Konersmann und G. Meier, "Eigenverbrauch von Solarstrom im Mehrfamilienhaus," 16. März 2015. [Online]. Available: https://energiezukunftschweiz.ch/wAssets/docs/eigenverbrauch/BFE\_Hintergrundbericht\_Eigenverbrauch\_Mehrfamilienhaus \_v1.0.pdf. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [24] Polarstern GmbH, "Wirklich Mieterstrom.," [Online]. Available: https://www.polarstern-energie.de/downloads/Wirklich-Mieterstrom\_v1.pdf. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [25] Polarstern GmbH, "Wirklich Mieterstrom.," [Online]. Available: https://www.polarstern-energie.de/mieterstrom/. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [26] Discovergy GmbH, "Discovergy Lösungen Smart Metering-Lösungen für jeden Bedarf," [Online]. Available: https://discovergy.com/solutions#micro-grid. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [27] Discovergy GmbH, "Intelligente Stromzähler von Discovergy: Ihre Vorteile als Betreiber einer Mieterstrom-Anlage," [Online]. Available: https://discovergy.com/files/sources/solutions/micro-grid/Discovergy-Referenzen\_Mieterstrom-

- Projekt\_Polarstern.pdf. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [28] SOLON Energy GmbH, "Photovoltaik-Contracting von SOLON.," [Online]. Available: 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].
- [29] SOLON Energy GmbH, "SOLON Photovoltaik-Contracting: Kein Invest, voller Gewinn!," [Online]. Available: https://www.solon.com/de/gewerbegebaeude/leistungen/contracting/. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [30] TESVOLT GmbH, "Lithiumspeicher TS," [Online]. Available: http://www.tesvolt.com/lithiumspeicher-ts.html. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [31] I. Meyer, "Blogserie "Gewerblicher Eigenverbrauch" Teil VIII: Praxisbeispiel Ferkelzucht," 23. April 2014. [Online]. Available: https://www.ibc-blog.de/2014/04/blogserie-gewerblicher-eigenverbrauch-teil-viii-praxisbeispiel-ferkelzucht/. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [32] IBC Solar, "Fallstudien: Photovoltaikanlagen, die Mehrwert schaffen," [Online]. Available: https://www.ibc-solar.de/gewerbe/fallstudien/#Landwirtschaft. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [33] W. Rickerson, T. Couture, G. Barbose, D. Jacobs, G. Parkinson, E. Chessin, A. Belden, H. Wilson und H. Barrett, "RESIDENTIAL PROSUMERS -DRIVERS AND POLICY OPTIONS (RE-PROSUMERS)," 2014. [Online]. Available: http://iea-retd.org/wp-content/uploads/2014/06/RE-PROSUMERS\_IEA-RETD\_2014.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [34] K. P. Kairies, D. Haberschusz, J. van Ouwerkerk, J. Strebel, O. Wessels, D. Magnor, J. Badeda und D. U. Sauer, "Wissenschaftliches Mess- und Evalierungsprogramm Solarstromspeicher Jahresbericht 2016," 2016. [Online]. Available: http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user\_upload/Speichermonitoring\_Jahresbericht\_2016\_Kairies\_web.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [35] SMA Solar Technology AG, "SUNNY HOME MANAGER SUNNY HOME MANAGER," [Online]. Available: http://www.sma.de/fileadmin/content/global/Solutions/Documents/HOMEMANAGER-ADE112210.pdf. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [36] J. Dr.-Ing. Büchner, J. Dr.-Ing. Katzfey, O. Flörcken, A. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Moser, H. Dr.-Ing. Schuster, S. Dierkes, T. van

- Leeuwen, L. Verheggen, M. Dr.-Ing. Uslar und M. van Amelsvoort, ""Moderne Verteilernetze für Deutschland" (Verteilernetzstudie)," 2014. [Online]. Available: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/verteilernetzstudie.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=3. [Zugriff am 27. April 2017].
- [37] T. Mayer, B. Sandurkov, W. Parschkoff, M. J. Brand, M. F. Horsche, S. F. Schuster und A. Jossen, "Evaluierung der Weiterverwendung gebrauchter Lithiumionen-Zellen aus Elektromobilität und Marktübersicht Hausbatterien," 2015. [Online]. Available: http://www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user\_upload/Forschung/Effizienzhaus\_Plus/Forschung/Begleitforschung\_EPmE/ 07 Abschlussbericht Evaluation der Batterien.pdf. [Zugriff am 27. April 2017].
- [38] ALMASOLAR, "Mercedes-Benz Energy 5kWh Energiespeicher Batterie," [Online]. Available: https://www.almasolarshop.de/mercedes-benz-energiespeicher-batterie/963-mercedes-benz-energy-5kwh-energiespeicher-batterie.html?gclid=CPHzqLCc-dMCFU0aGwodLHoFKQ.com. [Zugriff am 18. Mai 2017].
- [39] M. Klewar und C. Trottmann, "Das neue EEG 2017 (18): Das Eigenstromprivileg," 18. Januar 2017. [Online]. Available: http://blogs.pwc.de/auf-ein-watt/energierecht/das-neue-eeg-2017-18-das-eigenstromprivileg/1854/. [Zugriff am 27. April 2017].
- [40] D. C. Dr. Thömmes und M. Klewar, "Das neue EEG 2017 (19): Vollständige Befreiung der Eigenversorgung," 19. Januar 2017. [Online]. Available: http://blogs.pwc.de/auf-ein-watt/energierecht/eeg-2017-19-vollstaendige-befreiung-der-eigenversorgung/1860/. [Zugriff am 27. April 2017].
- [41] S. Willborn, A. Hesse, A. Balser und A. Luh, "Studie zur Wirtschaftlichkeit von gewerblichen Eigenverbrauchssolaranlagen in Deutschland, Italien und der Türkei," [Online]. Available: http://www.recgroup.com/sites/default/files/documents/study\_self\_consumption\_report\_de\_it\_tk\_web\_20140317.pdf. [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [42] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, "Förderprogramm erneuerbare Energien," [Online]. Available: https://www.umwelt.nrw.de/klima-energie/energie/foerderprogramm-erneuerbare-energien/. [Zugriff am 18. Mai 2017].

