



ESQUIRE

Energiespeicherdienste
für smarte Quartiere

Frieder Schnabel, Katrin Kreidel
Fraunhofer IAO

Ökonomische Rahmenbedingungen für Quartierspeicher

Analyse der ökonomisch relevanten Kenngrößen für
Energiedienstleistungen

Arbeitspapier zum AP 1 „Analyse der technischen, ökonomischen
und sozialen Rahmenbedingungen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG



KIT
Karlsruher Institut für Technologie



Fraunhofer
IAO



evohaus
TM



entega

Impressum

Projektleitung

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin
www.ioew.de

Kooperationspartner

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stadtsystemgestaltung
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de/lang-de

Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation (IPD)

Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe
www.informatik.kit.edu/257.php

evohaus GmbH
Emil-Nolde-Str. 2, 76227 Karlsruhe
www.evohaus.com

ENTEKA AG, Darmstadt
Frankfurter Straße 10, 64293 Darmstadt
www.entega.ag

Der vorliegende Bericht entstand im Forschungsprojekt „Energiespeicherdienste für smarte Quartiere (Esquire)“. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Förderkennzeichen: 02K15A020 (Teilprojekt IAO: Dienstleistungskonzepte und Geschäftsmodelle für Quartierspeicher)

Für nähere Informationen zum Projekt: www.esquire-projekt.de

Zitiervorschlag:

Schnabel, Frieder; Kreidel, Katrin (2018): Ökonomische Rahmenbedingungen für Quartierspeicher – Analyse der ökonomisch relevanten Kenngrößen für Energiedienstleistungen, Projekt Esquire, Arbeitspapier, Stuttgart.

Stuttgart, 03. Dezember 2018 (Stand)

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung | 5 |
| 2. Unterschiedliche technische Konstellationen der Speichereinbindung..... | 6 |
| 2.1. Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom | 7 |
| 2.1.1 Direkter Eigenverbrauch | 7 |
| 2.1.2 Zwischenspeicherung über Speicher im Arealnetz..... | 7 |
| 2.1.3 Zwischenspeicherung über Speicher mit Netzkopplung..... | 8 |
| 2.2. Einspeisung von Photovoltaikstrom ins öffentliche Netz | 8 |
| 2.2.1 Einspeisung ohne Zwischenspeicherung | 8 |
| 2.2.2 Einspeisung über Speicher aus Arealnetz..... | 9 |
| 2.3. Strombezug aus öffentlichem Netz..... | 9 |
| 2.3.1 Direkter Strombezug über Haus- oder gemeinschaftlichen Anschluss | 9 |
| 2.3.2 Strombezug über Speicher im Arealnetz..... | 10 |
| 2.4. Bereitstellung von Regelenergie..... | 10 |
| 3. Allgemeine Kosten und Erlöse..... | 11 |
| 3.1. Investitionskosten..... | 11 |
| 3.1.1 Netzanschluss | 11 |
| 3.1.2 Stromspeicher | 11 |
| 3.1.3 Förderung | 13 |
| 3.1.4 Photovoltaik-Anlage..... | 13 |
| 3.2. Entgelte, Steuern und Umlagen | 13 |
| 3.2.1 Stromkosten | 13 |
| 3.2.2 EEG-Umlage | 14 |
| 3.2.3 Stromsteuer | 15 |
| 3.2.4 Netzentgelt | 16 |
| 3.2.5 Konzessionsabgabe | 17 |
| 3.2.6 Sonstige Umlagen | 17 |
| 3.2.7 Umsatzsteuer | 17 |
| 3.3. Betriebskosten | 17 |
| 3.4. Erlöse..... | 18 |
| 3.4.1 Einspeisevergütung | 18 |
| 3.4.2 Stromgestehungskosten | 19 |

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 3.4.3 | Direktvermarktung | 21 |
| 3.4.4 | Regelenergie | 21 |
| 3.4.5 | Mieterstromgesetz | 25 |
| 3.4.6 | Weitere Erlösmodelle..... | 25 |
| 4. | Zusammenfassung..... | 26 |
| 5. | Literaturverzeichnis | 29 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Kaufmotivation für Stromspeicher (Figgener, Jan, et al. 2018)..... | 5 |
| Abbildung 2: Entwicklung der Preise für Stromspeicher (Figgener, Jan, et al. 2017). | 12 |
| Abbildung 3: Strompreiszusammensetzung 2018 (Strom Report 2018)..... | 14 |
| Abbildung 4: Entwicklung der EEG-Umlage (Öko-Institut 2015). | 15 |
| Abbildung 5: Entwicklung der Netzentgelte (Strom Report 2018)..... | 16 |
| Abbildung 6: Entwicklung der Einspeisevergütung in Bezug zum Strompreis (Figgener, Jan, et al. 2018) | 19 |
| Abbildung 7: Prognose der Einspeisevergütung (Murkisch 2018)..... | 19 |
| Abbildung 8: Stromgestehungskosten Photovoltaik und Photovoltaik-Stromspeicher-System (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2018)..... | 20 |
| Abbildung 9: Wirtschaftlichkeitsrechnung (wegatech 2016). | 21 |
| Abbildung 10: Leistungspreise für Primärregelleistung (NEXT Kraftwerke 2018)..... | 23 |
| Abbildung 11: Entwicklung der jährlichen Erlöse aus Primärregelleistung (Regelleistung-Online 2018)..... | 23 |
| Abbildung 12: Leistungspreis für positive Sekundärregelleistung (NEXT Kraftwerke 2018). . | 24 |
| Abbildung 13: Leistungspreis für negative Sekundärregelleistung (NEXT Kraftwerke 2018). | 24 |

1. Einleitung

In zahlreichen Studien werden Stromspeicher als unabdingbar für eine gelingende Energiewende bezeichnet (Rundel, et al. 2013) (dena 2010). Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit verbundene fluktuierende Energieerzeugung bringt neben dem Netzausbau Stromspeicherkonzepte ins Gespräch. Stellenweise können diese im Niederspannungsnetz einen Netzausbau vermeidbar machen (Agora Energiewende 2014). So können Stromspeicher im Norden beispielsweise den Offshore-Windstrom einspeichern und damit die Netze entlasten (Neetzow, Pechan und Eisenack 2018). Auch für den einzelnen Verbraucher lohnt sich der Einbau eines Speichers zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikstrom infolge der sinkenden Einspeisevergütungen und Speicherkosten zunehmend mehr. Dies ist außerdem deshalb relevant, da zukünftig mit steigenden Strompreisen zu rechnen ist. Zu beachten ist hierbei, dass die eigentliche Stromerzeugung inkl. Transport und Vertrieb (Netzentgelte) weniger als die Hälfte des Brutto-Strompreises ausmachen. Die restlichen Prozente fallen auf Steuern, Abgaben und Umlagen an.

Die **Motivation** zur Anschaffung eines Stromspeichers muss jedoch nicht nur aus rein finanzieller Sicht resultieren. Eine Umfrage (siehe Abbildung 1) unter Besitzern eines solchen Speichers zeigt auf, dass ein verhältnismäßig großer Anteil der Besitzer davon angetrieben wird, einen Beitrag zur Energiewende leisten zu wollen. Ebenso ist die Absicherung gegen steigende Strompreise eine grundlegende Motivation. Aber auch das Interesse an der Technologie spielt noch für mehr als 50% der Speicherbesitzer eine entscheidende Rolle. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine aktuelle Umfrage im Projekt „Energiespeicherdienste für smarte Quartiere (Esquire)“, in der die Motive „hoher Eigenverbrauch“ und „Beiträge zum Klimaschutz und der Energiewende“ eine sehr große Zustimmung finden.

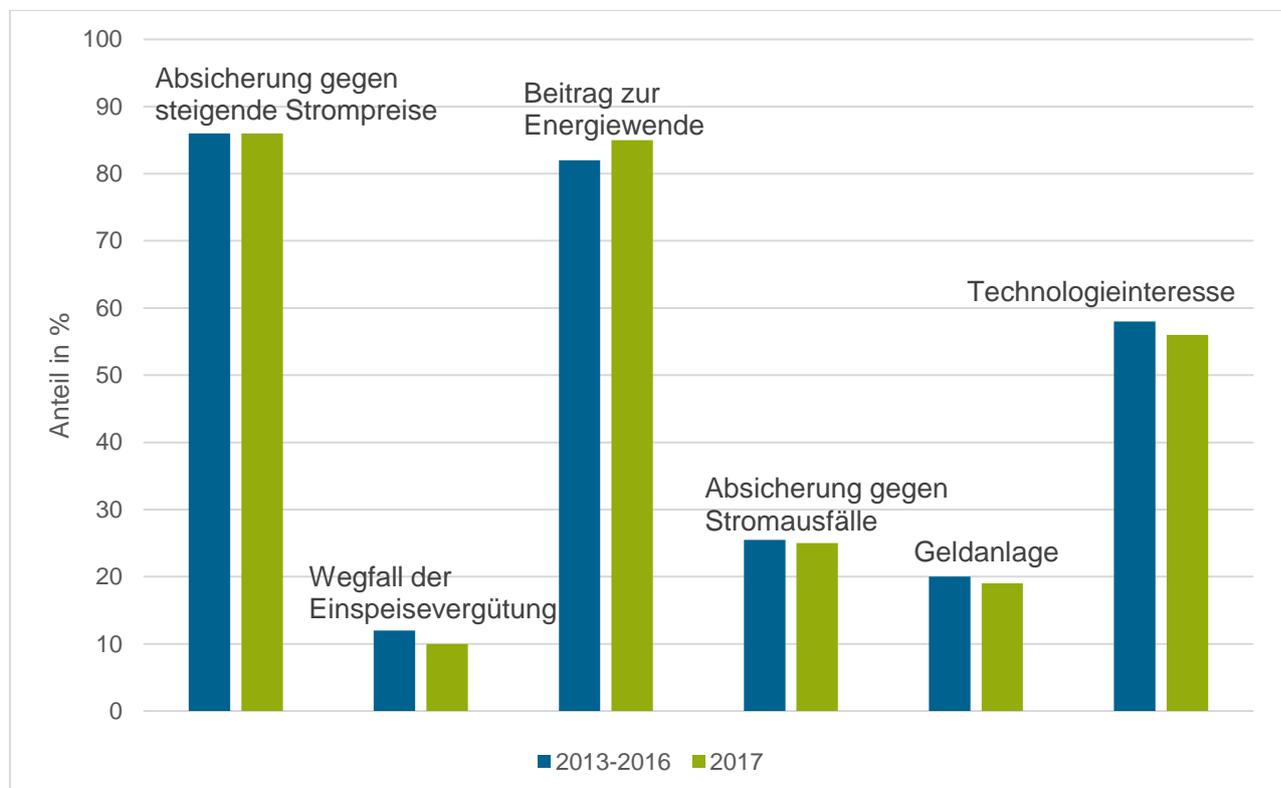


Abbildung 1: Kaufmotivation für Stromspeicher (in Anlehnung an Figgner, Jan, et al. 2018).

Im Rahmen des Projekts Esquire wird analysiert, in welcher Weise Batteriespeicher eingesetzt werden können und welche Vor-/Nachteile welcher Einsatz bietet. Hierfür werden Dienstleistungs- und zugehörige Geschäftsmodelle entwickelt und in drei Stadtquartieren umgesetzt.

Das folgende Arbeitspapier hat zum Ziel, **Kosten- und Erlösfaktoren** aufzuzeigen, die eine relevante Rolle bei entsprechenden Energiedienstleistungen spielen. Diese Kenngrößen dienen wiederum als Grundlage für die spätere Berechnung von Geschäftsmodellen. Die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, denen die hier aufgezeigten ökonomischen Kenngrößen zugrunde liegen, sind in einem weiteren Arbeitspapier des Esquire-Projektes dargelegt (Gähns, Knoefel und Cremer 2017).

2. Unterschiedliche technische Konstellationen der Speichereinbindung

Im Folgenden werden verschiedene technische Konstellationen für Energiebezug, -speicherung sowie -verbrauch vorgestellt, da sich die ökonomischen Rahmenbedingungen mit diesen Konstellationen verändern können.

Um die ökonomischen Kenngrößen für technische Konstellationen im Zusammenhang mit **Eigenverbrauch** von Photovoltaikstrom (vgl. Kap. 2.1) sowie mit dem **Regelenergiemarkt** (vgl. Kap. 2.4) konkret beziffern zu können, müssen zusätzlich die vier **Betreiber-Konstellationen** für den Eigenverbrauch der Bundesnetzagentur berücksichtigt werden (Bundesnetzagentur, Leitfaden zur Eigenversorgung 2016). Diese unterscheiden verschiedene Betreiber-Konstellationen in einem privaten Netz abhängig von der Personenidentität von Anlagenbetreiber, Speicherbesitzer und Letztverbraucher. Dementsprechend fallen unterschiedliche Gebühren an. Zu beachten ist dabei, dass der Leitfaden zur Eigenversorgung seit 2016 nicht aktualisiert wurde. Die Änderungen des neuen EEG 2017, die beispielsweise eine doppelt anfallende EEG-Umlage bei Stromspeichern verhindern, sind somit noch nicht mit einbezogen. Eine nähere Erläuterung dieser Konstellationen wird bereits im Arbeitspapier Rechtlichen Rahmenbedingungen (Gähns, Knoefel und Cremer 2017) vorgenommen.

