

M. Norbert Fisch, Thomas Wilken
Franziska Bockelmann, Daniel Houschka

Dezentrale, modulare Stromspeicher zur Eigenstromsteigerung in EffizienzhausPLUS Gebäuden

F 3162

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0384-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Dezentrale, modulare Stromspeicher zur Eigenstromsteigerung in EffizienzhausPLUS Gebäuden

Gesamtleitung

Technische Universität Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik – IGS,
Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch (Institutsleiter)
Dipl.-Ing. Franziska Bockelmann (Projektleitung)

Bundesförderung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

Förderkennzeichen

SWD – 10.08.18.7-16.34

Laufzeit

01.09.2016 – 31.12.2018

Stand

Mai 2019

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.34). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren. Die Autoren danken für die Unterstützung.

durchgeführt von

Technische Universität Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik
Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391 3555
Fax: 0531 / 391 8125
Internet: www.tu-braunschweig.de/igs
e-mail: igs@tu-bs.de

Bearbeitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Dipl.-Ing. Architekt Thomas Wilken
Dipl.-Ing. Franziska Bockelmann
Industriemeister Elt. Daniel Houschka

Kooperationspartner

(keine)

Unteraufträge

mondayVision UG
Gropiusplatz 10
D – 70563 Stuttgart
Tel: 0711 / 21727470
Fax: 0711 / 21727479

KURZFASSUNG

Der Schwerpunkt im Forschungsprojekt liegt auf der Einbindung und Nutzung von Stromspeichern in Wohngebäuden. Durch Gebäudesimulationen und Parameterstudien wird für Einfamilienhäuser die Steigerung des Eigenstromnutzungsanteils sowie des solarer Deckungsanteils untersucht. Mit Bezug zum Strombedarf für den Gebäudebetrieb und die Nutzerausstattung werden Kenngrößen für die PV-Leistung und die Speichergröße abgeleitet. Ein weiterer Fokus liegt auf der Analyse der Wirtschaftlichkeit von Stromspeichern unter der Berücksichtigung verschiedener Speichertypologien sowie deren Einsatzbereiche. Ziel ist es, die solare Deckung des Energiebedarfs von Wohngebäuden durch den Einsatz von PV-Anlagen und Batteriespeichern für Neubauprojekte, wie für Bestandsgebäude, darzustellen und die Übertragbarkeit zu bewerten. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts belegen, dass sowohl die Nutzung von Photovoltaikanlagen als auch die Einbindung von elektrischen Speichern wesentliche Bausteine darstellen, um das durch die Bundesregierung definierte Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Die Gebäude sind nicht mehr ausschließlich als Verbraucher zu sehen, sondern als Akteur in einem intelligenten Netz aus regenerativer Energiebereitstellung, -Speicherung sowie Netzdienstleistung. Mit einer Wärmepumpe als Wärmeerzeuger in Kombination mit einer PV-Anlage und einem elektrischen Speicher lassen sich sowohl der Wärme- als auch der (Nutzer-) Strombedarf zu signifikanten Anteilen regenerativ decken. So werden fossilen Energieträger substituiert und CO₂-Emission reduziert. Wohngebäude als untersuchter und evaluierter Typus im Projekt können über eine lokale Erzeugung und Speicherung einen solaren Deckungsanteil von bis zu 50 % erreichen. Voraussetzung ist eine Abstimmung der Komponenten dezentrale Erzeugung, elektrische Speicherung und Verbraucher aufeinander. Aus ökologischer Sicht sowie unter Berücksichtigung der derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sollte regenerativer Strom aus Photovoltaik primär für die Deckung des Haushalts- und Betriebsstrombedarfs der Gebäude genutzt werden. Um die solaren Deckungsanteile zu steigern, können elektrische Energiespeicher eingesetzt werden.

ABSTRACT

The focus of the research project is on the integration and use of electrical energy storage systems in buildings. Based on simulations and parametric studies both the increase of self-use of PV and the increase of the solar fraction are investigated. The aim is to generate benchmarks and recommendations for the installed PV-power and battery size with regard to the total electricity consumption (building services and household electricity). A further focus of the project is on the economic viability and investment costs of energy storage systems by taking into account different types of energy storage and their application in a building. The aim is to assess and evaluate the reproducibility of systems for future construction projects or existing buildings with PV systems already installed. The results of the research project show that PV and electricity storage systems in buildings are essential steps to achieve a nearly climate-neutral building stock by 2050 as defined by the federal government. The buildings are no longer only consumers of energy, but act as producers along with storage and network service providers on the electricity grid. With the use of a heat pump in combination with a PV system, the majority of heating and electricity needs in a building can be met while providing a reduction in CO₂ emissions and lowering the consumption of fossil fuels. A building which consumes 50% of its electricity production by PV requires the coordinated operation of decentralized producers and storage devices to work together to achieve a higher degree of self-sufficiency. Individual components must be properly dimensioned and designed to achieve this level. Batteries play a pivotal role, which is difficult to quantify economically. From an ecological point of view and under the current economic conditions, PV electricity should be used to cover the household and operating electricity needs of buildings. However, energy storage is needed in order to increase the self-sufficiency of a building.