#### 6.5 Pilotvorhaben

- In dem V2G-Pilotsystem von Nissan und ENDESA wird der Speicher eines Elektroautos für die Optimierung des Stromeigenverbrauchs eingesetzt. Die Firma Mobility House nutzt einen Nissan Leaf mit dem CHAdeMo Schnell–Ladeanschluss und eine bidirektional ladefähige Schnell-Ladestation von ENDESA. Der kommerzielle Verkauf ist ab Mitte 2017 geplant.
- Stadtwerke testen das Mieterstromgeschäfts mit diversen Pilotprojekten. So haben z.B. die Stadtwerke Tübingen in Kooperation mit der Wohnungsbaugesellschaft GWG Tübingen das erste Gebäude in der Stadt mit Mieterstrom versorgt. Hierzu wurde auf dem Dach eines Mehrfamilienhauses eine Solaranlage mit 52 kW installiert. Bei starker Solareinstrahlung können die Mieter den Strom nutzen. Überschüssiger Strom fließt in das Stromnetz. In sonnenarmen Zeiten wird Strom aus anderen Quellen über das Netz in das Gebäude eingespeist. Nach Auswertung der ersten Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt werden die Stadtwerke die Umsetzung weiterer Projekte prüfen. Durch das Mieterstromgesetz werden Energieversorger in Pilotprojekten die Auswirkungen der geänderten Rahmenbedingungen erneut für sich eruieren müssen.

## 7. Steigerung Energieeffizienz durch Steuerung und Transparenz

# Bewertung Anwendungsfall Steigerung Energieeffizienz durch Transparenz und Steuerung

### Gesamtbewertung anhand folgender Faktoren:

	EFH/ZFH	GWB	NWG
Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung	hoch	hoch	hoch
Einzelwirtschaftliche Kosten	mittel	gering	mittel bis hoch
Systemische Kosten	-	-	-
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	gering bis mittel	gering bis mittel	mittel

### Kurzbeschreibung:

Das Anwendungsfeld umfasst die Steigerung von Energieeffizienz durch Transparenz über den Energieverbrauch und bedarfsgerechte Steuerung. Aktuell gibt es bereits eine große Vielfalt an Produkten und Systemen auf dem deutschen Markt, die entweder fest installiert und verkabelt werden können oder als Plug-and-Play einfach montierbar und demontierbar sind. Darüber hinaus gibt es manuell programmierbare und selbstlernende Systeme, die vor Ort oder aus der Ferne gesteuert werden können. Es besteht ein großes Interesse und eine steigende Kaufbereitschaft für smarte Geräte und Systeme im Gebäudebereich zur Realisierung von Energieeinsparungen. Die Tendenz ist weiter steigend. Aufgrund der Komplexität und der Vielzahl an Anbietern und Produkten gibt es besonders im Bereich Beratung und Installation großes Potenzial.

## Wesentliche Anwendungsfälle:

Steuerung:

- manuell über Eingabegeräte und Fernsteuerung
- automatisiert durch Sensorik und Zeitsteuerung
- automatisiert durch selbstlernende Systeme

Transparenz: • durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbräuchen

durch Submetering

### Wesentliche Hemmnisse:

Technologisch: Inkompatibilität von Geräten verschiedener Hersteller, Zuverlässigkeit

Informationsbezogen: Unklares Informationsprofil, Datenschutz

Organisatorisch: Begrenzte Befugnisse von Mietern für Einbau und Nutzung von Systemen

Kompetenzbezogen: Hohe Komplexität der Inbetriebnahme und Konfiguration

#### Türöffner:

- 1. Einheitliche Standards
- 2. Markttransparenz
- 3. Klare regulatorische / gesetzliche Rahmenbedingungen

### Wesentliche Stakeholder:

Konsumenten, Mieter / Vermieter, Bund, Forschung, Energiedienstleister, Hersteller

# 7.1 Kurzbeschreibung

### Anwendungsfeld:

Erhöhung der Energieeffizienz durch die Verbesserung der Transparenz des Energieverbrauchs sowie der bedarfsgerechten Steuerung der Energienutzung

## Gebäudetypen:

- EFH/ZFH
- GWB
- NWG

#### Stand der Technik:

Es gibt eine große Vielfalt an Produkten und Systemen mit der Tendenz steigend, jedoch noch keinen einheitlichen Standard. Smart Home Systeme können entweder durch den Nutzer selbst 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 aufbereitet und den Nutzern zur Verfügung stellt. Neben Daten über den Energieverbrauch verschiedener Haushaltsgeräte, können Smart Home Systeme auch Daten zu dem aktuellen Stromverbrauch einer Wärmepumpe, der eingesetzten Brennstoffmenge eines Heizungssystems, oder dem aktuellen Ertrag aus Solarthermieanlagen sammeln. Im Rahmen der Datenaufbereitung werden die Verbrauchsdaten gewöhnlich in geldwerte Äquivalente umgewandelt und stellen den Nutzern die Einsparmöglichkeiten so noch besser dar.

Die Vernetzung zwischen Endgeräten und Steuerungseinheit erfolgt per Kabel, Funk oder bereits vorhandenem Stromnetz. Fest installierte und verkabelte Smart Home Systeme sind teurer und daher insbesondere im EFH/ZFH-Bereich aufgrund einer in der Regel längerfristigen Nutzung 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 ein wesentlicher Faktor für den Einsatz von Smart Home Systemen im GWB die Wartungsfreiheit, 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. [8] 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.

#### Marktsituation:

Auf dem deutschen Markt gibt es viele Anbieter von Technologien im Bereich Transparenz und bedarfsgerechter Steuerung. Die Nutzung im Privatbereich ist steigend. Interesse an Smart Home besteht besonders bei Hausbesitzern und finanzstarken Haushalten. Laut einer Studie der Technologie Stiftung Berlin (2015) sind die Hauptgründe für die Anschaffung von Technologien Komfort, Sicherheit und Energieeinsparung. Im Jahr 2013 boten insgesamt 430 Unternehmen Smart Home Technologien in Deutschland an, vorrangig komfort-orientierte Produkte, jedoch mit steigendem Anteil auch Produkte, die auf Energieeinsparung abzielen. [1] Momentan befinden sich hauptsächlich vom Nutzer selbst zu programmierende Systeme auf dem Markt, es kommen jedoch immer mehr selbstlernende Systeme hinzu. [8] Für das Jahr 2013 fand die trend-Studie des Handelsblatts heraus, dass 58Prozent der Deutschen sich vorstellen können, bei Errichtung/Ausstattung eines Neubaus Gebäudeautomatisierung zu verwenden. Etwa zwei Drittel der Deutschen sehen bei der Sanierung von Gebäuden eine gute Möglichkeit für die Ausstattung mit Smart-Home-Technologie. [2]

Der GWB stellt aufgrund der Tatsache, dass sich Eigentümer und Nutzer einer Wohneinheit unterscheiden können, eine besondere Herausforderung in Hinblick auf die 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 einhergeht. [10]

Laut einer Studie von Innofact AG in 2014 haben 5Prozent der Wohnungsmieter (632 Befragte) angegeben, aktuell eine Smart Home Lösung zu nutzen. Bei Büromietern liegt der Anteil bei 12Prozent (117 Befragte) und bei Gewerbemietern bei 14Prozent (104 Befragte). Mit 81Prozent der Nennungen wurde Energieeffizienz seitens der Wohnungsmieter als wichtigstes Interesse in Bezug auf Smart Home Anwendungen genannt (für Wohnungsmieter insb. in urbanen Ballungszentren und für Büro- und Gewerbemieter insb. in ländlichen Gebieten). 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). [9]

Die am Markt vorhandenen Lösungen für NWG unterscheiden sich von denen für EFH/ZFH und GWB darin, dass der Fokus weniger auf Transparenz (im Sinne der Bereitstellung von energieverbrauchsrelevanten Daten), sondern in erster Linie auf Steuerungskomponenten. 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.