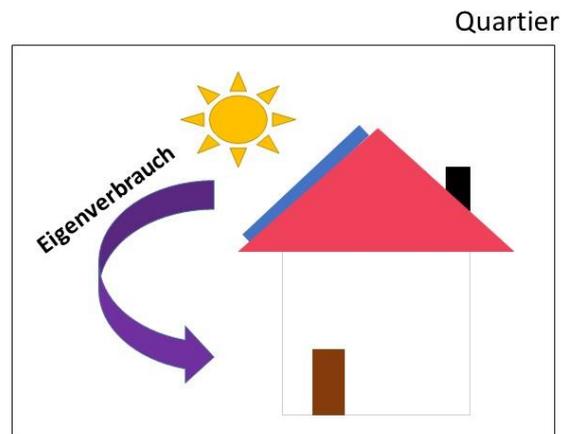
Für die folgenden, technischen Konstellationen werden neben dem Eigenverbrauch noch weitere Fälle (auch ohne Quartierspeicher) unterschieden, da diese ebenfalls Unterschiede in den ökonomischen Kenngrößen (z.B. anfallende Gebühren) aufweisen.

Alle der folgenden Konstellationen befassen sich mit Energiesystemen für Stadtquartiere. Deshalb wird im Folgenden unter dem Begriff (Strom-)Speicher ein Quartierspeicher verstanden. Ein wesentlicher Unterschied für die Betrachtung ökonomischer Rahmenbedingungen liegt dabei in der Art des Stromnetzes, in das der Speicher integriert ist: In einem **Arealnetz** sind alle Häuser innerhalb eines eigenen Stromnetzes physisch mit dem Speicher verbunden. Es gibt in diesem Fall nur einen Netzanschlusspunkt, an dem Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen und an die Haushalte verteilt werden kann. Es gibt also keine direkte Verbindung der Häuser mit dem öffentlichen Netz. Im Gegensatz dazu sind bei einem **Speicher mit Netzkopplung** alle Häuser mit dem öffentlichen Netz verbunden. Die Einspeisung und der Bezug von Strom in bzw. aus dem Speicher erfolgt damit immer über das öffentliche Netz.

Die technischen Konstellationen lassen sich in vier Kategorien aufteilen: Eigenverbrauch, Einspeisung, Strombezug und Regelenergie, auf die im Folgenden detailliert eingegangen wird.

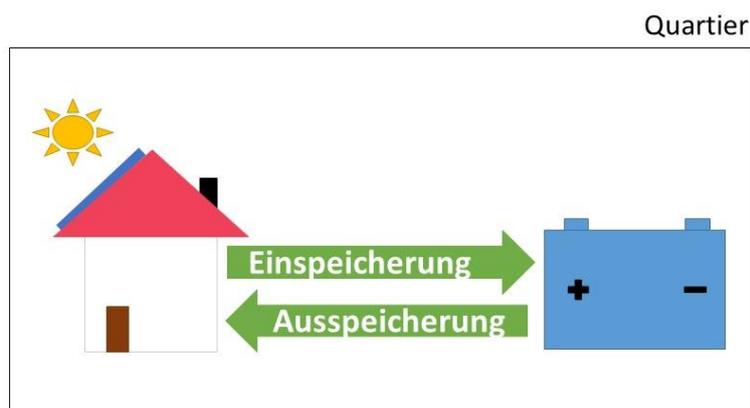
2.1. Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom

2.1.1 Direkter Eigenverbrauch



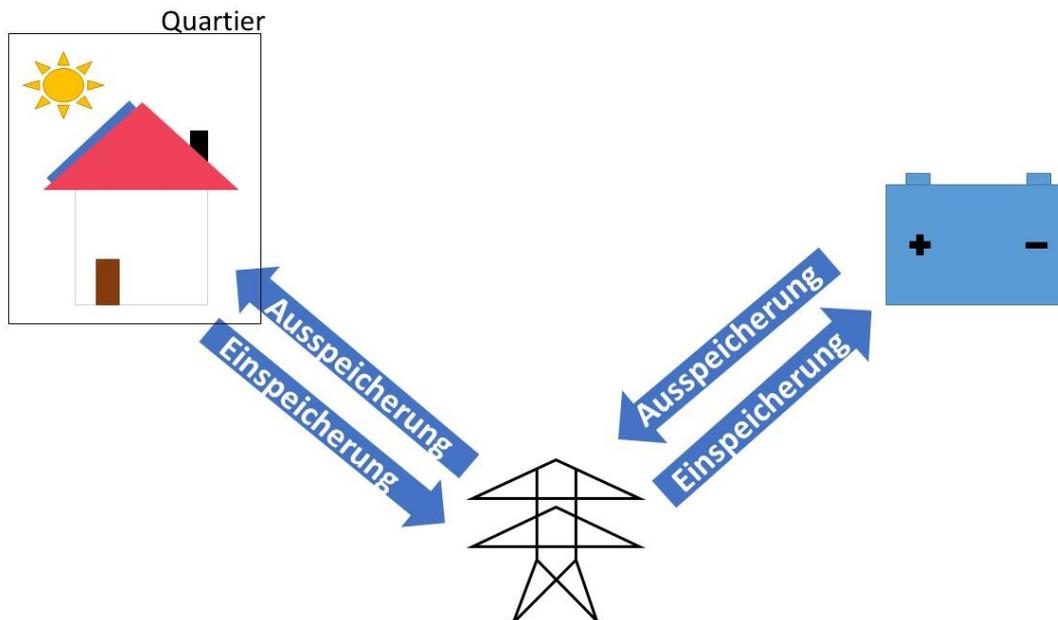
Beim direkten Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom im eigenen Haus wird weder der Speicher noch das öffentliche Netz beansprucht. Somit können hier die meisten Kosten eingespart werden. Damit dieser Fall eintreten kann, müssen jedoch Stromerzeugung und -verbrauch zeitlich übereinstimmen. Der Strom kann nur von der Photovoltaik-Anlage bezogen werden, solange diese durch Sonneneinstrahlung genügend Strom erzeugt und gleichzeitig muss der erzeugte Strom durch einen Verbraucher abgenommen werden.

2.1.2 Zwischenspeicherung über Speicher im Arealnetz



Im Arealnetz sind die Häuser und der Speicher über ein privates Netz verbunden. Hier wird der von einer Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom im Quartiersspeicher eingespeichert und zeitlich verzögert für den eigenen Verbrauch zum Haushalt transportiert. Damit wird ein abgegrenztes Arealnetz abgebildet, in dem selbst erzeugter Strom zwischengespeichert und verbraucht wird, ohne ins öffentliche Netz zu gelangen. Dadurch können Kostenbestandteile entfallen, weil das öffentliche Netz durch diese Vorgänge nicht belastet wird (vgl. Kap. 3.2).

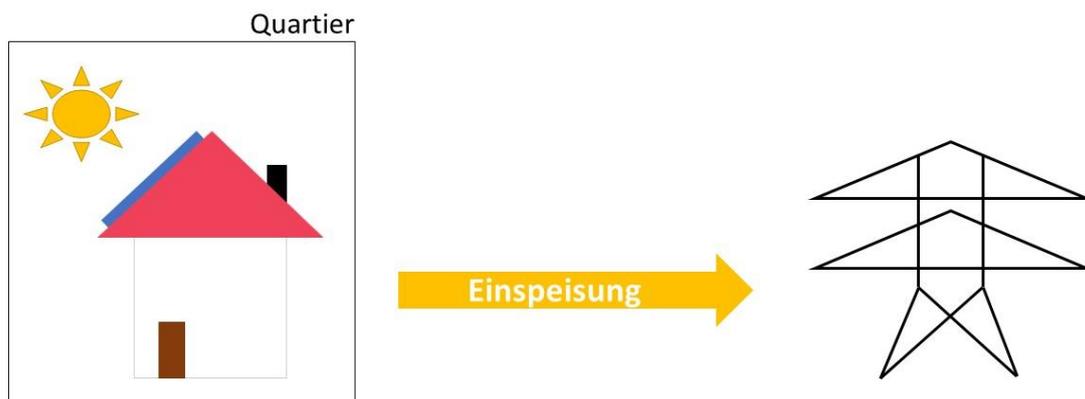
2.1.3 Zwischenspeicherung über Speicher mit Netzkopplung



Bei einem Speicher mit Netzkopplung ist das öffentliche Stromnetz in die Vorgänge Ein- und Ausspeicherung mit eingebunden. Die Vorgänge erfolgen physikalisch, da sich der Quartierspeicher in unmittelbarer Nähe des Quartiers befindet. Durch die Nutzung des öffentlichen Netzes fallen mehr Gebühren auf selbst erzeugten Strom an als beim Arealnetz.

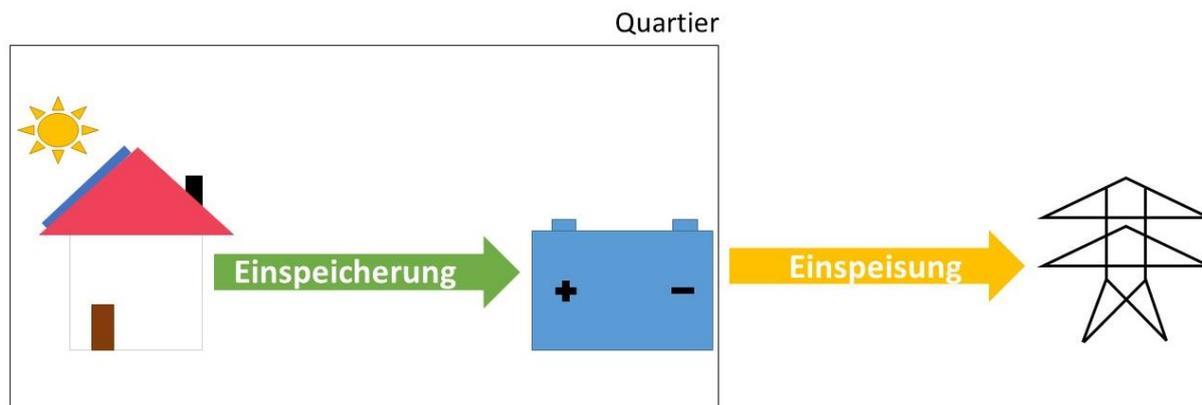
2.2. Einspeisung von Photovoltaikstrom ins öffentliche Netz

2.2.1 Einspeisung ohne Zwischenspeicherung



Wird mehr Photovoltaik-Strom erzeugt, als der Anlagenbetreiber verbrauchen kann, kann er diesen überschüssigen Strom ins öffentliche Netz einspeisen und erhält dafür eine Einspeisevergütung (vgl. Kap. 3.4.1).

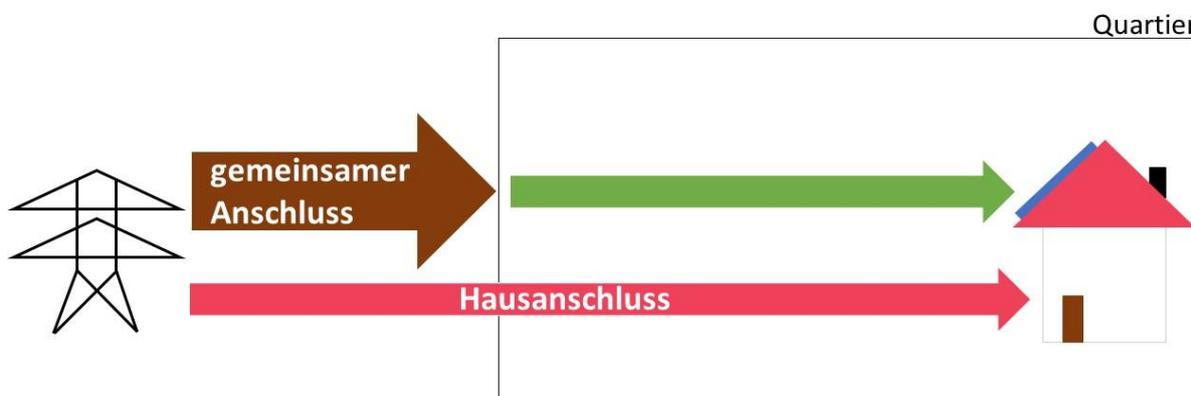
2.2.2 Einspeisung über Speicher aus Arealnetz



Auch aus einem Arealnetz kann überschüssiger Photovoltaik-Strom ins öffentliche Netz eingespeist werden. Dieser Fall tritt beispielsweise dann auf, wenn der Speicher über einen Zeitraum, in dem viel Photovoltaik-Strom erzeugt wurde, bereits gefüllt ist und weiterhin Photovoltaikstrom erzeugt wird. Dieser überschüssige Strom kann dann ins öffentliche Netz eingespeist werden.

