

Technologien

Geschäftsmodelle



Akzeptanz

Wirtschaftlichkeit

## Smart Energy in Haushalten:

### Technologien, Geschäftsmodelle, Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit

Hawal Shamon, Tobias Rehm, Broghan Helgeson, Felix Große-Kreul, Marvin Gleue, Ute Paukstadt, Gianmarco Aniello, Thorsten Schneiders, Cordelia Frings, Aileen Reichmann, Andreas Löschel, Torsten Gollhardt, Wilhelm Kuckshinrichs, Konstantin Gruber, Pauline Overath, Carolin Baedeker, Friedrich Chasin, Katja Witte, Jörg Becker

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 541

ISBN 978-3-95806-554-3

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE)

## **Smart Energy in Haushalten:** Technologien, Geschäftsmodelle, Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit

Hawal Shamon, Tobias Rehm, Broghan Helgeson,  
Felix Große-Kreul, Marvin Gleue, Ute Paukstadt,  
Gianmarco Aniello, Thorsten Schneiders, Cordelia Frings,  
Aileen Reichmann, Andreas Löschel, Torsten Gollhardt,  
Wilhelm Kuckshinrichs, Konstantin Gruber, Pauline Overath,  
Carolin Baedeker, Friedrich Chasin, Katja Witte, Jörg Becker

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 541

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-554-3

# Inhaltsverzeichnis

<b>Management Summary</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Technologie-Screening: Smart Energy für Haushalte</b> .....	<b>10</b>
2.1 Haushaltstechnologien im Wandel und Einführung von Smart Energy- Technologien und -Produkten .....	11
2.2 Aufbau und Methodik Technologie-Screening.....	13
2.3 Untersuchungsergebnisse des Technologie-Screenings.....	16
2.3.1 Definition: Gebäudeautomation – Smart Home.....	16
2.3.2 Untersuchungsergebnisse funkbasierter Gebäudeautomationssysteme .....	18
2.3.3 Definition: Energiemanagementsysteme.....	22
2.3.4 Untersuchungsergebnisse Energiemanagementsysteme.....	23
2.4 Zusammenfassung .....	26
<b>3 Smart Energy-Geschäftsmodelle</b> .....	<b>27</b>
3.1 Smart Energy-Services und Geschäftsmodelle .....	29
3.2 Status Quo der Smart Energy-Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft.....	30
3.2.1 Smart Energy Geschäftsmodellarchetypen .....	30
3.2.2 Smart Energy-Marktanalyse.....	32
3.3 Zusammenfassung .....	34
<b>4 Empirische Untersuchungen in Miet- und Eigentümerhaushalten: Akzeptanz, Flexibilität und Investitionsentscheidungen</b> .....	<b>35</b>
4.1 Smart Energy für Haushalte: Akzeptanz, Ko-Benefits und Marktdiffusion .....	36
4.1.1 Befragung und Modell .....	37
4.1.2 Ergebnisse.....	39
4.1.3 Zusammenfassung .....	40
4.2 Zwischen Technikbegeisterung und Komfort im Smart Home: Narrative der “Early Adopter” .....	41
4.2.1 Vorgehen und Methodik.....	42
4.2.2 Ergebnisse: Narrative der Innovatoren, Early Adopter und Early Majority ....	43
4.2.3 Zusammenfassung .....	47
4.3 Randomisierte kontrollierte Studien zum Energieverbrauchsverhalten von Haushalten .....	48
4.3.1 Feedback zum Stromverbrauch durch smarte Technologien .....	48
4.3.2 Das Konzept „Flexibilität im Stromverbrauch“ .....	49