#### Ausblick:

Gemäß einer Marktprognose von Deloitte (2014) werden bis 2020 mindestens eine Million Haushalte intelligente/vernetzte Geräte einsetzen. Ende 2013 gab es erst 315.000 intelligent vernetzte Privathaushalte. [3] Aufgrund technologischer Weiterentwicklungen, zunehmend preiswerteren Angeboten 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, energieeffizienzsteigernde Systeme, da eine Refinanzierung der Investitionen durch die Energieeinsparungen oder Mieterhöhungen gegeben ist. [4]

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). [12] 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 überfordern oder deren Kompetenzen überschreiten. Aus diesem Grund besteht z.B. auch eine erhöhte Zahlungsbereitschaft von Mietern für die Bereitstellung von fertigen Smart Home Systemen durch den Vermieter. [10]

### 7.2 Konkrete Beispiele für Anwendungsfall

#### 7.2.1 Anwendungsmöglichkeiten / Geschäftsmodelle in EFH/ZFH

In EFH/ZFH können *Endgeräte* wie etwa Heizkörperregler, Rollläden, Lampen, Fenster, Stereoanlagen und Waschmaschinen durch den Anwohner bzw. durch Sensorik und selbstlernende Systeme gesteuert werden und somit unter Umständen Energie einsparen. Eine zentrale Steuerungseinheit (Gateway) empfängt die Daten je nach Ausstattung direkt von Anlagen und Sensoren, über die manuelle Eingabe durch die Nutzer, und in manchen Fällen durch die Einbindung von Online-Wetterdaten und/oder eine Echtzeitortung der Nutzer. Darüber hinaus sendet die Steuerungseinheit Befehle an die Endgeräte und ermöglicht eine Überwachung der Anlagen durch den Herstellers oder Installateur. Auf diese Weise wird auch die Kommunikation der miteinander vernetzten Geräte untereinander ermöglicht.

Die Vernetzung zwischen Endgeräten und Gateway erfolgt per Kabel, per Funk oder per bereits vorhandenem Stromnetz (Powerline). Bei den letzten beiden Varianten sind keine Eingriffe in die Bausubstanz notwendig; anfänglich rudimentäre Systeme können leicht nachgerüstet werden (sogenannte Plug-and-Play Lösungen). Fest installierte, verkabelte Systeme wie KNX, LON und LCN sind in der Installation aufwendiger und kostenintensiver (min. 10.000 Euro zzgl. Montage [9]). Sie sind vor allem bei Neubau für Eigentümer sinnvoll, die dadurch eine Wertsteigerung der Immobilie erreichen möchten. Im Gegensatz zu Funk- und Powerline-basierten Systemen sind sie weniger störanfällig und bieten eine sicherere Kommunikation.

Mit Blick auf eine erhöhte Energieeffizienz der Smart-Home-Komponenten eignen sich insbesondere batterielose Funktechnologien, die die Energie für den Eigenbetrieb durch Energy Harvesting herstellen.

(Anbieter-Beispiel: EnOcean https://www.enocean.com/de/anwendungen-im-internet-der-dinge/smart-home-und-heimautomation/)

- Steuerung über Eingabegeräte und Fernsteuerung: Für die Steuerung der Endgeräte können verschiedene Eingabegeräte zum Einsatz kommen:
  Touchdisplays, Raumtemperaturregler, Tablets, Smartphones oder ein zentraler Schalter. Auch die Steuerung über Sprachbefehle ist bei einigen
  Anwendungen möglich, z.B. in der Smart-Home Plattform von Apple HomeKit, in der Geräte durch den Sprachassistenten Siri gesteuert werden können.
  Viele Anbieter von Smart Home Technologien bieten kostenlos 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: Sensoren ermöglichen die Messung von Bewegungen, Geräuschen, Licht und Temperatur und können somit Signale zur automatisierten Steuerung auslösen. Wenn der Sensor im Fensterrahmen signalisiert, dass das Fenster geöffnet ist, sendet das Gateway ein Signal an den Heizungsregler, sodass die Heizung heruntergefahren wird. Die Beleuchtung von Räumen kann auf Bewegungsmelder und Präsenz reagieren und sich an die Stärke des Tageslichtes automatisch anpassen. Ein Sonnenschutz kann durch Lichtsensoren automatisiert so gesteuert werden, dass im Sommer eine geringere Erwärmung und im Winter eine geminderte Abkühlung der Räume erfolgt. Auch kann eine programmierte Zeitsteuerung zur Lüftung in kühleren Nachtstunden bei motorisierten Fenstern dazu dienen, dass im Sommer eine passive Kühlung

erfolgt und so weniger Energie zur Kühlung verbraucht wird. (Die Kombination mit einem Regensensor kann darüber hinaus absichern, dass kein Wasser durch das Fenster gelangt). Eine weitere Möglichkeit zur automatischen Steuerung bietet die Einbindung von Ortungsdiensten. Das intelligente Heizkörper-Thermostat von *Tado* oder *Nest* erkennt über das Smartphone, wenn man das Haus verlässt und triggert dann das Herunterfahren der Heizung. Nähert man sich dem Haus, fährt die Heizung wieder hoch: <a href="https://www.tado.com/de/">https://www.tado.com/de/</a>, <a href="https://www.tado.com/de/">https://www.tado.com