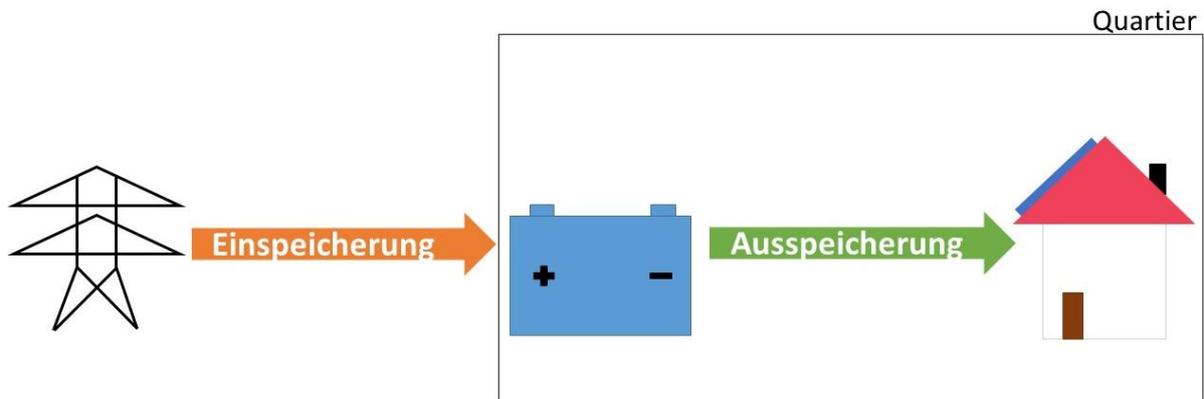
2.3. Strombezug aus öffentlichem Netz

2.3.1 Direkter Strombezug über Haus- oder gemeinschaftlichen Anschluss



Für den direkten Strombezug aus dem Netz gibt es zwei mögliche Fälle. Bezieht ein Haus über einen eigenen Netzanschluss den Strom direkt, so fallen die für private Nutzer normalen Stromkosten inklusive sämtlicher Steuern, Umlagen und Abgaben an (vgl. Kap. 3.2). Jedoch ist es in einem Arealnetz auch möglich, den Strom über einen gemeinsamen Anschluss für Großverbraucher aus dem öffentlichen Netz zu beziehen.

2.3.2 Strombezug über Speicher im Arealnetz



Es ist ebenfalls möglich, Strom aus dem öffentlichen Netz zu beziehen und diesen im Stromspeicher zu speichern. Dieser Strom kann anschließend im Arealnetz weiterverteilt werden. Damit ist es beispielsweise möglich, Strom zu beziehen, wenn dieser günstig verfügbar ist und ihn zu nutzen, wenn der Kauf teuer wäre. Dabei wird das öffentliche Netz für den Stromverbrauch, der nach dem Speicher passiert, nicht mehr belastet, da die Auspeicherung über das private Arealnetz läuft.

2.4. Bereitstellung von Regelenergie



Als eine weitere Option kann ein Stromspeicher völlig losgelöst von der Photovoltaik-Anlage genutzt werden. Stattdessen wird er ausschließlich mit Strom aus dem öffentlichen Netz beladen. Dieser Strom wird zeitlich verzögert wieder ins öffentliche Netz eingespeist. Der Einstieg in den Regelenergiemarkt ist jedoch aktuell noch mit erheblichen, gesetzlichen Anforderungen verbunden ist (Sternner und Stadler 2017, S. 833f)¹, da hier spezielle Gesetzesgrundlagen greifen.

¹ Aufgrund der juristisch unklaren Lage lassen sich hier noch keine klaren Aussagen treffen, inwieweit dies ökonomisch rentabel ist (Gähns, Knoefel und Cremer 2017, S. 24ff).

3. Allgemeine Kosten und Erlöse

Durch die stetig sinkende Einspeisevergütung für aus erneuerbaren Energien erzeugten Strom rückt der Eigenverbrauch immer mehr in den Fokus der Verbraucher. Die Eigenverbrauchsquote kann durch die Installation eines Stromspeichers erheblich gesteigert werden, da die Erzeugung und der Verbrauch zeitlich entkoppelt werden können. Je nachdem, in welcher der in Kap. 2 aufgezeigten Konstellation sich Haus- und Anlagenbesitzer befinden, fallen unterschiedliche Kosten und Gebühren an. Die größten Unterschiede in den verschiedenen Konstellationen hängen davon ab, ob der Speicher im Arealnetz integriert oder ans öffentliche Netz gekoppelt ist. Das Arealnetz bildet die Grundlage für die Konstellationen 2.1.2, 2.2.2 und 2.3.2. Die Konstellation 2.1.3 dagegen bildet den Speicher mit Netzkopplung ab.

Die folgenden Teilkapitel geben einen Überblick über die ökonomischen Kenngrößen bei der Anwendung eines intelligenten Energiesystems inklusive Stromspeicher in Abhängigkeit der jeweils vorliegenden Konstellation. Hierfür werden die Kenngrößen aufgeteilt in Investitionen, Entgelte, Steuern und Umlagen, Betriebskosten sowie Erlöse.

3.1. Investitionskosten

Nachfolgend werden beispielhaft einige Investitionskosten aufgeführt.

3.1.1 Netzanschluss

Wesentlicher Unterschied bei den Investitionskosten für ein Arealnetz sind die erhöhten Kosten für den Aufbau des eigenen Stromnetzes innerhalb des Quartiers. Zudem muss das Arealnetz mit einem großen Anschluss für hohe Leistungen an das öffentliche Netz erschlossen werden.

Da die einzelnen Haushalte in diesem Fall jedoch im Gegenzug nicht ans öffentliche Netz angeschlossen werden müssen, entfallen dafür wiederum die Kosten für die Haushaltsanschlüsse. Für die Herstellung oder Änderung eines Anschlusses ans öffentliche Netz fallen Kosten an, die vom Anschlussnehmer (Vermieter oder Eigentümer) erstattet werden müssen. Wie hoch diese Kosten sind, hängt davon ab, wie viele Meter Kabel auf einem privaten Grundstück zu verlegen sind und wer der Netzbetreiber ist. Durchschnittlich belaufen sich die Kosten auf 2000-3000€ (branchenbewertungen 2017). Zusätzlich kann bei Anschlüssen, die mehr als 30 kW Leistung erfordern, ein Baukostenzuschuss anfallen (Bundesnetzagentur 2018).

3.1.2 Stromspeicher

Für die Anschaffung eines eigenen oder gemeinschaftlich genutzten Speichers treten hohe Investitionskosten auf. Diese richten sich v.a. nach der jeweiligen Speicherkapazität, der Ladeleistung sowie dem verwendeten Ausgangsmaterial.

Die Preise für **Stromspeicher** nehmen im allgemeinen Trend durch eine hohe Nachfrage und dadurch bedingte Massenproduktion stetig ab. Die individuellen Preise hängen stark von der Größe des Speichers sowie dem verwendeten Material ab.² Die dominierenden Technologien für Speicher sind momentan Lithium-Ionen-Speicher mit einem Marktanteil von 95% im Jahr 2017 (Figgenger, Jan, et al. 2017). Ein **Hausspeicher** aus Lithium-Ionen kostete 2017

² Eine Kostenübersicht findet sich unter (Kloth 2017).

durchschnittlich 1000 €/kWh (Speicherkapazität) an Anschaffungskosten. Diese Kosten sind stark sinkend (vgl. Abbildung 2).

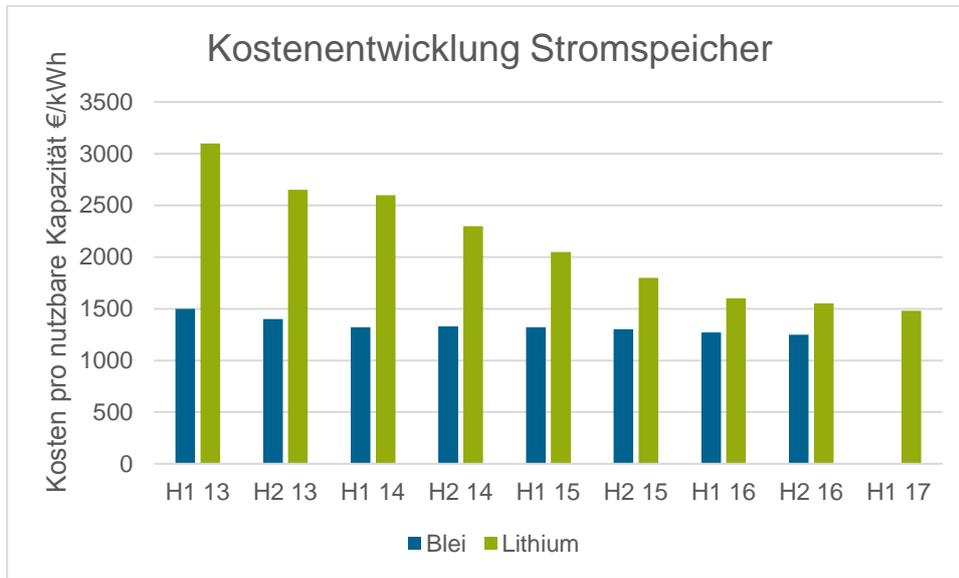


Abbildung 2: Entwicklung der Preise für Stromspeicher (in Anlehnung an Figgenger, Jan, et al. 2017).

Eine weitere Reduzierung der Speicherpreise in den kommenden Jahren gilt als sehr wahrscheinlich und kann bereits aus den Anschaffungen zweier Speicher zu verschiedenen Zeitpunkten im Projekt Esquire bestätigt werden. Der rapide Preisabfall für Stromspeicher der vergangenen Jahre lässt viele Studien eine steigende Rentabilität für Photovoltaik-Stromspeicher-Modelle voraussagen (IRENA 2017). Greenpeace nennt diese Modelle hoch relevant für den Weg zu 100% erneuerbarer Energieversorgung im Jahr 2050 (Greenpeace 2015). Insbesondere durch den zu erwartenden Ausbau der Elektromobilität sind weitere Kostenreduktionen zu erwarten (International Energy Agency 2017) (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2015). Nach einer Untersuchung der Europäischen Union von 2016 wird geschätzt, dass sich die Preise für Stromspeicher bis ins Jahr 2030 auf 320-360 \$/kWh (umgerechnet ungefähr 280-315 €/kWh) reduzieren (European Union 2016). Speichermonitoring betrachtet nur Lithium-Ionen-Batterien und geht davon aus, dass der Wert in den nächsten zehn Jahren auf 150-400 €/kWh zurückgeht (Speichermonitoring 2018). Dabei wird gleichzeitig eine Zunahme der nutzbaren Batteriekapazität vorausgesagt (Figgenger, Jan, et al. 2018).

Die Kosten für die **Installation** eines **Heimspeichers** variieren zwischen 800-3000 €, je nachdem, wie schwer die Unterbringung und der Anschluss des Speichers ist (Elektriker 2018). Für einen **Quartierspeicher** inklusive Steuerung reduzieren sich die Anschaffungskosten aufgrund der Größe des Speichers (Kühl 2016). Das liegt unter anderem daran, dass die Kosten für die Steuerung nur einmal anfallen und nicht für jeden Haushalt. Auch die Installation des Quartierspeichers ist preiswerter als die Installation vieler einzelner Heimspeicher (Erneuerbare Energien 2016). Zu beachten ist, dass die Kosten für Lieferung und Aufbau des Quartierspeichers bei den Anbietern im Speicherpreis mit inbegriffen sind. So muss zusätzlich lediglich der Netzanschluss hergestellt werden. Dafür belaufen sich die Kosten auf ungefähr 1000 € für einen Anschluss. Für den Quartierspeicher fallen diese Kosten nur einmal an, wohingegen sie bei einem Heimspeicher für jeden einzelnen Haushalt anfallen.

3.1.3 Förderung

Stromspeicher werden zur Zeit der Berichterstellung von der KfW gefördert. Dadurch können die Investitionskosten für die Speicheranschaffung weiter reduziert werden. Die Förderung wird pro Kilowattpeak der (ggf. bereits vorhandenen) Photovoltaik-Anlage sowie in Abhängigkeit von den Speicherkosten vergeben. Maximal können jedoch 25% der Stromspeicherkosten bezuschusst werden. Wie hoch die Förderung ist, hängt weiterhin davon ab, wie viel Zeit zwischen der Inbetriebnahme der Photovoltaik-Anlage und des Speichers liegt. Außerdem wird noch berücksichtigt, wann die Förderung beantragt wurde. Da die Förderung Ende 2018 ausläuft, werden weniger Fördergelder bezahlt, je später der Antrag gestellt wird.

Für eine Photovoltaik-Anlage mit 5 kWp und Nettokosten für den Speicher von ungefähr 7000 € fällt 2018 beispielsweise eine Förderung von 10% an, also 700 € (Märtel, KfW Förderung für Batteriespeicher 2018).³

Weiterhin existieren regionale Förderprogramme wie beispielsweise das EnBW solar+ Programm (EnBW 2017) oder progres.nrw (EnergieAgentur 2017).

3.1.4 Photovoltaik-Anlage

Investitionskosten für eine Photovoltaik-Anlage werden an dieser Stelle nicht explizit ausgewiesen, sondern in die Stromgestehungskosten einberechnet. Wie sich die Stromgestehungskosten zusammensetzen, wird in Kap. 3.4 näher beschrieben. Gleiches gilt für den Netzanschluss der PV-Anlage sowie den Kauf oder die Miete des Einspeisezählers.

3.2. Entgelte, Steuern und Umlagen

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Gebühren aufgelistet, welche auf den Strom erhoben werden, der vom Verbraucher abgenommen wird.

3.2.1 Stromkosten

Grundsätzlich muss für sämtlichen Strom, der nicht selbst erzeugt wurde, Strom aus dem Netz bezogen werden. Der durchschnittliche **Brutto-Strompreis** lag 2017 bei **29,44 ct/kWh** (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2018). Für Quartiere mit einem Großverbraucher-Anschluss (ab 100.000 kWh Strom pro Jahr) lassen sich jedoch wesentliche Kosteneinsparungen erwirtschaften, da die Preise je Stromeinheit sinken, wenn mehr Strom abgenommen wird. Der Brutto-Strompreis beträgt hier nur 17 ct/kWh. Die wesentlichen Unterschiede liegen dann in der Tarifstruktur: Während einzelne Hausanschlüsse vorwiegend über einen Arbeitspreis (bezogene Energiemenge) abgerechnet werden, liegt der Schwerpunkt bei Großverbrauchern auf dem Leistungspreis (maximal angeforderte Leistung). Für diese Großverbraucher werden in der Regel Sondertarife vereinbart (RP-Energie-Lexikon 2018).