4.3.3	Randomisierte kontrollierte Studie zur Akzeptanz zeitabhängiger Strompreise .....	51
4.3.4	Randomisierte kontrollierte Studie zum Einfluss von Informationen auf die Nachfrage intelligenter Heizsteuerungen .....	53
4.3.5	Zusammenfassung .....	54
4.4	Empirische Ergebnisse von Haushaltsbefragungen unter Eigenheimbesitzer*innen .....	54
4.4.1	Aktuelle monetäre und nicht-monetäre Vor- und Nachteile am Beispiel Photovoltaikanlagen.....	55
4.4.2	Wichtigkeit von monetären und nicht-monetären Einflussfaktoren, Förderbestimmungen und Geschäftsmodellaspekten bei Adaptionentscheidungen am Beispiel der Photovoltaikanalage.....	57
4.4.3	Flexibilität in der Bereitstellung von PV-Strom und Speicherkapazität.....	60
4.4.4	Zusammenfassung .....	62
<b>5</b>	<b>Ökonomische Analysen .....</b>	<b>64</b>
5.1	Definition der Haushaltsgruppen .....	64
5.2	Wirtschaftlichkeitsanalyse von PV mit und ohne Batteriesystemen und mögliche Zielkonflikte.....	66
5.2.1	Potenzial für Eigenversorgung nach Haushaltsgruppe.....	67
5.2.2	Einfluss steuerlicher Regelungen.....	68
5.2.3	Einfluss von finanziellen Bewertungskriterien und Diskontierungssätzen.....	69
5.2.4	Einfluss energieeffizienter Geräte und Haushaltsgruppe.....	71
5.2.5	Einfluss der Einspeisevergütung .....	72
5.2.6	Zusammenfassung .....	73
5.3	Optimierung von Energieinvestition und -verbrauch „kostenminimierender“ Haushaltstypen bis 2040.....	74
5.3.1	Auswahl der Haushaltstypen.....	75
5.3.2	Szenariorahmen für die Modellierung der „kostenminimierender“ Haushaltstypen bis 2040.....	78
5.3.3	Ergebnisse aus dem COMODO-Modell für die „kostenminimierenden“ Haushaltstypen bis 2040.....	80
5.3.4	Zusammenfassung .....	85
5.4	Optimierung von Energieinvestition und -verbrauch der Haushaltstypen bis 2040 unter Berücksichtigung von nicht-monetären Präferenzen .....	86
5.4.1	Quantifizierung von nicht-monetären Präferenzen .....	86
5.4.2	Haushaltsdefinition und Szenariorahmen.....	87

5.4.3	Ergebnisse der Optimierung im COMODO Modell anhand von Erkenntnissen aus der Onlineumfrage des Forschungszentrums Jülich.....	89
5.4.4	Zusammenfassung .....	93
<b>6</b>	<b>Smart Energy-Geschäftsmodellinnovation .....</b>	<b>94</b>
6.1	Innovationsworkshops zur Entwicklung von Smart Home Geschäftsmodellen .....	94
6.1.1	Ergebnisse: Worldcafé .....	96
6.1.2	Ergebnisse: Personas .....	99
6.2	Smart Energy-Geschäftsmodellinnovationen verstehen und entwickeln: Taxonomie und Innovationsworkshop .....	101
6.2.1	Klassifikationswerkzeuge .....	101
6.2.2	Innovationsworkshop zur Geschäftsmodellinnovation .....	102
6.3	Vorstellung innovativer Smart Energy-Geschäftsmodelle .....	105
6.3.1	„Guaranteed-Energy-Saving-Service-Provider“ .....	106
6.3.2	„Ad-Based-Energy-Visualization-Provider“ .....	106
6.3.3	„Temperature-as-a-Service-Provider“ .....	107
6.4	Zusammenfassung .....	108
<b>7</b>	<b>Schlussbemerkung .....</b>	<b>111</b>
	<b>Acknowledgements.....</b>	<b>113</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>114</b>
	Glossar .....	114
	Ergänzende Daten für die Abschnitte 5.3 und 5.4 .....	125
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>128</b>

Energie & Umwelt / Energy & Environment  
Band / Volume 541  
ISBN 978-3-95806-554-3