- Selbstlernende Systeme zur automatischen Steuerung: Präsenzmelder in den einzelnen Räumen erlernen Nutzerverhalten und erstellen ein Nutzerprofil für die Beheizung. Wird der Raum abweichend vom Profil genutzt, erkennt der Sensor die Bewegung und die Heizung wird hochgefahren. Die Verwendung zusätzlicher Sensoren für das Erkennen offener Fenster und/oder die Berücksichtigung von Wetterdaten ist für die Präzision der Berechnung der Heizkurve möglich. [8]
- 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, der die Temperaturdifferenz des Heizköpers und der Raumluft zur Stromerzeugung nutzt: https://www.enkey.de/
- Die dezentrale Plug-and-Play Lösung *GridSense* verfügt über einen selbstlernenden Algorithmus, der sowohl das Verbraucherverhalten als auch die Belastung im Versorgungsnetz antizipiert und für eine optimierte Steuerung der Geräte berücksichtigt. Darüber hinaus nutzt GridSense zusätzliche Daten wie Wetterprognosen und Stromtarife. Dank der Gerätehersteller-unabhängigen Funktionalität von GridSense ist diese Technologie sehr nutzerfreundlich: <a href="http://www.alpiq.com/de/images/GridSense%20-%20Broschuere%20-%20DE\_tcm96-114222.pdf">http://www.alpiq.com/de/images/GridSense%20-%20Broschuere%20-%20DE\_tcm96-114222.pdf</a>
- Transparenz durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbräuchen: Durch die Ausstattung mit Sensoren ist auch ein Real-Time Monitoring von Energieverbräuchen der unterschiedlichen Haushaltsgeräte möglich. In manchen Geschäftsmodellen wird der visualisierte Energieverbrauch, mit den dadurch entstehenden Energiekosten in Verbindung gesetzt, um einen klaren Anreiz zum Energiesparen zu setzen. Häufig werden Monitoring-Anwendungen in Kombination mit Steuerungsinstrumenten angeboten. Der Energiemonitor von Smappee, einem belgischen Unternehmen, welches seine Produkte in 85 Ländern vertreibt, bietet Echtzeitdaten zum Stromverbrauch von Haushaltsgeräten und damit verbundenen Kosten. Zusätzlich können die Geräte aus der Ferne ein- und ausgeschaltet werden. Diese Funktion ist wichtig, um über die ursprüngliche Information hinaus tatsächliche Energieeinsparpotenziale zu generieren. Die Sonderform des Solar-Energiemonitors stellt zusätzlich den Ertrag aus der eigenen Solaranlage dar. Der Gas- und Wassermonitor bietet ergänzend eine geeignete Lösung für die Verbrauchs- und Kostenüberwachung von Gas und Wasser: http://www.smappee.com/de/energiemonitor-zuhause

■ Das Energieunternehmen *Fresh Energy* bietet einen Stromtarif mit einer monatlichen verbrauchsgenauen Rechnung an. Neben Ökostrom von eprimo erhalten die Kunden einen Smart Meter von Discovergy, der dem Kunden in Verbindung mit einer App einen visualisierten Stromverbrauch einzelner Haushaltsgeräte und damit verbundener Kosten anzeigt: <a href="https://www.getfresh.energy/">https://www.getfresh.energy/</a>

### 7.2.2 Anwendungsmöglichkeiten / Geschäftsmodelle in GWB

Für Anwender in Mietwohnungen eignet sich insbesondere die Vernetzung der Geräte über Funk oder Powerline, da in diesen beiden Fällen keine Eingriffe in die Bausubstanz notwendig sind. Plug-and-Play Lösungen können bei Umzug einfach demontiert und in die neue Wohnung mitgenommen werden. Entscheidet sich der Eigentümer für eine Ausstattung mit intelligenter Technik, um den Wert seiner Immobilie zu steigern, eignen sich auch kabelbasierte Systeme. Diese sind weniger störanfällig. Im GWB ist die Wartungsfreiheit von installierten Systemen ein wichtiger Faktor. Im Fall von funkbasierten Lösungen eignen sich daher insbesondere Energy Harvesting Technologies, die ohne Batterien funktionieren und somit keinen Batteriewechsel notwendig machen. [8]

Prinzipiell gibt es im GWB die gleichen Anwendungsmöglichkeiten wie im EFH/ZFH, wobei der Einsatz von Fernsteuerung von außerhalb des Gebäudes im GWB bislang kaum genutzt wird [8]:

- Steuerung über Eingabegeräte und Fernsteuerung
- Automatische Steuerung durch Sensorik und Zeitsteuerung
- Selbstlernende Systeme zur automatischen Steuerung
- Transparenz durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbräuchen: Das Smart Home System RIEcon wird vor allem im GWB genutzt. Insgesamt wurden schon über 30.000 Wohnungen mit RIEcon ausgestattet. Die Lösung ermöglicht ein Monitoring der Energieverbräuche, einen ständigen Vergleich zu den Vorjahresverbräuchen und bietet Informationen über Möglichkeiten zur Energieverbrauchsreduktion. In den ausgerüsteten Wohnungen konnte bis zu 30Prozent Energie eingespart werden: <a href="http://www.riedel-at.de/content/index.cfm">http://www.riedel-at.de/content/index.cfm</a>
- Obwohl Einschätzungen hinsichtlich genauer Energieeffizienzpotenziale durch Transparenzmaßnahmen auseinander gehen, gibt es Untersuchungen, die deren Chancen klar hervorheben. Eine Studie von dena und Projektpartnern 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). [7]
- Transparenz durch Submetering: Beim Submetering werden Energieverbrauch und
  -kosten nach den einzelnen Mietparteien eines Wohngebäudes aufgeschlüsselt. Die Abrechnung erfolgt somit nach der individuell verbrauchten Energie
  des Mieters. Verbunden mit Lösungen für Monitoring und Visualisierung der eigenen Verbrauchsdaten entstehen Anreize für ein energieeffizienteres

Verhalten. Beispielsweise bietet das Unternehmen ista eine Submetering-Lösung für den Wärmeverbrauch an. Die Daten werden durch Funk-Technologie übertragen und erfasst und die Mieter können monatlich ihre Verbrauchsdaten über eine App auf dem Smartphone oder Tablet überprüfen: <a href="https://www.ista.com/de/submetering/">https://www.ista.com/de/submetering/</a>