Abbildung 3 zeigt die Zusammensetzung des Strompreises im Jahr 2018 im Vergleich zum Jahr 2017 auf. Dabei zeigt sich, dass die eigentliche Stromerzeugung inkl. Transport und Vertrieb (Netzentgelte) weniger als die Hälfte des Brutto-Strompreises ausmachen. Die übrigen Anteile von ca. 54 Prozent entfallen auf Steuern, Abgaben und Umlagen. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Anteile des Strompreises näher erläutert.

³ Eine detaillierte Auflistung findet sich hier: (Märtel, KfW Förderung für Solarstromspeicher. Programm 275 "Erneuerbare Energien - Speicher" 2018).

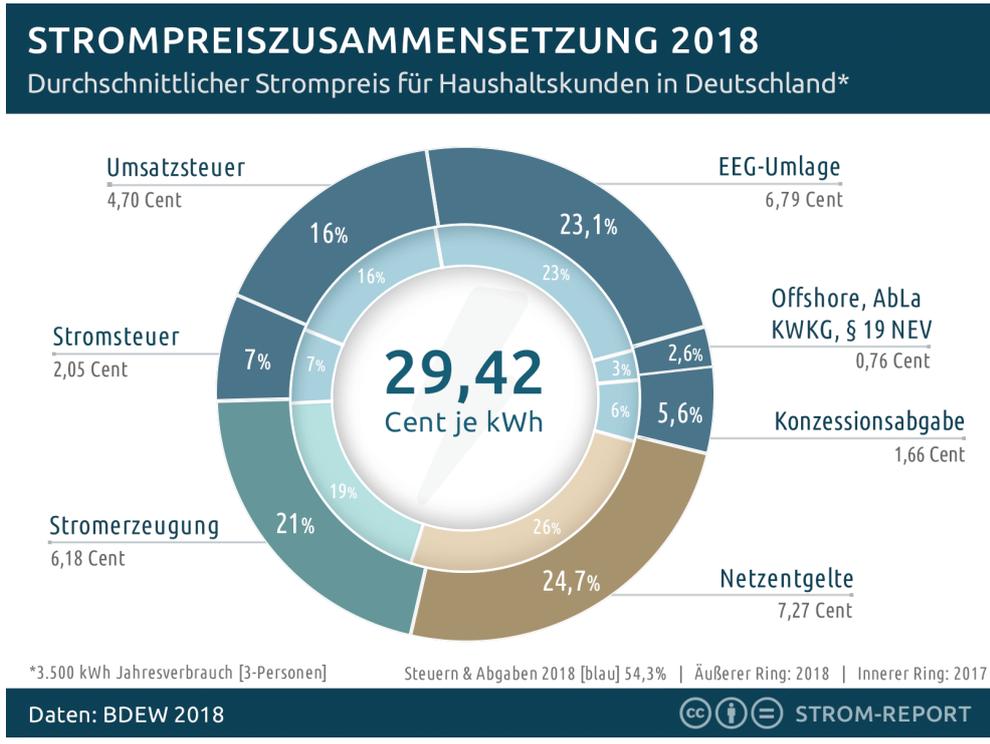


Abbildung 3: Strompreiszusammensetzung 2018 (Strom Report 2018).

3.2.2 EEG-Umlage

Mit der EEG-Umlage wird der Ausbau der erneuerbaren Energien finanziert. Die Höhe der jährlich geänderten EEG-Umlage hängt vom erwarteten Börsenstrompreis, der Höhe des Letztverbrauchs Deutschlands, dem Zubau an EEG-geförderten Anlagen, dem aktuellen EEG-Kontostand und einer Liquiditätsreserve ab, welche unerwartet hohe Vergütungszahlen wegen nicht vorhersehbarer Effekte sowie die Saisonalität des EEG-Kontostandverlaufs abbildet (Bundesnetzagentur, EEG-Umlage 2018). Die EEG-Umlage ist von 1,17 ct/kWh im Jahr 2008 auf einen bisherigen Höchstwert von 6,88 ct/kWh im Jahr 2017 gestiegen und beträgt aktuell **6,792 ct/kWh** für das Jahr 2018. Für das Jahr 2019 wird die Umlage leicht sinken auf 6,405 ct/kWh (Netztransparenz, EEG-Umlage 2018). Einer Prognose von Agora Energiewende zufolge soll die EEG-Umlage zwischen den Jahren 2021 bis 2023 ihr Maximum erreichen und anschließend wieder sinken (Öko-Institut 2015).

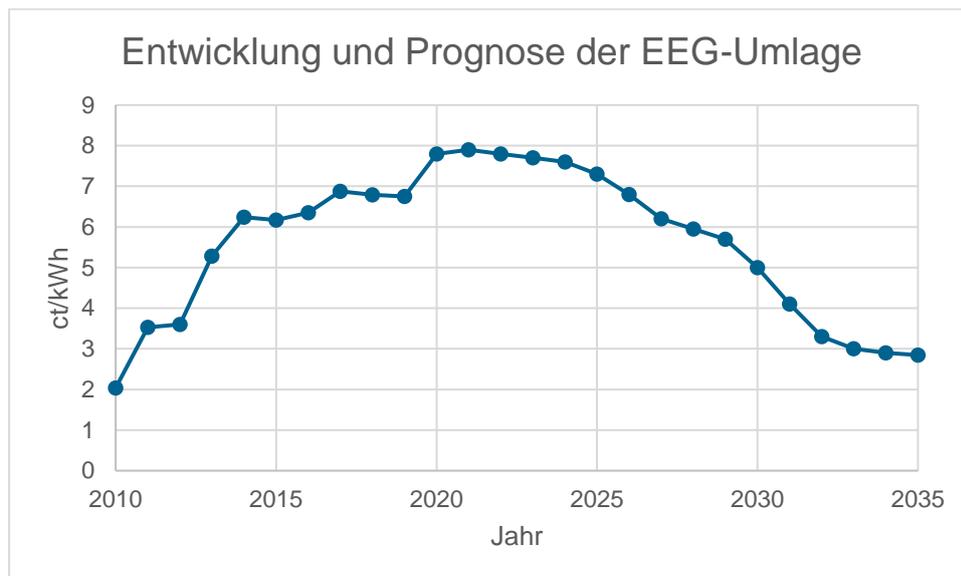


Abbildung 4: Entwicklung der EEG-Umlage (in Anlehnung an Öko-Institut 2015).

Für den im Speicher „verbrauchten“ Strom entfällt die EEG-Umlage in dem Umfang, wie diese auf den vom Speicher „erzeugten“ Strom gezahlt wird. Für Speicherverluste sowie den Ausgleich von Netzverlusten fällt keine EEG-Umlage an (Gähns, Knoefel und Cremer 2017, S. 15). Ebenso entfällt die EEG-Umlage, wenn Strom zur Wiedereinspeisung ins Netz zwischengespeichert wird (Sterner und Stadler 2017, S. 827f), was beispielsweise bei der Bereitstellung von Regelenergie zutrifft. Nach dem neuen EEG 2017 entfällt die EEG-Umlage auf den eingespeicherten Strom, wenn sie auf den ausgespeicherten Strom anfällt. Weiterhin existiert eine vollständige Befreiung für Inselkonzepte, die weder unmittelbar noch mittelbar ans öffentliche Netz angeschlossen sind, und für Speicher, die bei einem Stromüberschuss keine Einspeisevergütung in Anspruch nehmen (Sterner und Stadler 2017, S. 828f).

Mit dem EEG 2014 fällt für den Eigenverbrauch ebenfalls die reduzierte EEG-Umlage an (40%), wenn die Photovoltaik-Anlage größer als 10 kWp ist. Allerdings liegen auch 95% aller deutschlandweit installierten Anlagen unter diesem Wert (Figgenger, Jan, et al. 2018). Auch bei der Weitergabe von Strom innerhalb eines Quartiers wird die reduzierte EEG-Umlage berechnet, da hier kein Eigenverbrauch mehr geltend gemacht werden kann.

3.2.3 Stromsteuer

Die Stromsteuer wurde 1999 eingeführt, um Energie teurer zu machen und mit den Einnahmen die gesetzliche Rentenversicherung zu subventionieren. Dadurch soll Energie als endliches Gut erkennbar gemacht werden sowie Anreize zum ressourcenschonenden Umgang geschaffen werden. Seit 2004 beträgt die Stromsteuer **2,05 ct/kWh** (Nachhaltigkeit 2015). Es ist anzunehmen, dass der Wert dieser Umlage auch zukünftig unverändert bleiben wird.

Eingespeicherter Strom, der nur aus erneuerbaren Energien zur Selbstversorgung erzeugt wurde, ist von der Stromsteuer befreit.⁴ Ebenso entfällt die Stromsteuer auf eingespeicherten Strom für Batteriespeicher, da diese Strom gewissermaßen zur Stromerzeugung entnehmen (Gähns, Knoefel und Cremer 2017, S. 15-16).

⁴ Dies gilt für Anlagen, die über weniger als 2 MW erzeugte Nennleistung verfügen oder wenn das Netz, aus welchem der Strom entnommen wird, ausschließlich aus erneuerbaren Energien gespeist ist (Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz 2018).

3.2.4 Netzentgelt

Das Netzentgelt (auch Netznutzungsentgelt) ist eine Gebühr, die jeder Verbraucher an den Netzbetreiber entrichten muss. Mit ihr wird der Neubau, Betrieb und die Instandhaltung der Stromnetze finanziert. Diese Gebühr wird von jedem Netzbetreiber selbst für jede Spannungsebene einzeln festgelegt, allerdings wird sie durch die natürlichen Monopole von Gas- und Stromnetz reguliert (Bundesnetzagentur, Netzentgelt 2018). Seit 2009 waren die durchschnittlichen Netzentgelte leicht steigend, jedoch sinken sie 2018 leicht auf einen durchschnittlichen Wert von **7,27 ct/kWh** (Strom Report 2018):



Abbildung 5: Entwicklung der Netzentgelte (Strom Report 2018).

Ab 2019 bis 2023 sollen die Netzentgelte bundesweit angepasst werden. Ebenfalls soll 2019 die Umlage für den Ausbau der Offshore-Windenergie aus den Netzentgelten ausgelagert werden, sodass diese voraussichtlich sinken werden. Bis ins Jahr 2030 ist jedoch durch erheblichen Ausbau der Netze mit insgesamt steigenden Netzentgelten bis hin zu einer Verdopplung zu rechnen (Consentec GmbH, Fraunhofer ISI 2018).

Eine Befreiung von den Netzentgelten erfolgt 20 Jahre lang für Speicher, die zwischen 08/2011-08/2026 in Betrieb genommen werden, sofern diese am Regelenergiemarkt teilnehmen oder Strom aus dem Netz entnehmen und diesen zeitlich verzögert dort wieder einspeisen (Gähns, Knoefel und Cremer 2017, S. 15). Der Netzbetreiber muss weiterhin ein individuelles Netzentgelt für eingespeicherten Strom anbieten, wenn dieser wieder ins Netz eingespeist wird (Gähns, Knoefel und Cremer 2017, S. 15) und eine atypische Netznutzung nachgewiesen werden kann.⁵ Je nachdem, in welcher Spannungsebene sich der Netzanschluss befindet, fallen andere Netzentgelte an. Diese sind in der Mittelspannungsebene geringer als in der Niederspannungsebene, an die Haushalte üblicherweise angeschlossen werden.

Die Befreiung von den Netzentgelten hat keinen Einfluss auf die Konzessionsabgabe sowie die sonstigen Umlagen. Diese fallen trotzdem an (Gähns, Knoefel und Cremer 2017).

⁵ Nach §19 Abs. 2 Satz 1 StromNEV. Dafür muss nachgewiesen werden, dass die Entnahme von Energie abweichend von der Jahreshöchstlast aller Entnahmen liegt (Sternier und Stadler 2017, S. 827).

3.2.5 Konzessionsabgabe

Bei der Konzessionsabgabe handelt es sich um Abgaben, die der Netzbetreiber an Städte und Gemeinden entrichten muss, wenn Leitungen über öffentliche Wege führen. Der Netzbetreiber gibt diese Gebühren an den Kunden weiter. Für den Verbraucher hängt die Höhe der Konzessionsabgabe davon ab, wie viele Einwohner die entsprechende Gemeinde hat. Dabei beträgt die Konzessionsabgabe für Gemeinden mit bis zu 25.000 Einwohner **1,32 ct/kWh** und steigt bis auf **2,39 ct/kWh** für Gemeinden mit über 500.000 Einwohnern an. Die Abgaben sind seit 1992 unverändert (EKB 2018).