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	6
1.1. FORSCHUNGSERGEBNISSE.....	6
1.2. FAZIT	9
1.3. AUSBLICK.....	10
1.4. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	11
2. PROJEKTBESCHREIBUNG	14
2.1. MOTIVATION UND ZIELE	14
2.2. AUFBAU UND METHODIK.....	15
3. STAND DES WISSENS UND DER TECHNIK.....	19
3.1. EFFIZIENZHAUSPLUS STANDARD.....	19
3.2. PV-EIGENNUTZUNGSANTEIL UND PV-DECKUNGSANTEIL	20
4. DAS GEBÄUDE – ARCHITEKTUR UND ENERGIEKONZEPT	22
5. WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG IM BETRIEB - EVALUIERUNG DER MESSDATEN, BETRIEBSOPTIMIERUNG (AP1)	25
5.1. PERFORMANCE DER PV-ANLAGE	25
5.2. BETRIEBSERGEBNISSE 2015 BIS 2018	26
5.2.1. <i>Eigenstromnutzungsanteil und EffizienzhausPLUS-Standard</i>	<i>27</i>
5.2.2. <i>Strombilanz für 2015 bis 2018</i>	<i>31</i>
5.2.3. <i>Wärmebilanz für 2015 bis 2018</i>	<i>34</i>
5.2.4. <i>Wärmepumpe</i>	<i>36</i>
6. IMPLEMENTIERUNG VON STROMSPEICHERN IN EFFIZIENZHAUSPLUS GEBÄUDEN (AP2) 38	38
6.1. MARKTENTWICKLUNG	38
6.1.1. <i>Implementierung von Batterien.....</i>	<i>38</i>
6.1.2. <i>Marktanteile der verschiedenen Batterietechnologien.....</i>	<i>40</i>
6.1.3. <i>Investitionskosten von Stromspeichern</i>	<i>41</i>
6.1.4. <i>Entwicklung der Batterietechnologien.....</i>	<i>42</i>
6.2. EINBINDUNG VON BATTERIEN IN DAS STROMNETZ – AC- ODER DC-SEITIG.....	44
6.2.1. <i>Wirkungsgrad und Wandlungsverluste.....</i>	<i>46</i>
6.2.2. <i>Marktrelevanz der Kopplungsart</i>	<i>48</i>
6.3. NETZDIENLICHKEIT	49
6.3.1. <i>Betriebsstrategien zur Beladung des elektrischen Speichers</i>	<i>51</i>
6.3.2. <i>Vergleich der Betriebsstrategien.....</i>	<i>52</i>
6.3.3. <i>Netzdienlichkeit vs. Deckungsanteil.....</i>	<i>53</i>
7. PROGRAMME UND TOOLS ZUR DIMENSIONIERUNG VON STROMSPEICHERN UND ERMITTLUNG DER DECKUNGSANTEILE	56
7.1. DIMENSIONIERUNGSTOOLS UND -PROGRAMME	56
7.2. TOOLVERGLEICH - HANDLING.....	64
7.3. TOOLVERGLEICH - AUSWERTUNGSERGEBNISSE	65
8. LABORTESTSTAND (AP3).....	68
8.1. TESTAUFBAU - TESTSTAND	68
8.2. LASTPROFILE.....	70
8.3. LABORERGEBNISSE	73
9. STEIGERUNG DES EIGENSTROMDECKUNGSANTEILS MITTELS STROMSPEICHER (AP4) 80	80
9.1. GRENZBETRACHTUNG ZUR EIGENSTROMNUTZUNG	80
9.2. DECKUNGSANTEILE IM EINFAMILIENHAUS.....	82
9.3. STEIGERUNG DES EIGENSTROMDECKUNGSANTEILS: MFH VS. EFH	84

10.	VALIDIERUNG UND EVALUATION (FELDTTEST AM GEBÄUDE) (AP5)	86
10.1.	BATTERIEEINBINDUNG	86
10.2.	DECKUNGSANTEILE	88
10.3.	BATTERIEWIRKUNGSGRAD / SYSTEMWIRKUNGSGRAD UND BATTERIEVERLUSTE	90
11.	KOSTENANALYSE ZU STROMSPEICHERN IN EFFIZIENZHAUSPLUS HÄUSERN (AP6) ..	93
11.1.	WIRTSCHAFTLICHKEITSENTWICKLUNG	93
11.2.	STROMGESTEHUNGSKOSTEN - STROMSPEICHERPREIS	99
12.	POWER-TO-HEAT VS. STROMSPEICHER (AP7)	102
12.1.	POWER-TO-HEAT: WASSERSPEICHER	102
12.2.	STROMSPEICHER.....	103
12.3.	WASSERSPEICHER GEGENÜBER STROMSPEICHER	104
12.4.	ÖKOLOGISCHE BETRACHTUNG.....	105
13.	BATTERIEN IN BESTANDSANLAGEN (AP8)	109
13.1.	KONZEPTVARIANTEN FÜR BESTANDSANLAGEN	111
13.2.	KONZEPTVERGLEICH	114
13.2.1.	<i>End- und Primärenergie</i>	114
13.2.2.	<i>Deckungsanteile Strom</i>	116
13.2.3.	<i>Ökologische Bewertung</i>	117
13.2.4.	<i>Wirtschaftliche Bewertung</i>	118
13.3.	AUSBLICK: BATTERIENUTZUNG IM QUARTIER	120
14.	ANHANG	122
14.1.	VERÖFFENTLICHUNGEN	122
14.2.	ECK- UND KENNDATEN ZUM EFFIZIENZHAUSPLUS GEBÄUDE BERGHALDE.....	123
14.3.	QUELLEN UND LITERATUR ZUM PROJEKT	124
15.	ANHANG II – PROGRAMM UND TOOL BEWERTUNG	126