### 7.2.3 Anwendungsmöglichkeiten / Geschäftsmodelle in NWG

- Transparenz durch Monitoring und Aufbereitung von Energieverbrauchsdaten: Aufgrund einer vollständig automatisierten Erhebung von energiebezogenen Parametern können weitaus größere Datenmengen als bei herkömmlichen Zählerablesungen erhoben werden. Dadurch verringert sich nicht nur der Aufwand, sondern es verbessert sich zudem die Zuverlässigkeit. Darüber hinaus ist eine weitaus ausführlichere Analyse möglich, entweder durch den Verbraucher selbst oder wie in den meisten Fällen seitens eines Dienstleisters. Dem Nutzer werden die Ergebnisse der Analyse typischerweise in übersichtlicher Form zur Verfügung gestellt, beispielsweise durch eine zeitnahe Visualisierung der relevantesten Parameter. Die grundlegende Technologie basiert auf einem intelligenten Stromzähler mit Gateway sowie einer maßgeschneiderten Software.
- Neben spezialisierten Unternehmen agieren heute bereits viele Stadtwerke als sogenannte Effizienzdienstleister auf dem Markt. Sie bieten den Verbrauchern Dienstleistungen wie Beratung, Benchmarking, Überwachungs- und Wartungsdienstleistungen an. All diese Dienstleistungen können als Bausteine eines auf Digitalisierung basierenden Energiemanagements angesehen werden.
- Als Beispiel kann SmartWEB, der Energiesparhelfer der Stadtwerke Ahaus, gelten. Das angebotene Dienstleistungspaket beinhaltet eine viertelstündige Abbildung des Energieverbrauchs, einen Überblick der Erzeugungswerte der PV-Anlagen, die Identifizierung von Verbrauchsspitzen und von Geräten, die besonders viel Strom verbrauchen. Dadurch werden Anreize für ein verändertes Verbrauchsverhalten gesetzt, durch welches der Energieverbrauch reduziert wird und die Energiekosten sinken: <a href="https://www.stadtwerke-ahaus.de/72-tools/tools?start=4">https://www.stadtwerke-ahaus.de/72-tools/tools?start=4</a>
- *Transparenz durch Submetering:* Zentraler Gegenstand des Submetering ist die Aufschlüsselung des Gesamtverbrauchs nach einzelnen Verbrauchern oder Anlagen. Da das Verbrauchsprofil noch viel detaillierter erstellt werden kann, kann das Submetering auch als eine fortgeschrittene Art des Monitorings angesehen werden. Die Steuerung kann somit noch effektiver erfolgen.
- So ermöglicht die NILM-Technologie (auch NIALM Non-intrusive Appliance Load Monitoring) eine Aufschlüsselung des Gesamtstromverbrauchs nach einzelnen Anlagen durch ihre einzigartigen Verbrauchsfingerabdrücke mit einem einzelnen intelligenten Stromzähler vorausgesetzt, dieser verfügt über eine ausreichend hohe Abtastrate. Die Technologie ist präzise genug, um zwei Glühbirnen mit gleicher Leistung unterscheiden zu können und ermöglicht die Erfassung von bis zu 20 einzelnen Anlagen. Der Stromzähler muss mit dem Gateway verbunden werden, welcher die erhobenen Daten an den Dienstleister weiterleitet. Dieser führt anschließend auf Basis der gesammelten Daten und mit Hilfe geeigneter Algorithmen und maschinellen Lernens die Analyse des Verbraucherprofils durch. Beim Einsatz in Bäckereibetrieben befinden sich die Energieeinsparungen beispielsweise bei bis zu 30%. Für den gesamten Industrie- Gewerbe- und Handels-Sektor wird das Einsparpotential auf 12Prozent geschätzt. [11] 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.

- Automatische Steuerung durch Sensorik und Zeitsteuerung: Wie in Privatgebäuden können auch in NWG einzelne Gebäudekomponenten durch die Nutzung von Sensoren automatisiert werden.
- So werden beispielsweise Beleuchtungsanlagen mit Tageslichtsensoren ausgerüstet. Weitere Anwendungsfälle sind die automatische Steuerung von Heizungssystemen (sowohl Wärmeerzeugung als auch Wärmetransport und -verteilung) und Lüftungssystemen. Solche Beleuchtungsanlagen werden normalerweise als Einzelsysteme in Büros, Turnhallen, Lagern, Einkaufzentren etc. eingebaut. Die Installation empfiehlt sich insbesondere im Fall von Sanierungen. Aktuell werden in vielen NWG die bestehenden Beleuchtungsanlagen durch effizientere ausgetauscht (im Fall der HQL-Beleuchtung besteht sogar eine gesetzliche Verpflichtung zum Austausch). Dabei stellt der gleichzeitige Einbau von Tageslichtsensoren nur einen geringen zusätzlichen Aufwand dar. Ein solches System kann den Energieverbrauch der Beleuchtung um 10-30Prozent senken. [13]
- Ein Beispiel für ein solches System findet man beim Anbieter *ASS Energietechnik*. Die Ausrüstung mit einem Tageslichtsensor und darauf basierender Steuerung wird als eine zusätzliche Modullösung zu einer LED-Beleuchtungsanlage angeboten: <a href="http://ass-energietechnik.de/wp-content/uploads/2014/06/ASS">http://ass-energietechnik.de/wp-content/uploads/2014/06/ASS</a> Brancheninfo-kompakt LED Industrie 1406021.pdf
- Das noch ungenutzte Einsparpotenzial durch Steuerung in NWG wird relativ hoch eingeschätzt. In einer Studie von Ecofys [14] werden Referenzgebäude betrachtet, welche über Steuerungsmöglichkeiten von Anlagen und Gebäudesystemen verfügen, diese jedoch nicht in Anspruch nehmen. Im Fall von Bürogebäuden handelt es sich hier zum Beispiel typischerweise um eine im Voraus programmierte Boilersteuerung anhand der antizipierten Auslastung des Gebäudes. Dabei werden Wetterparameter nicht einbezogen. Ähnlich sieht es mit dem Lüftungssystem aus. Die Heizung wird zentral gesteuert, ohne zu berücksichtigen, dass manche Zonen mit einer niedrigeren Wasserzulauftemperatur versorgt werden könnten. Die Wasserumwälzpumpen sind oft durch eine Ein/Aus-Funktion gesteuert. In Supermärkten wird zum Beispiel die Steuerung der Kühlanlagen im Voraus programmiert ohne die Luftmenge an den aktuellen Kühlungsbedarf anzupassen. Für die genannten Beispiele besteht ein Energieeinsparungspotential durch optimierte Steuerung, d.h. durch automatisierte Steuerung und Monitoring (zusätzlich zu den Einsparungen durch angemessene Dimensionierung, Einbau und Einstellungen). Die dadurch zu erreichenden Einsparungen liegen laut Ecofys im Fall von Bürgebäuden bei 26-32Prozent und im Fall von Supermärkten bei 36-39%. Die Amortisationszeit beträgt für notwendige Investitionen maximal 4,5 Jahre. Diese Ergebnisse unterstützt eine Studie von ILK Dresden, die die Einsparpotenziale der Raumlufttechnik in Deutschland durch Verbesserung der Monitoring, Steuerung und Regelungs- (MSR-)Technik auf 10Prozent einschätzt. Sie empfiehlt diese Maßnahme bei 39Prozent der installierten Anlagen. [15]
- Bei Anwendungen in kleineren NWG, in denen die Steuerung verschiedener Gebäudesysteme nicht integriert wird, können im Prinzip die gleichen Steuerungskomponenten wie in Wohngebäuden genutzt werden (wie beispielsweise eine programmierbare Zirkulationspumpensteuerung:

  <a href="https://www.elv.at/fs20-zps-zirkulationspumpen-steuerung-mit-2-temperaturfuehlern-je-3-m-kabel.html">https://www.elv.at/fs20-zps-zirkulationspumpen-steuerung-mit-2-temperaturfuehlern-je-3-m-kabel.html</a>). Es besteht jedoch auch die Möglichkeit,

komplexere Systeme zu nutzen. Beispielsweise bietet *Wago* integrierte Gebäudesteuerungssysteme für die Bereiche Heizung, Lüftung und Klimatisierung (HLK) an. Um den Einbauaufwand zu reduzieren, sind die Softwarekomponenten zu einem gewissen Grad vorprogammiert, das Steuerungssystem muss hingegen parametrisiert werden. Begleitend bietet Wago Beratungsleistungen an. Es sei an dieser Stelle jedoch darauf hingewiesen, dass unterschiedliche Anlagen nicht den gleichen Grad an externer Steuerbarkeit erlauben (beispielsweise ist die Steuerung bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung aufgrund eines eigenen Frostschutzes beschränkt):

http://www.wago.de/loesungen/gebaeudetechnik/gebaeudeautomation/heizung-klima-lueftung/uebersicht/index.jsp#1460423

#### 7.2.4 Potenziale durch das 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 (SMGW) in Verbindung mit einer modernen Messeinrichtung (elektrischer Stromzähler). Andere Verbraucher können sich freiwillig für den Einbau eines SMGW entscheiden.