3.2.6 Sonstige Umlagen

Weitere Umlagen, die für den Verbraucher anfallen, sind die KWKG-Umlage, die Umlage nach § 19 Abs. 2 StromNEV, die Offshore-Haftungsumlage und die Umlage für abschaltbare Lasten. Mit der **KWKG-Umlage** (momentan **0,345 ct/kWh**, in 2019 0,301 ct/kWh) werden die Kosten gedeckt, die aus der Förderung von Kraft-Wärme gekoppelten Kraftwerken entstehen (Netztransparenz, KWKG-Umlage 2018). Die **§19 StromNEV-Umlage** (momentan **0,37 ct/kWh**, in 2019 0,305 ct/kWh) dient dem Ausgleich der entgangenen Erlöse von Übertragungsnetzbetreibern, die aus individuellen Netzentgelten resultieren (Netztransparenz, § 19 StromNEV-Umlage 2018). Die **Offshore-Haftungsumlage** (momentan **0,037 ct/kWh**, ab 2019 als Offshore-Netzumlage mit 0,416 ct/kWh) deckt die Kosten, die bei Störungen oder verzögerter Anbindung von Offshore-Anlagen als Entschädigung gezahlt werden müssen (Netztransparenz, Offshore-Haftungsumlage 2018). Mit der **Umlage für abschaltbare Lasten** (momentan **0,011 ct/kWh**, in 2019 0,005 ct/kWh) werden die Kosten gedeckt, die für die Bereitstellung und Abschaltung von Lasten auf Anforderung des Übertragungsnetzbetreibers anfallen (Netztransparenz, Abschaltbare Lasten-Umlage 2018). Im Folgenden werden diese Umlagen als **sonstige Umlagen** mit aktuell **0,763 ct/kWh** zusammengefasst.

3.2.7 Umsatzsteuer

Der Nettostrompreis setzt sich aus allen unter Kapitel 3.2.1 bis 3.2.6 genannten Kosten zusammen; also den Kostenanteilen für Stromerzeugung, -transport und -vertrieb, sowie Umlagen, Abgaben und Steuern. Auf diesen fällt nun die Umsatzsteuer beziehungsweise Mehrwertsteuer mit **19%** (ungefähr 16% im Bezug zum Brutto-Strompreis) prinzipiell immer auf Ein- und Ausspeicherung an. Sie entfällt nur, wenn der erzeugte Photovoltaikstrom vollständig selbst verbraucht wird und keine Einspeisevergütung bezogen wird. Ebenso, wenn der Betreiber unter die Kleinunternehmer-Regelung fällt, also der Umsatz bei neuen Anlagen unter 17500€ liegt (Seltmann 2016). Die Umsatzsteuer wird auf den Nettostrombezugspreis entrichtet und fällt damit höher aus als auf den realen Preis der Erzeugung (sonnen 2018). Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der Nettostrompreis sich auf ungefähr 25 ct/kWh beläuft, damit fallen für die Umsatzsteuer Kosten von **4,75 ct/kWh** an.

3.3. Betriebskosten

Stromspeicher werden oft wartungsfrei angeboten, damit reduzieren sich die laufenden Betriebskosten. Trotzdem entstehen Kosten für Ausfallzeiten, Reparatur und Versicherung. Hierfür lassen sich in der Literatur keine veröffentlichten Werte finden, weshalb im Folgenden eine Schätzung durch projektinterne Partner verwendet wird. Ihrer Aussage nach belaufen sich die regelmäßigen Wartungskosten für einen Quartierspeicher auf 1-2% der Anschaffungskosten und liegen damit bei rund 500€ pro Jahr und Anlage. Darin sind jedoch aus-

schließlich regelmäßige Wartungskosten enthalten, die für einen späteren Serienbetrieb angenommen werden. Nicht enthalten sind hingegen Problemfälle, die im momentanen Forschungsstatus noch häufiger an den Prototypen auftauchen (z.B. Ausfälle der Batterie), die jedoch später stark minimiert werden sollen.

Ebenfalls müssen die Verluste durch einen Kapazitätsverlust bei einer Batteriealterung berücksichtigt werden. Dabei wird unterschieden in eine kalendarische und eine zyklische Alterung. Erstere hängt hauptsächlich von der Zellchemie, dem Ladezustand und der Temperatur ab. Die zyklische Alterung hängt größtenteils von der Zyklenzahl und der Ladegeschwindigkeit ab. Auch hier spielt die Betriebstemperatur eine Rolle (MEET - Münster electrochemical Energy Technology 2018). Wie sich der Kapazitätsverlust entwickelt, hängt außerdem von der Betriebsstrategie und dem Systemdesign ab (Figgenger, Jan, et al. 2018). Mit dem Erreichen einer Restkapazität von 80% sinkt bei vielen Lithium-Ionen-Batterien die Leistungskurve radikal ab (Bach, et al. 2016).

Weiterhin muss ein zusätzlicher Aufwand für das Energiemanagement bei einer Photovoltaik-Anlage mit Speicher berücksichtigt werden. Je nachdem, in welcher Konstellation und wie intelligent der Speicher betrieben werden soll, können intelligente Energiemanagementsysteme notwendig werden. In Abhängigkeit davon, ob der Speicher komplett be- und entladen werden kann oder ob noch Kapazitäten für Regelenergie oder weitere Geschäftsmodelle frei bleiben müssen, fällt das Management mehr oder weniger komplex aus. Dieser Kostenpunkt kann nicht verallgemeinert werden, muss aber zusätzlich berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu für Heimspeicher wird von den Speicherherstellern aktuell keine Energiemanagementsoftware für große Gemeinschaftsspeicher angeboten. Darum muss hierfür jeweils eine eigene Lösung entwickelt werden.

3.4. Erlöse

Unter dem Überbegriff Erlöse werden alle wirtschaftlichen Vorteile aufgelistet, die durch die Verwendung eines Speichers möglich werden können (z.B. Einsparungen an Stromkosten durch Erhöhung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikstrom, Teilnahme am Regelenergiemarkt...). In welcher Höhe Erlöse erzielt werden (z.B. Strompreissenkung durch Wegfall von Teilen der in Kap. 3.2 genannten Gebühren im Arealnetz), muss im Einzelfall auch unter Betrachtung der Personenidentität unterschieden werden. Hierfür können dieses und das weitere Arbeitspapier aus Esquire zu politischen Zielsetzungen und rechtlichen Rahmen für Quartierspeicher als Basis dienen. Eine Beispielrechnung zu ausgewählten Konstellationen soll im weiteren Verlauf des Projekts veröffentlicht werden.

3.4.1 Einspeisevergütung

Mit dem Ziel, den Ausbau an Photovoltaik-Anlagen auf Hausdächern zu fördern, als die Technologie noch mitten in der Entwicklungsphase steckte, wurde die Einspeisevergütung ins Leben gerufen. Hierbei wird die Einspeisung von erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien ins öffentliche Stromnetz vergütet. Durch den stetigen Zubau an Anlagen ist diese Vergütung mittlerweile stark gesunken. Beginnend bei 57,4 ct/kWh im Jahr 2004 liegt die Vergütung für Anlagen <10 kWp aktuell (Stand Oktober 2018) bei 11,83 ct/kWh (Bundesnetzagentur 2018). Die Einspeisevergütung wird nach Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage für 20 Jahre konstant gehalten (Photovoltaik Förderung 2018).

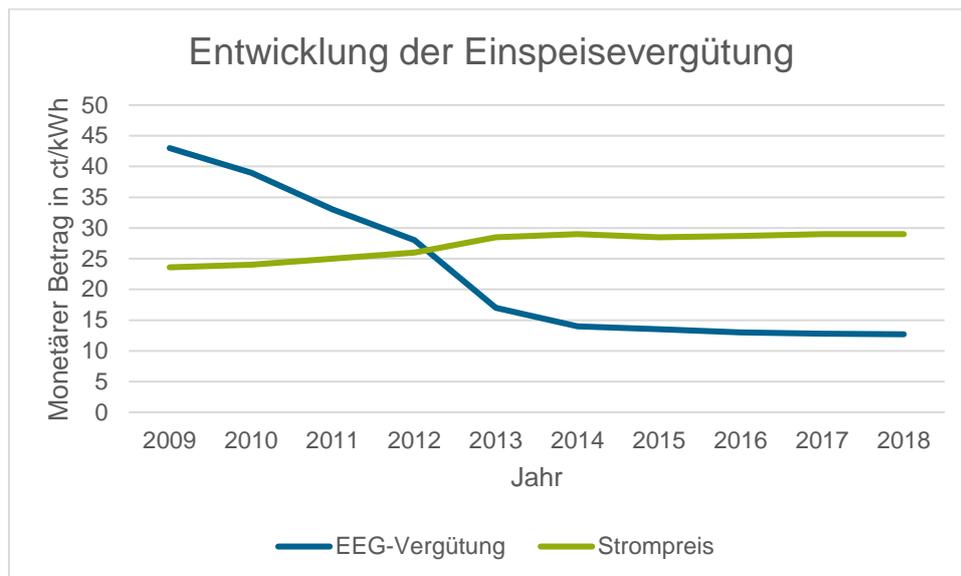


Abbildung 6: Entwicklung der Einspeisevergütung in Bezug zum Strompreis (in Anlehnung an Figgener, Jan, et al. 2018)

Für die nächsten Jahre kann mit einem weiteren Abfall der Einspeisevergütung gerechnet werden (vgl. Abbildung 7).

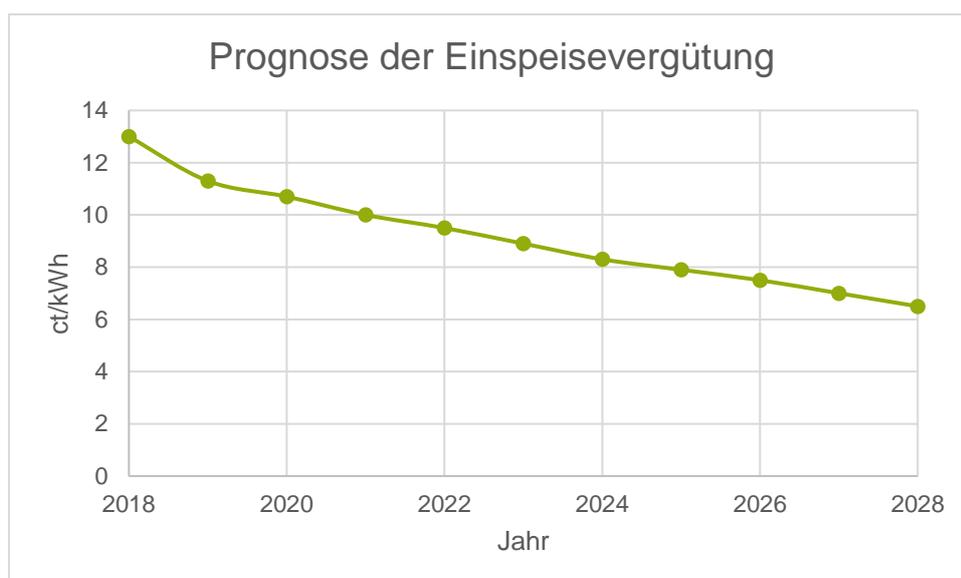


Abbildung 7: Prognose der Einspeisevergütung (in Anlehnung an Murkisch 2018).

3.4.2 Stromgestehungskosten

Mit einer Photovoltaik-Anlage lässt sich Strom zu Kosten von etwa 8-10 ct/kWh produzieren. Die Kosten sind aufgrund unterschiedlicher Sonneneinstrahlung tendenziell geringer im Süden und ein wenig höher im Norden. Bei neuen Photovoltaik-Freiflächenanlagen im Süden Deutschlands reduzieren sich die Stromgestehungskosten sogar auf 5 ct/kWh (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2018).

Die aktuellen Werte für die Einspeisevergütung für Photovoltaik-Strom entsprechen für Dachanlagen demzufolge ungefähr den Gestehungskosten. Somit ist durch reine Einspeisung von

PV-Strom ins öffentliche Netz kaum noch ein wirtschaftlicher Gewinn erzielbar. Jedoch können bei einem durchschnittlichen Brutto-Strompreis von 29,44 ct/kWh für konventionell bezogenen Strom aus dem Netz die Einsparungen für den Verbraucher rund 20 ct/kWh betragen, wenn er seinen erzeugten Strom selbst nutzt.

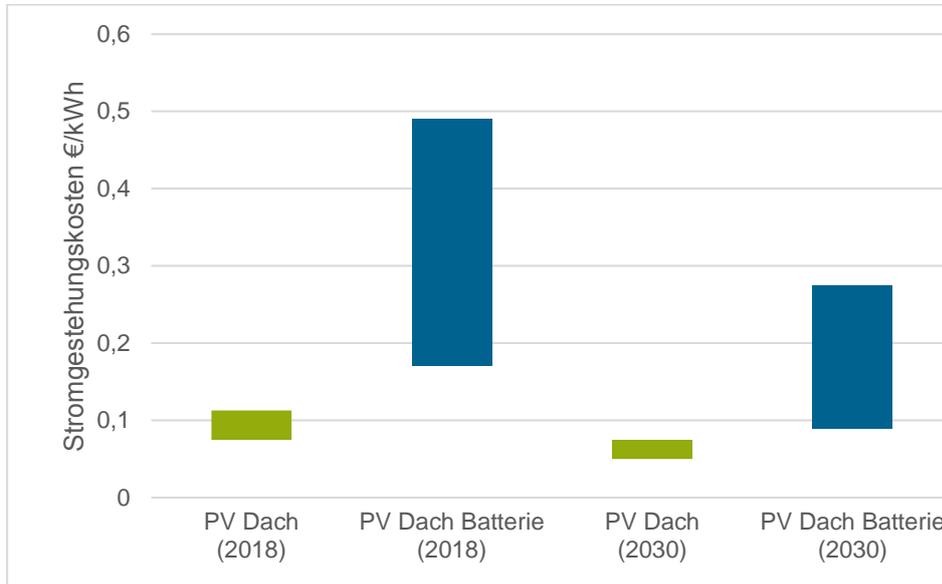


Abbildung 8: Stromgestehungskosten Photovoltaik und Photovoltaik-Stromspeicher-System (in Anlehnung an Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2018).