Das SMGW verfügt über Schnittstellen zur Kommunikation mit verschiedenen Aktoren und Sensoren innerhalb und außerhalb des Gebäudes. Aufgrund der hohen Datenschutzstandards, die ein SMGW erfüllen muss, ist eine sichere Datenkommunikation gewährleistet. Das Gateway wird neben der Erfassung von Stromzählerständen auch Daten aus anderen Sparten erfassen können. In Verbindung mit dem SMGW können daher umfassende Lösungen zur Darstellung und Aufbereitung von Energieverbrauchsdaten zeitpunktgenau durch den Energieversorger angeboten und mit Tipps zum Energiesparen verbunden werden. Die Visualisierung kann über ein Kundenportal, eine Smartphone-App oder ein Display erfolgen.

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.

Die Möglichkeiten, die sich durch den Rollout von SMGW in Hinblick auf eine verbesserte Netzdienlichkeit und eine Erhöhung des Eigenverbrauchs ergeben, werden in anderen Anwendungsfällen betrachtet.

# 7.3 Schlüsselindikatoren

## 7.3.1 EFH/ZFH

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Erfahrungswerte und verschiedene Studien, die die Energieeffizienzpotenziale von einer intelligenten Heizungssteuerung unter Einbeziehung unterschiedlicher Komponenten untersuchten, zeigen Energieersparnisse von 15-30 Prozent. [2], [18]
	+ Energieeffizienz wird auch durch eine intelligente Steuerung der Beleuchtung erhöht (Einsparungen durch automatisierte und präsenzabhängige Beleuchtung von 16-52 Prozent möglich). [17]
	+ Ein Energieeinsparpotential ergibt sich zudem durch die zentrale Steuerung aller elektronischen Geräte im Haushalt (Einsparungen von 23-28 Prozent möglich). So lässt sich z.B. durch das automatische Ausschalten aller ausgewählten elektrischen Geräte bei Verlassen der Wohnung Energie einsparen. Dies kann z.B. durch einen zentralen Schalter oder durch eine Keycard als Haustürschlüssel erfolgen. [17]
	- Technologien für intelligente Steuerung wie Gateways und Eingabegeräte können jedoch auch zu einem erhöhten Energieverbrauch führen (z.B. wenn jeder Raum mit einem Touchpad ausgestattet wird). Bei der Anschaffung von Geräten sollte daher auf geringen Eigenverbrauch geachtet werden. Energy Harvesting Technologien sind hier empfohlen.
	+ Durch Echtzeitvisualisierung des Verbrauchs in Verbindung mit kundenspezifischen Tarifanreizen können im Schnitt Stromersparnisse in Höhe von 11Prozent erreicht werden. [16]
	- Smart Home Produkte zur Visualisierung des Energieverbrauchs alleine schaffen jedoch noch keine Energieeffizienz.  Ohne konkrete Maßnahmen zur Einsparung können sie die Energiebilanz eines Haushaltes sogar verschlechtern (Rebound-Effekte).
Einzelwirtschaftliche Kosten	- Fest verkabelte Systeme, wie KNX, verursachen Kosten von mindestens 10.000 Euro zzgl. Montage. [9]
	+ Starter-Sets für Plug-and-Play Anwendungen von verschiedenen Anbietern sind hingegen ab etwa 150-250 Euro zu erhalten. Diese Sets bestehen zum Beispiel aus Heizungsthermostaten für einen Raum, einer Basisstation und einem Fensterkontakt und können schrittweise nachgerüstet werden.
Systemische Kosten	Keine Einfluss

Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Um durch Gebäudeautomatisierung Energieeinsparungen zu erreichen, muss nicht das gesamte Haus automatisiert werden. Insbesondere die intelligente Steuerung von Heizungen birgt hohe Effizienzpotenziale.
	+ Auch die Visualisierung des Energieverbrauchs ist ohne eine umfassende Gebäudeautomatisierung umsetzbar.
	+ Die Gebäudeautomatisierung kann insb. im Fall von Funk- oder Powerline-basierten Systemen schrittweise erweitert werden, um so weitere Effizienzpotenziale auszuschöpfen.

## 7.3.2 GWB

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Unabhängig vom Verhalten der Mieter kann durch Auswertung von elektronischen Heizkostenverteilern und angepasste Steuerung etwa 10 Prozent Energie eingespart werden. [8]
	+ Smart Home Lösungen im Bereich Wärme bieten in der Regel größeres Energieeinsparungspotenzial als im Bereich Strom. [9]
	+ Durch den Einsatz von intelligenten Einzelraumreglern in einem Mietwohnhaus konnten in einzelnen Modellvorhaben Heizenergieeinsparungen von 20-25Prozent im Vergleich zu einem Referenzgebäude ohne intelligente Regler erreicht werden. Einsparungen wurden vor allem morgens und abends erreicht [8]. In der breiten Anwendung ist mit deutlich geringeren Einsparungen zu rechnen.
	+ Durch eine intelligente Steuerung der Beleuchtung können Energieeinsparungen von 16-52 Prozent erreicht werden. [17]
	+ Ein Energieeinsparpotential ergibt sich zudem durch die zentrale Steuerung aller elektronischen Geräte im Haushalt (etwa 23-28 Prozent). [17]
	+ Die Visualisierung des Energieverbrauchs gibt Anreize zum Energiesparen. Einer dena-Studie zufolge verringerte sich der mittelfristige Heizenergieverbrauch um zehn Prozentpunkte bei Mietern, die über drei Jahre monatlich über ihren Verbrauch informiert wurden (Vergleich Kontrollgruppe: zwei Prozentpunkte Einsparung). [7]
	- Durch Echtzeitvisualisierung des Verbrauchs in Verbindung mit kundenspezifischen Tarifanreizen können im Schnitt Stromersparnisse in Höhe von 11Prozent erreicht werden. [16]
	- Smart Home Produkte zur Visualisierung des Energieverbrauchs alleine schaffen jedoch noch keine Energieeffizienz.