Die Stromgestehungskosten erhöhen sich durch den Einsatz eines Speichers auf einen Wert zwischen 16,34-47,34 ct/kWh (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2018). Es ist deshalb schwierig, den Bereich für die Gestehungskosten einzugrenzen, da einerseits die Preisspanne der Investitionskosten eines Stromspeichers noch recht groß ist. Andererseits gibt es unterschiedliche Ansätze, die jeweilige Größe des Speichers auszuwählen, wodurch ein dementsprechend hoher oder niedriger Eigenverbrauch erzielt werden kann.

Zukünftig werden sich diese Werte Prognosen zufolge noch stark verringern. So stellt etwa das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme die Prognose auf, dass die Stromgestehungskosten für Photovoltaik-Anlagen auf Hausdächern sich bis in Jahr 2035 auf 4,7 ct/kWh reduzieren werden (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 2018). Damit werden demnach noch größere Kostenersparnisse beim Eigenverbrauch möglich.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass nur der ausgespeicherte Strom vergütet werden kann, Speicherverluste werden nicht berücksichtigt (Sternier und Stadler 2017, S. 836). Hier ergibt sich ein geringer Vorteil für Häuser mit eigenem Anschluss ans öffentliche Netz, die den überschüssigen Strom direkt und damit fast ohne Verluste einspeisen können. Die Einspeisevergütung kann nur für den Strom berechnet werden, der ausschließlich aus erneuerbaren Energien erzeugt wurde.

Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass der Anteil der Eigenversorgung alleine durch eine Photovoltaik-Anlage bei intelligentem Nutzungsverhalten rund 35% beträgt (Prognos 2016). Betrachtet man ein System aus Photovoltaik-Anlage und Stromspeicher, erhöht sich der Prozentsatz wesentlich. Laut Figgenger et al. hängt die Eigenverbrauchsquote neben der Größe der Anlage und des Speichersystems auch stark von der Jahreszeit ab: Während im Winter rund 70% des erzeugten Stroms selbst verbraucht werden, sind es im

Sommer nur rund 40%. Über das Jahr betrachtet wird von einem Haushalt rund 50% des Photovoltaik-Stroms selbst genutzt (Figgener, Jan, et al. 2018).

Durch den stetig zunehmenden Strompreis und der gleichzeitigen Abnahme von Investitionskosten für Batteriespeicher konnten Photovoltaik-Stromspeicher-Systeme erstmals 2016 Stromgestehungskosten erreichen, die auf der Höhe des Strompreises lagen (wegatech 2016). Sollten Stromspeicher eine ähnliche Preisentwicklung erleben wie Photovoltaik-Anlagen in den vergangenen Jahrzehnten, wird der finanzielle Anreiz zur Anschaffung von Stromspeichern zukünftig wesentlich zunehmen.

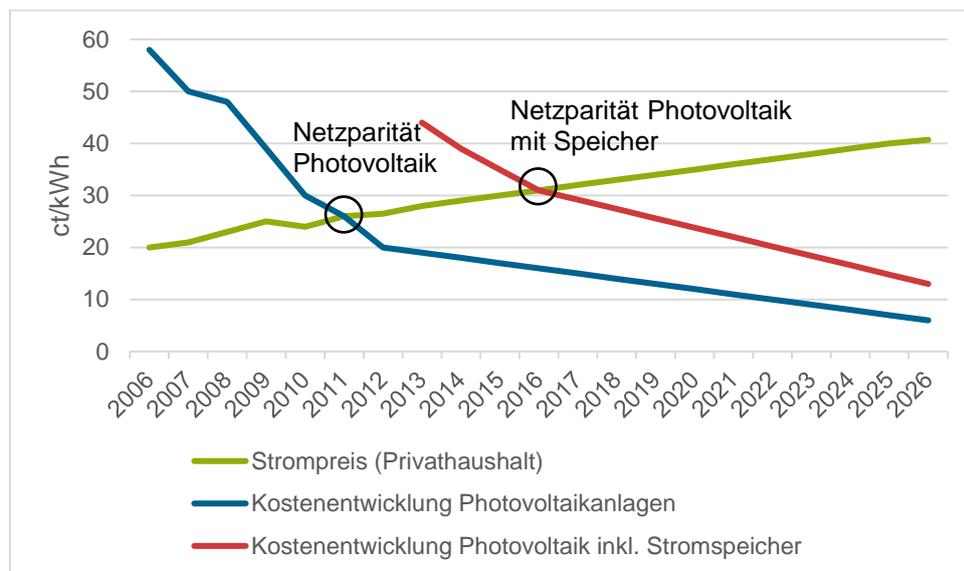


Abbildung 9: Wirtschaftlichkeitsrechnung (in Anlehnung an wegatech 2016).

3.4.3 Direktvermarktung

Für größere Erneuerbare Energien Anlagen mit vorgeschaltetem Speicher ist es nach §19 Abs. 3 EEG 2017 weiterhin möglich, an der Direktvermarktung teilzunehmen und Marktprämien zu erhalten (Sterner und Stadler 2017, S. 837). Dabei wird der Strom direkt an der Strombörse vermarktet. Als Preis für den Strom wird mindestens die Höhe der Einspeisevergütung bezahlt. In Zeiten der Spitzennachfrage lassen sich jedoch noch höhere Gewinne erwirtschaften (NEXT Kraftwerke 2018).

3.4.4 Regelenergie

Bedeutende Erlöse lassen sich durch die Bereitstellung von Regelenergie erwirtschaften. Es gibt drei Arten von Regelenergie. Bevor ein Einstieg in die entsprechenden Märkte möglich ist, muss die Leistungsbereitstellung durch eine Präqualifikation nachgewiesen werden. Dabei können mehrere Stromspeicher virtuell zusammengeschaltet werden, um die erforderliche Kapazität von 1 MW stellen zu können.

Die **Primärregelleistung** muss innerhalb von 30 Sekunden vollständig bereitstehen und für 15 Minuten verfügbar sein. Damit werden kurzfristig Netzschwankungen ausgeglichen (NEXT Kraftwerke 2018). Es müssen sowohl positive als auch negative Regelleistung zur Verfügung gestellt werden können. Mit einem Betrieb in der Primärregelleistung lassen sich Stromspeicher derzeit wirtschaftlich am effizientesten einsetzen. Eine Verwendung eines Speichers für Regelleistung und Eigenverbrauch ist möglich. Je nach Größe der Speicher kann es aber notwendig sein, diesen mit anderen Speichern als Pool zu betreiben, um eine

entsprechende Kapazität zur Verfügung stellen zu können. Um an der wöchentlichen Auktion teilzunehmen, muss zusätzlich zur Präqualifikation ein Rahmenvertrag mit dem entsprechenden Übertragungsnetzbetreiber bestehen. Diese Art der Regelleistung muss wochenweise zur Verfügung gestellt werden.

Im Gegensatz dazu wird die **Sekundärregelleistung** in Intervallen von vier Stunden angefordert. Sie muss innerhalb von fünf Minuten zur Verfügung stehen und übernimmt dann die Rolle der Primärregelleistung. Sie erfordert zudem eine Mindesthöhe der Reserve von 1 MW (NEXT Kraftwerke 2018). Über eine gemeinsame Internetplattform der Übertragungsnetzbetreiber findet die Auktion der Sekundärregelleistung täglich statt. Neben der Höhe der Regelleistung muss außerdem angegeben werden, ob diese positiv oder negativ ist. Durch die kürzeren Zeiträume ist die Leistungsbereitstellung flexibler, erfordert aber mehr Kommunikationsaufwand an Dritte und Prognosen werden schwieriger. Außerdem ist die Vergütung niedriger als bei der Primärregelleistung.

Die letzte Art der Regelleistung stellt die **Minutenreserve** dar, welche bei längeren Frequenzabweichungen in Kraft tritt. Auch hierfür wird eine Reserve von mindestens 1 MW benötigt.

Der am Regelenenergiemarkt Teilnehmende muss ein Angebot erstellen, welches sich bei Sekundärregelleistung und Minutenreserve in einen Leistungs- und in einen Arbeitspreis aufteilt. Bei erstem handelt es sich um einen festen Preis, der für die Bereitstellung der Regelleistung erforderlich ist. Durch die steigende Zahl an Anbietern, sinkt dieser Preis im aktuellen Trend. Beim Arbeitspreis handelt es sich dann um den Preis, der für die tatsächlich verrichtete Arbeit anfällt (NEXT Kraftwerke 2018). Bei der Primärregelleistung wird lediglich der Leistungspreis berechnet, da die Mengen an positiver und negativer Regelleistung sich über den Ausschreibungszeitraum weitestgehend ausgleichen (NEXT Kraftwerke 2018). Die Primärregelleistung wird pro Viertelstunde über einen deutschlandweit einheitlichen Ausgleichsenergiepreis berechnet. Dafür wird die Summe aller Kosten und Erlöse für positive und negative Ausgleichsenergie über alle vier Regelzonen erfasst und anschließend dividiert durch den Saldo ebendieser Energiemenge (TransnetBW 2012). 2018 wurde von der Bundesnetzagentur eine Obergrenze für Regelenenergiepreise auf 9.999 €/MWh festgelegt. Damit wurde auf ungewöhnlich hohe Preise (Gebote mit einem Arbeitspreis von 77.777 €/MWh) im Oktober 2017 reagiert (energate 2018).

Der monatliche schwankende Durchschnittspreis für die Primärregelleistung im Jahr 2018 lässt sich der folgenden Grafik entnehmen:

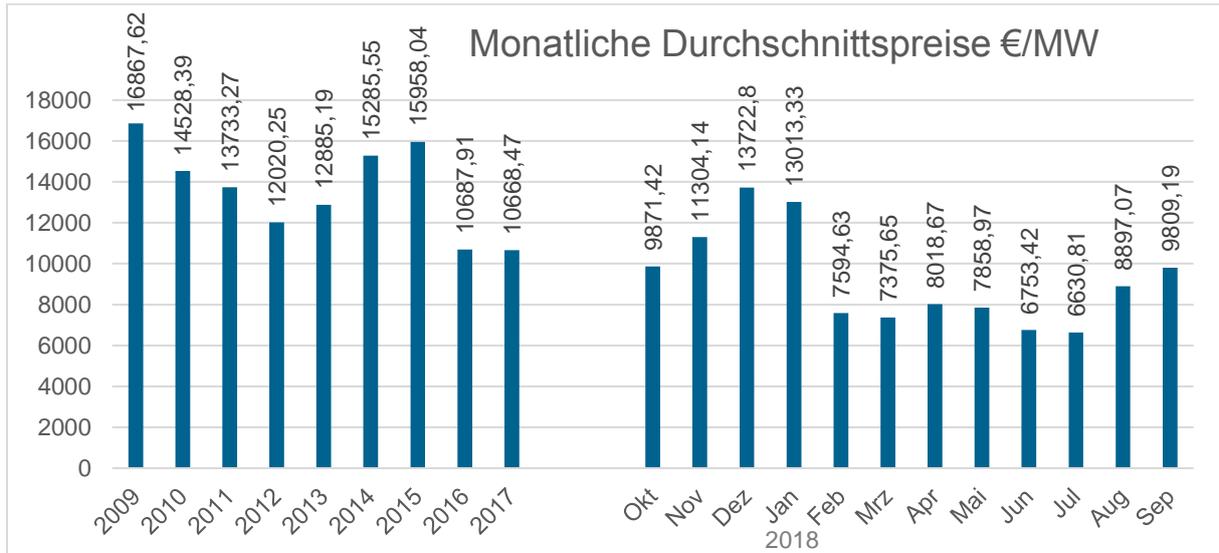


Abbildung 10: Leistungspreise für Primärregelleistung (in Anlehnung an NEXT Kraftwerke 2018).

Die jährlichen Erlöse für Primärregelleistung sind mittlerweile gesunken und weisen für 2018 ebenfalls einen fallenden Trend auf. Dies hängt möglicherweise mit dem vermehrten Einstieg von Stromspeichersystemen in den Regelenergiemarkt zusammen. Die jährlichen Erlöse für Primärregelleistung lassen sich der nachfolgenden Grafik entnehmen:

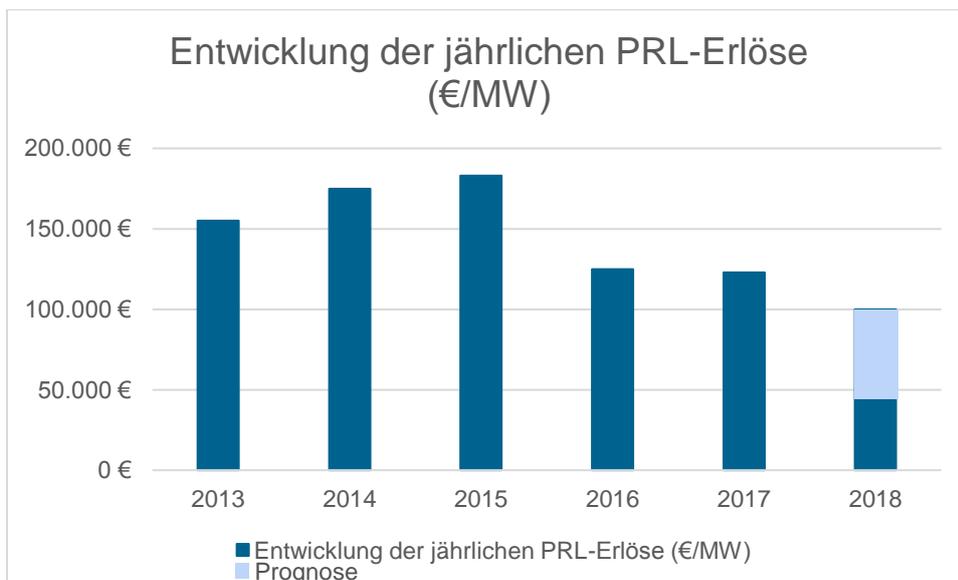


Abbildung 11: Entwicklung der jährlichen Erlöse aus Primärregelleistung (in Anlehnung an Regelleistung-Online 2018).