	Ohne konkrete Maßnahmen zur Einsparung können sie die Energiebilanz eines Haushaltes sogar verschlechtern.  - Das Einsparpotenzial ist stark abhängig vom Verhalten der Mieter, sofern keine intelligenten (ausgleichenden) Systeme eingesetzt werden. [8]
Einzelwirtschaftliche Kosten	<ul> <li>+ Für einfache Plug-and-Play Systeme sind die Kosten für den Mieter oder Vermieter relativ günstig.</li> <li>- Fest installierte / verkabelte Systeme bringen deutlich höhere Kosten – in der Regel für den Vermieter – mit sich, die dann jedoch auf die Mieter umgelegt werden können.</li> </ul>
	-/+ Insbesondere Beratung und Installation, die bei der momentanen Marktlage noch eine große Wichtigkeit besitzen, bringen Kosten mit sich. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass mit steigender Transparenz und Kompatibilität der Produkte der Bedarf an diesen Dienstleistungen sinkt.
Systemische Kosten	Kein Einfluss
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Für Plug-and-Play Systeme ist der benötigte Gebäudeautomatisierungsgrad in der Regel gering.  - Systeme mit smarten elektronischen Heizkostenverteilern in allen Mietwohnungen eines Gebäudes erfordern hingegen einen höheren Grad an Gebäudeautomatisierung.

# 7.3.3 NWG

Schlüsselindikatoren	Bewertung
Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz	+ Ein System mit Tageslichtsensoren kann den Energieverbrauch für Beleuchtung gegenüber einem System ohne Sensorik um 10-30 Prozent senken. [13]
	+ Das Einsparungspotential beim Einsatz von Aufschlüsselungstechnologie (NILM) wird für den gesamten Industrie-, Gewerbe- und Handelssektor auf 12 Prozent geschätzt. [11]
	+ Das Einsparpotenzial durch den Einsatz von Automatisierung, Steuerung und Monitoring von bereits angemessen dimensionierten, installierten und eingestellten Systemen liegt bei 26-32Prozent (Bürogebäude) bzw. 36-39 Prozent (Supermärkte). [14]
	+ Das Einsparpotenzial bei Raumlufttechnik durch Verbesserung von MSR-Technik wird auf ca. 10 Prozent geschätzt. [15]

	- In Wohnhäusern zeigt eine Analyse von Ecofys gewisse Einsparpotenziale, die durch unterjährige Verbrauchsinformation zum Wärmeverbrauch erzielt werden können. [12] Es ist jedoch nicht klar, ob dieser Effekt auch bei NWG zu erwarten ist, da die Nutzer meist nicht selbst die Energiekosten tragen.
Einzelwirtschaftliche Kosten	+/- Da die Systeme in Aufbau, Größe und Komplexität variieren, besteht auch für die Investitionen eine enorme Preisspanne. Die Höhe der Kosten ist dabei weniger entscheidend als die Amortisationszeit.
	- Aufgrund der Individualität von NWG ist i.d.R. eine Kalibrierung notwendig. Diese kann hohe Kosten mit sich bringen.
Systemische Kosten	Kein Einfluss
Benötigter Grad an Gebäudeautomatisierung	+ Im Fall des Einbaus eines NIALMs ist keine vorherige Digitalisierung notwendig, ebenso bei anderen Submetering- Technologien. Jedoch müssen im Fall einer Vernetzung von Unterzählern Datenverbindungen erstellt werden, entweder durch Verkabelung oder durch Funk-basierte Technologien. Gleiches gilt auch für andere Systeme, die mehrere Komponenten beinhalten.
	- Für Steuerungssysteme ist ein höherer Automatisierungsgrad erforderlich.

### 7.4 Quellen

- [1] Technologie Stiftung Berlin (2015): Smart Home Berlin <a href="https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/Smart Home Berlin Report 2015.pdf">https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/Smart Home Berlin Report 2015.pdf</a>
- [2] Deutsches Clean Tech Institut (DCTI) (2015): GreenGuide Smart Home 2015. http://www.dcti.de/fileadmin/user\_upload/GreenGuide SmartHome 2015 Webversion.pdf
- [3] Deloitte (2014): Vor dem Boom Marktaussichten für Smart Home
  <a href="https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2014/Studien/Marktaussichten-fuer-Smart-Home/141023-Marktaussichten-SmartHome.pdf">https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2014/Studien/Marktaussichten-fuer-Smart-Home/141023-Marktaussichten-SmartHome.pdf</a>
- Schubert, J.; S. Leonhardt; M. Schneider; T. Neumann; B.Gill und T. Teich (2016): Smarte Quartiere 2050 flexibel, resilient und intelligent.

  <a href="https://www.researchgate.net/profile/R">https://www.researchgate.net/profile/R</a> Weidner/publication/311669596 Technische Unterstutzungssysteme die die Mens chen wirklich wollen Band zur zweiten transdisziplinaren Konferenz 2016/links/5853896e08ae0c0f322284e1/Technisch e-Unterstuetzungssysteme-die-die-Menschen-wirklich-wollen-Band-zur-zweiten-transdisziplinaeren-Konferenz-

### 2016.pdf#page=141

- Jakobi, T.; C. Ogonowski, N. Castelli, G. Stevens und V. Wulf (2016): Das Zuhause smart machen Erfahrungen aus Nutzersicht.

  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Corinna\_Ogonowski/publication/307935722">https://www.researchgate.net/profile/Corinna\_Ogonowski/publication/307935722</a> Das Zuhause smart machen Erfahrunge n\_aus\_Nutzersicht/links/57d2933508ae5f03b48caac4.pdf
- [6] Smart Home Deutschland (2016): B2C Smart Home Monitor 2016. <a href="http://www.smarthome-deutschland.de/aktuelles/presse/detail/b2c-smart-home-monitor-2016.html">https://www.smarthome-deutschland.de/aktuelles/presse/detail/b2c-smart-home-monitor-2016.html</a> (abgerufen am 09.05.2017) und <a href="https://www.splendid-research.com/Marktforschung/Studienflyer-Smart-Home-Monitor-2016.pdf">https://www.splendid-research.com/Marktforschung/Studienflyer-Smart-Home-Monitor-2016.pdf</a>
- [7] Dena (2017): dena-Modellvorhaben. Bewusst heizen, Kosten sparen. Abschlussbericht "Verbrauchsauswertung und Mieterbefragungen in den Heizperioden 2012 bis 2016".

  <a href="https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads\_Dateien/bau/9188\_Abschlussbereicht\_dena\_Modellvorhaben\_Bewusst\_heizen\_Kosten\_sparen.pdf">https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads\_Dateien/bau/9188\_Abschlussbereicht\_dena\_Modellvorhaben\_Bewusst\_heizen\_Kosten\_sparen.pdf</a> (abgerufen am 16.05.2017).
- [8] Wilkes (2016): Digitale SmartHome-Lösungen. Technische Konzepte für eine intelligente Energienutzung in Bestandsgebäuden. <a href="http://www.berliner-impulse.de/fileadmin/user\_upload/berliner-impulse/01\_Aktuell/03\_Zeitschrift/2016/4\_2016/Energie-Impulse\_04b\_2016\_04\_web.pdf">http://www.berliner-impulse.de/fileadmin/user\_upload/berliner-impulse/01\_Aktuell/03\_Zeitschrift/2016/4\_2016/Energie-Impulse\_04b\_2016\_04\_web.pdf</a>
- [9] Innofact AG (2014): Gemeinschaftsprojekt "Kundennutzen Smart Home im Mietermarkt" <a href="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">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</a>
- [10] Enbausa (2015): <a href="http://www.enbausa.de/lueftung/aktuelles/artikel/kunden-wollen-smart-homes-als-vermieter-loesung-1529.html">http://www.enbausa.de/lueftung/aktuelles/artikel/kunden-wollen-smart-homes-als-vermieter-loesung-1529.html</a> (abgerufen am 08.05.2017)
- [11] Fraunhofer IMS (2016): Die neue Generation intelligenter Zähler: Einzelgeräteerkennung in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Presseinformation). <a href="https://www.ims.fraunhofer.de/de/Presse/Presseinformationen/2016/NILM.html">https://www.ims.fraunhofer.de/de/Presse/Presseinformationen/2016/NILM.html</a> (abgerufen am 09.05.2017)
- [12] 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
- [13] energieeffizienz-im-betrieb.net (2017): Energiesparen bei Gewerbe-Beleuchtung. <a href="http://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/beleuchtung-gewerbe-industrie.html">http://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/beleuchtung-gewerbe-industrie.html</a> (abgerufen am 09.05.2017)

- [14] Ecofys (2017): Optimising the energy use of technical building systems unleashing the power of the EPBD's Article 8 (im Auftrag von Danfoss A/S): <a href="http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-optimising-the-energy-use-of-tbs-final-report.pdf">http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-optimising-the-energy-use-of-tbs-final-report.pdf</a>
- [15] ILK Dresden, Schiller Engineering (2013): Chancen der Energetischen Inspektion für Gesetzgeber, Anlagenbetreiber und die Branche). https://www.irbnet.de/daten/rswb/14019025698.pdf
- [16] Agsten et al. (2012): Abschlussbericht eTelligence. <a href="http://www.e-energie.pt-dlr.de/documents/eTelligence">http://www.e-energie.pt-dlr.de/documents/eTelligence</a> Projektbericht 2012.pdf
- [17] Becker M. und P. Knoll (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
- [18] BDH (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie) (2017): Effiziente Systeme und erneuerbare Energien.

  <a href="http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user\_upload/Publikationen/BDH">http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user\_upload/Publikationen/BDH</a> Effiziente Systeme und erneuerbare Energien 2017.pdf

### 7.5 Pilotvorhaben

- EFH/ZFH:
- Smart Operator: Lechwerke und RWE haben Smart Grid aufgebaut mit Beteiligung von über 100 Haushalten. Einbindung von Smart Home-Anwendung in Privathaushalten. https://www.lew.de/energiezukunft/smart-operator
- Pilotprojekt von Vattenfall in Hamburg-Dulsberg "Energieeffizienz durch Heimautomatisierung"
   https://corporate.vattenfall.de/globalassets/deutschland/nachhaltigkeit/flyer heimautomatisierung.PDF
- GWB:
- Projekt der GSW Immobilien AG mit Escos automation UG und Deutsche Energiesysteme GmbH: Ausstattung von 3 Musterwohnungen in Berlin Spandau mit intelligenter Heizungssteuerung, Auswertung über 2 Jahre, Vergleich zu Referenzwohnungen um Einsparpotenziale festzustellen.
   https://www.technologiestiftung-berlin.de/fileadmin/daten/media/publikationen/Smart Home Berlin Report 2015.pdf
- Projekt "Ein Zuhause mit (Mehr-)Wert!" der Westsächsischen Wohn- und Baugenossenschaft eG Zwickau: Technische Gebäudeausrüstung im Zuge einer Vollsanierung, mit Fokus auf Energieeinsparpotenzialen, Präsenzschalter und elektronische Thermostat-Hygrometer, mit Fensterkontakten, Smart

Home-Infrastruktur zur Auswertung des Energie- und Kostenverbrauchs, Auszeichnung mit dem "Genossenschaftspreis Wohnen" <a href="http://web.gdw.de/pressecenter/pressemeldungen/2742-fuenf-hochklassige-wohnungsgenossenschaften-ausgezeichnet">http://web.gdw.de/pressecenter/pressemeldungen/2742-fuenf-hochklassige-wohnungsgenossenschaften-ausgezeichnet</a>

 Projekt "Meine Wohnung" des Netzwerks Green with IT, Beteiligung der Arbeiter-Baugenossenschaft Paradies in Bohnsdorf und der BBB Management GmbH Berlin-Buch: Einsatz von selbstlernenden Geber-Nehmer-Systemen, die die Raumtemperatur steuern, die Daten bleiben innerhalb der Wohnung, eine Darstellung des Heiz- und Stromverbrauch erfolgt in einer App in grafischer Form.
 <a href="http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/immobilien/pilotversuch-mit-neuer-app-heizkosten-sparen-mit-dem-smartphone/13590758.html">http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/immobilien/pilotversuch-mit-neuer-app-heizkosten-sparen-mit-dem-smartphone/13590758.html</a>

#### NWG:

- BAFAs Pilotprojekt Einsparzähler für Unternehmen und Unternehmenskonsortien (<a href="http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Einsparzaehler/einsparzaehler\_node.htm">http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Einsparzaehler\_node.htm</a>)
- Pilotprojekt für Erprobung der NILM-Technologie in Praxis, von Discovergy GmbH, EasyMeter GmbH, GreenPocket GmbH und RWE GBS GmbH unter Leitung des Fraunhofer IMS (<a href="https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/news/2016/12/2016-12-01-smartmeters-to-use-algorithms-to-analyze-electricity-consumption.html">https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/news/2016/12/2016-12-01-smartmeters-to-use-algorithms-to-analyze-electricity-consumption.html</a>)

## 8. 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

**BMVI** Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur

**BSI** Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

CAD Computer-Aided Design

CAM Computer-Aided Manufacturing

**EE** Erneuerbare Energien

**EEG** Erneuerbarer-Energien-Gesetz

**EFH** Einfamilienhaus

**EnEff** Energieeffizienz

**EnWG** Energiewirtschaftsgesetz

**GLT** Gebäudeleittechnik

**GWB** Geschosswohnungsbau

**HOAI** Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

**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

VHPready Virtual Heat and Power Ready

**WP** Wärmepumpe

**ZFH** Zweifamilienhaus