Der Leistungspreis für die positive und negative Sekundärregelleistung ist ebenfalls fallend:

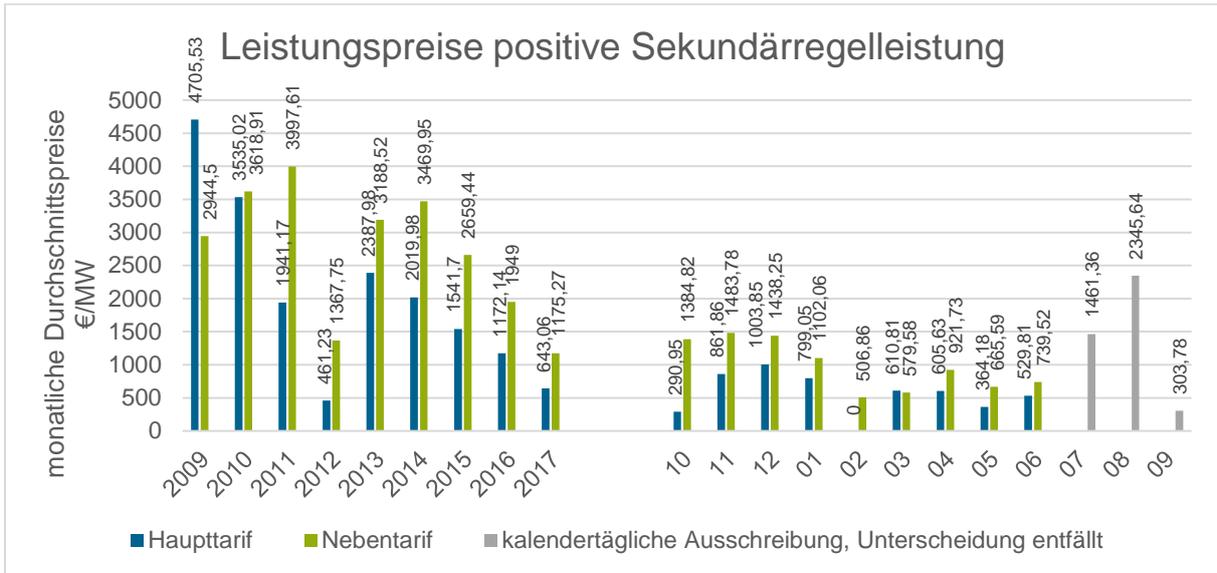


Abbildung 12: Leistungspreis für positive Sekundärregelleistung (in Anlehnung an NEXT Kraftwerke 2018).

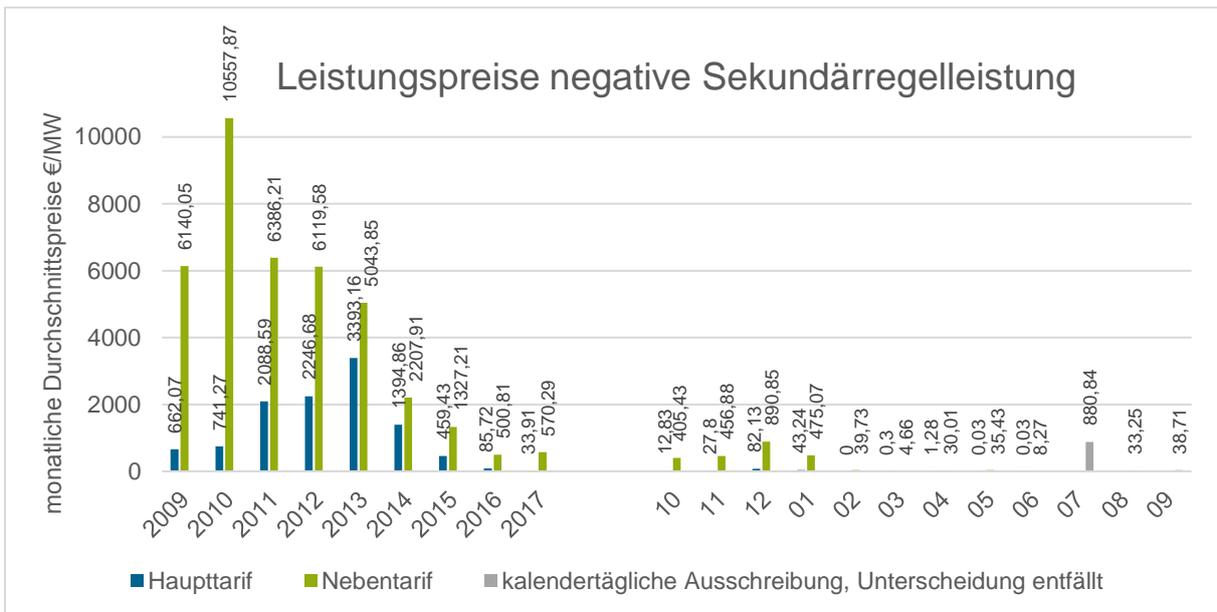


Abbildung 13: Leistungspreis für negative Sekundärregelleistung (in Anlehnung an NEXT Kraftwerke 2018).

Außerdem sind die abgerufenen Mengen an Sekundärregelleistung (vor allem an negativer Ausgleichsleistung) in den vergangenen sechs Jahren stark zurückgegangen. Während im Jahr 2012 noch über 4,5 Mio. MWh negative Sekundärregelleistung abgerufen wurden, fiel der Wert im Jahr 2014 unter die 3 Mio. MWh-Marke. Inzwischen schwankt die negative Abrufmenge bei etwas über 2 Mio. MWh. Die Abrufmenge der positiven Sekundärregelleistung ist von über 2 Mio. MWh auf über 1 Mio. MWh vergleichsweise wenig gesunken (Regelleistung-Online 2018). Dies kann unter anderem daran liegen, dass durch die geringeren Hürden in der benötigten Leistung vermehrt (virtuelle zusammengesetzte) Stromspeicher in den Regelenergiemarkt eintreten. Weiterhin sind in den letzten Jahren seltener Ereignisse eingetreten, die einen hohen Regelenergiebedarf benötigt hätten

(Regelleistung.net 2018). Demzufolge scheint dieser Abwärtstrend kein vorübergehendes Phänomen zu bleiben, sondern auch zukünftig weiter anzuhalten.

Auch die Entwicklung der Minutenreserve zeigt einen abfallenden Trend auf. 2013 betrug die Ausschreibungsmenge sowohl der negativen als auch der positiven Minutenreserve rund 2.400 MW. 2018 ist die Ausschreibungsmenge der positiven Minutenreserve auf 1.300 MW gesunken und die der negativen Reserve sogar auf 800 MW (Regelleistung-Online 2018).

3.4.5 Mieterstromgesetz

Für den Betrieb eines Quartiers kann ebenfalls das Mieterstromgesetz relevant werden. Dieses Gesetz wird relevant, wenn der Anlagenbetreiber und der Verbraucher juristisch unterschiedliche Personen sind. Beispielsweise wenn Strom aus einer Photovoltaikanlage auf dem Hausdach erzeugt und direkt an die Mieter des Hauses weitergegeben wird, ohne dabei das öffentliche Netz zu belasten. Damit können Besitzer einer Photovoltaikanlage bis zu 100 kWp für den direkt von Mietern oder sonstigem im räumlichen Zusammenhang zu dieser Anlage verbrauchten Strom Anspruch auf einen Mieterstromzuschlag erheben (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2017). Dieser Anspruch wird beim Netzbetreiber geltend gemacht. Beim Eigenverbrauch des erzeugten Stroms findet der Mieterstromzuschlag keine Anwendung. Das Gesetz gilt explizit nur für solche Anlagen, die nach dem 24. Juli 2017 in Betrieb genommen wurden. Genauso wie die Einspeisevergütung erstreckt sich auch die Dauer dieser Förderung über einen Zeitraum von 20 Jahren. Die Höhe des Zuschlags orientiert sich an der Einspeisevergütung, die bei einer Einspeisung ins Netz bezahlt worden wäre, abzüglich eines Wertes von 8,5 ct/kWh sowie für Photovoltaikanlagen zusätzlich noch 0,4 ct/kWh (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2017). Erzeugter Strom, der in einem Speicher zwischengespeichert wird, fällt nicht unter die Förderung. Für den Bezug des Mieterstroms fällt die volle EEG-Umlage an. Der Betreiber der Photovoltaikanlage erstellt für den Mieter einen Mieterstromvertrag über die gesamte Menge des benötigten Stroms (auch Strom, der nicht von der Anlage erzeugt wird). Der Strompreis für diesen Vertrag darf nicht höher liegen als 90% des jeweiligen Grundversorgungsstarifs (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2017).

3.4.6 Weitere Erlösmodelle

Neben den o.g. Möglichkeiten zur Erzielung von Erlösen durch den Einsatz von Stromspeichern werden zukünftig weitere Modelle existieren. Erste Ideen werden nachfolgend kurz angeschnitten, können jedoch nicht mit konkreten ökonomischen Kenngrößen hinterlegt werden, da noch keine Erfahrungswerte vorhanden sind. Für mögliche Kostenrechnungen müssen Schätzwerte herangezogen werden und erste Tests zu Zahlungsbereitschaft usw. erfolgen. Diese und weitere Dienstleistungen zur Erzielung von Erlösen werden ausführlicher in einem separaten Bericht („Überblick über bisherige und zukünftig mögliche Speicherdienstleistungen“) erläutert.

Je nachdem, wie intensiv der Speicher genutzt wird, ist es beispielsweise möglich, über das Jahr variierende Anteile der Speicherkapazität für den Eigenbedarf bereitzustellen, sogenannte flexible Speicherscheiben. Diese kann der Kunden vom Speicherbetreiber je nach Bedarf mieten. So könnte der Speicherbetreiber etwa im Winter bei einer geringen Einspeicherung von Photovoltaikstrom mehr Kapazität für andere Dienstleistungen (z.B. 3.4.4) verwenden. Näher wird darauf ebenfalls im o.g. Bericht eingegangen.

Ein weiteres Erlösmodell wäre eine grundsätzliche **Vermarktung der Speicherkapazitäten** innerhalb und außerhalb des Quartiers, wovon der Speicherbesitzer zusätzlich profitieren

könnte. Möglich wäre es auch, den Überschussstrom anderweitig zu vermarkten, beispielsweise in der Region.

Innerhalb eines Quartiers ist es weiterhin denkbar, mit eingespeichertem Strom **Ladesäulen** für Elektrofahrzeuge zu betreiben. Wie hoch die Gewinne dabei ausfallen können, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, wie etwa der Zahlungsbereitschaft der Nutzer oder den Leistungswerten der Ladung. Auch muss der Speicher für die Möglichkeit einer sehr schnellen Ladung anders ausgelegt werden. Durch den erhöhten Aufwand würden demzufolge auch höhere Kosten entstehen.

Weitere Energieeinsparungen ließen sich möglicherweise mit der **Nutzung der Speicherabwärme** erzielen. Auch der Einsatz des Speichers für den Notstrom oder für einen Schwarzstart ist möglich.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Arbeitspapiers wurden unterschiedliche Konstellationen von Speichereinbindungen untersucht und die jeweiligen finanziellen Vor- und Nachteile aufgelistet. Dabei wurde unterschieden in Investitionskosten, Stromgebühren, Betriebskosten sowie Erlöse, die für die unterschiedlichen Konzepte anfallen bzw. erzielbar sind.

Die hier getätigten Aussagen, speziell zu Investitions- und Betriebskosten, beziehen sich auf ungefähre und durchschnittliche Werte. Die exakten Kosten hängen stets von weiteren Faktoren wie dem Standort, der individuellen Anlage etc. ab. Die genau bestimmbaren ökonomischen Kenngrößen der verschiedenen Konzepte wie z. B. die Stromgebühren richten sich nach den im Jahr 2018 gültigen Abgaben und Preisen sowie den vorliegenden Gesetzgrundlagen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit dem Betrieb eines Stromspeichers inklusive einer Photovoltaikanlage zunächst hohe Investitionskosten verbunden sind, welche sich durch vorhandene (teilweise regionale) Fördermöglichkeiten um einen gewissen Anteil senken lassen. Die Kosten pro verfügbarer Speicherkapazität fallen für große, gemeinsam genutzte Quartierspeicher aufgrund von Synergieeffekten deutlich geringer aus als für einzelne Hausspeicher. Welche Gebühren für das Speichern der selbst erzeugten Energie sowie den Bezug von Strom aus dem Netz anfallen, hängt davon ab, wie der Speicher mit den einzelnen Häusern und dem Quartier verschaltet ist und wo eine juristische Personenidentität vorliegt. Mit dem Betrieb eines Speichers können Stromkosten eingespart werden, da sich der Anteil des Eigenverbrauchs von selbst erzeugtem Photovoltaik-Strom auf ungefähr 50% erhöht im Vergleich zum Eigenverbrauch ohne Stromspeicher (Rutschmann 2018). Je nach verfügbarer Speicherkapazität ist weiterhin ein Einstieg in den Regelenergiemarkt möglich. Durch die steigende Anzahl an Ladezyklen verkürzt sich zwar einerseits die Lebensdauer des Speichers. Dem stehen andererseits allerdings weitere Gewinne gegenüber. Bislang bedeutet der Betrieb eines Speichers jedoch häufig einen hohen Aufwand verbunden mit hohen Kosten, die lediglich durch eine geringe Kostenersparnis entlohnt werden. Dies führt zu sehr hohen Amortisationszeiten. Im Laufe des Projekts werden darum genauere Untersuchungen zu tragfähigen Dienstleistungen notwendig, um weiterhin wirtschaftliche Anreize schaffen zu können.

Weitere Möglichkeiten, den Erlös aus einem Stromspeicher zu erhöhen, sind bereits durch die Bereitstellung von Regelenergie, die Teilnahme an der Direktvermarktung und die Einspeisevergütung vorhanden. Ergänzende Dienstleistungen können weiter eine zusätzliche Verdienstquelle schaffen.

Weiterhin zeigt sich, dass die wesentlichen Vorteile des Arealnetzes darin liegen, dass ein bedeutender Anteil an Gebühren eingespart werden kann und der zwischengespeicherte Strom dadurch gewissermaßen günstiger zur Verfügung steht. Durch den dafür erforderlichen Aufbau eines privaten Netzes treten jedoch höhere Investitionskosten auf. Durch das neue EEG 2017 entfällt zwar die doppelte EEG-Umlage bei der Speicherung über das öffentliche Netz, jedoch fallen die Konzessionsumlage, die Netzentgelte und sonstige Umlagen weiterhin jeweils für die Ein- und Ausspeicherung an. Diese doppelte Belastung lässt sich darauf zurückführen, dass Speicher im Energierecht einerseits als Verbraucher und andererseits als Erzeuger behandelt werden. Um einen wirtschaftlichen Betrieb von Speichern auch außerhalb eines Arealnetzes zu ermöglichen, ist eine einheitliche Definition, die Doppelbelastungen bei den Gebühren verhindert, zwingend erforderlich.

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass bei der Motivation zur Anschaffung eines Stromspeichers nicht nur finanziellen Anreize eine Rolle spielen. Oft gibt es weitere Gründe, die ausschlaggebend sind. Einige Nutzer handeln aus rein ökologischen Gründen. Sie möchten selbst Verantwortung übernehmen und mit Stromspeichern die Energiewende vorantreiben. Denn dadurch wird die Nutzbarkeit von erneuerbaren Energien erhöht, die sich durch eine fluktuierende Erzeugung auszeichnen. Außerdem ermöglichen es Speicher, unabhängiger vom Strommarkt zu sein und die Eigenverbrauchsquote des selbst erzeugten Stromes zu erhöhen. Um einen Autarkiegrad von 100% zu erreichen, bedarf es allerdings eines unverhältnismäßig großen Speichers, sodass in der Regel weiterhin gewisse Strommengen aus dem Netz hinzugekauft werden müssen.

Grundsätzlich gilt, dass das System der ökonomischen Rahmenbedingungen im Moment sehr komplex ist, da Gesetzesänderungen sowie laufend ändernde Förderbedingungen berücksichtigt werden müssen. Viele ökonomischen Kennzahlen sind variierend, wie sich am Beispiel der Einspeisevergütung sowie der Speicherkosten festhalten lässt. Gerade durch eine Gesetzesneuerung, die eine Mehrfachbelastung verhindert, könnten Speicher wesentlich rentabler betrieben werden.

Bei geänderten Gesetzen kann beispielsweise der (teilweise) Einstieg in den Regelenergiemarkt leichter möglich werden und so der Stromspeicher finanziell noch vorteilhafter werden. Ebenso kann eine „Überflutung“ an Teilnehmern die erzielbaren Erlöse am Regelenergiemarkt schnell sinken lassen. Im Hinblick auf mögliche, zukünftige Entwicklungen ist weiterhin zu erwarten, dass die Kosten für Speicher aufgrund Skalierungseffekten durch die Massenproduktion sinken werden, während gleichzeitig die Einspeisevergütung weiter sinkt und die Strompreise steigen. Dadurch können in Zukunft die finanziellen Anreize für den Einbau eines Speichers erhöht werden. Im Koalitionsvertrag wurde 2018 beschlossen, dass Forschungsgelder für Speichertechnologien bereitgestellt werden sollen und Deutschland wieder ein Standort für die Produktion von Batteriezellen werden soll. Weiterhin soll es ermöglicht werden, dass Speicher gleichzeitig unterschiedliche Dienstleistungen erbringen können (Preiß 2018). Ende Dezember 2018 einigten sich EU-Rat und EU-Parlament außerdem auf einen Beschluss des Parlaments, der eine Doppelbelastung für netzdienliche Speicher verhindern soll. Nach der Veröffentlichung der Gesetzgebung muss dieser Beschluss nun noch in nationales Recht umgesetzt werden (Bundesverband Energiespeicher 2018).

Somit sind die vorliegenden Ergebnisse fortlaufend auf Weiterentwicklungen zu überprüfen und zu aktualisieren. Geschäftsmodelle besitzen nur für einen bestimmten Zeitpunkt Gültigkeit. Gesetzliche oder marktgetriebene Änderungen können bewährte Geschäftsmodelle innerhalb kürzester Zeit nutzlos machen und gleichzeitig neue Ideen ermöglichen.

5. Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende. „Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz.“ September 2014. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2013/speicher-in-der-energiewende/Agora_Speicherstudie_Web.pdf (Zugriff am 5. September 2018).
- Bach, Tobias C., et al. „Nonlinear aging of cylindrical lithium-ion cells linked to heterogeneous compression.“ *Journal of Energy Storage*, 12. Januar 2016: 212-223.
- branchenbewertungen. *Erschließungskosten und Hausanschlusskosten*. 2017. <http://www.branchen-bewertungen.de/ratgeber/hausbau/16-erschliessungskosten-hausanschlusskosten/> (Zugriff am 20. September 2018).
- Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz. *Stromsteuergesetz, § 9 Steuerbefreiungen, Steuerermäßigungen*. 2018. https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/__9.html (Zugriff am 20. September 2018).
- Bundesnetzagentur. *EEG-Registerdaten und -Fördersätze*. 2018. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- . *EEG-Umlage*. 2018. <https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Energielexikon/EEGUmlage.html> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- . „Leitfaden zur Eigenversorgung.“ Juli 2016. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Eigenversorgung/Finaler_Leitfaden.pdf;jsessionid=CE6F51F62F05889FFE4BE1F0B014C066?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 3. September 2018).
- . *Netzanschluss und Messung*. 2018. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/NetzanschlussUndMessung/NetzanschlussUndMessung-node.html> (Zugriff am 21. November 2018).
- . *Netzentgelt*. 2018. <https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Energielexikon/Netzentgelt.html> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. „BDEW-Strompreisanalyse Mai 2018. Haushalt und Industrie.“ 18. Mai 2018. https://www.bdew.de/media/documents/1805018_BDEW-Strompreisanalyse-Mai-2018.pdf (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- . „Das Mieterstromgesetz. Ein erster Überblick.“ 25. Juli 2017. https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20170725-Gesetz-Foerderung-Mieterstrom.pdf (Zugriff am 08. November 2018).
- Bundesverband Energiespeicher. *Brüssel für mehr Flexibilität im System - EU-Trilog zum Strommarktdesign entscheidet für netzdienlich eingesetzte Energiespeicher*. 20. Dezember 2018. https://www.bves.de/eu_speicher-doppelbelastung_trilogergebnis/ (Zugriff am 31. Januar 2019).
- Bundesverband Neue Energiewirtschaft. *EU-Parlament gegen Doppelbelastung von Stromspeichern*. 03. Dezember 2018. <https://www.bne->

- online.de/de/presse/pressemitteilungen/artikel/verbaende-appell-doppelbelastung-stromspeicher/ (Zugriff am 31. Januar 2019).
- Consentec GmbH, Fraunhofer ISI. „BMW-Vorhaben „Netzentgelte“: Auswertung von Referenzstudien und Szenarioanalysen zur zukünftigen Entwicklung der Netzentgelte für Elektrizität.“ 11. Juni 2018.
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/netzentgelte-auswertung-von-referenzstudien.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Zugriff am 29. November 2018).
- dena. „Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena Netzstudie II. Integration Erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015-2020 mit Ausblick auf 2025.“ November 2010.
https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9106_Studie_dena-Netzstudie_II_deutsch.PDF (Zugriff am 5. September 2018).
- EKB. *Abgaben, Umlagen und Steuer ab 01.01.2018*. Januar 2018. <https://www.ekb-energie.de/newsletter/archiv/abgaben-umlagen-und-steuern-ab-01-01-2018-eine-uebersicht.html> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Elektriker. *Energie speichern und sparen*. 2018. <https://www.11880-elektriker.com/preisvergleich/stromspeicher-kosten> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- EnBW. *EnBW solar+*. 2017. <https://zuhause.enbw.com/solarenergie> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- energate. *Bundesnetzagentur setzt Grenze für Regelenergiepreise*. 03. Januar 2018.
<https://www.energate-messenger.de/news/179816/bundesnetzagentur-setzt-grenze-fuer-regelenergiepreise> (Zugriff am 08. November 2018).
- EnergieAgentur. *progres.nrw*. 2017. <https://www.energieagentur.nrw/foerderung/progres.nrw> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Energie-Experten. *Umsatzsteuer beim Betrieb von Photovoltaik-Anlagen*. 11. Juni 2018.
<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaikanlage/steuer/umsatzsteuer.html> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Erneuerbare Energien. *Entega nimmt Quartierspeicher in Betrieb*. 14. September 2016.
<https://www.erneuerbareenergien.de/entega-nimmt-quartierspeicher-in-betrieb/150/436/97836/> (Zugriff am 19. September 2018).
- European Union. „EU Reference Scenario 2016. Energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050.“ 15. Juli 2016.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ref2016_report_final-web.pdf (Zugriff am 24. Oktober 2018).
- Figgner, Jan, et al. „Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2017.“ Juli 2017.
http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2017_ISEA_RWTH_Aachen.pdf (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- . „Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2018.“ 2018.
http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2018_ISEA_RWTH_Aachen.pdf (Zugriff am 02. Oktober 2018).
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.“ 20. Juli 2018.
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (Zugriff am 20. September 2018).

- „Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien.“ März 2018.
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE_2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- „What Will the Energy Transformation Cost? Pathways for Transforming the German Energy System by 2050.“ November 2015.
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/What-will-the-energy-transformation-cost.pdf> (Zugriff am 24. Oktober 2018).
- Gähns, Swantje, Jan Knoefel, und Noelle Cremer. *Politische Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen für Quartierspeicher - Bestandsaufnahme der aktuellen Rahmenbedingungen und Diskurse, Projekt Esquire, Arbeitspapier*. Berlin, 2017.
- Greenpeace. „Energy [r]evolution. A sustainable world. Energy Outlook 2015. 100% renewable Energy for all.“ September 2015.
https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/greenpeace_energy-revolution_erneuerbare_2050_20150921.pdf (Zugriff am 24. Oktober 2018).
- International Energy Agency. „World Energy Outlook 2017.“ 14. November 2017.
https://www.iea.org/media/weowebseite/2017/Chap1_WEO2017.pdf (Zugriff am 24. Oktober 2018).
- IRENA. „Electricity Storage and Renewables. Costs and Markets to 2030.“ Oktober 2017.
http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf (Zugriff am 24. Oktober 2018).
- Kloth, Philipp. *Kosten für PV-Stromspeicher*. 2017.
<https://www.energieheld.de/photovoltaik/stromspeicher/kosten> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Kühl, Andreas. *Quartierspeicher können zur Zukunft der dezentralen Energiewende werden*. 20. Mai 2016. <https://www.energynet.de/2016/05/20/quartierspeicher-dezentrale-energiewende/> (Zugriff am 5. September 2018).
- Märtel, Christian. *KfW Förderung für Batteriespeicher*. 2018. <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/stromspeicher/foerderung> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- *KfW Förderung für Solarstromspeicher. Programm 275 "Erneuerbare Energien - Speicher"*. 2018. <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/stromspeicher/foerderung> (Zugriff am 9. Juli 2018).
- MEET - Münster electrochemical Energy Technology. *Batteriealterung*. 2018. <https://www.uni-muenster.de/MEET/research/cell-system/Aging.html> (Zugriff am 06. Dezember 2018).
- Murkisch, Kevin. *Entwicklung der EEG-Einspeisevergütung*. 20. Juli 2018.
<https://www.zolar.de/entwicklung-der-eeg-einspeiseverguetung/> (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- Nachhaltigkeit, Lexikon der. *Ökosteuer*. 28. Mai 2015.
https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/kosteuer_2014.htm (Zugriff am 9. Juli 2018).
- Neetzow, Paul, Anna Pechan, und Klaus Eisenack. „Electricity storage and transmission: Complements or substitutes?“ 2018. <https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoe/publ/wp/wp95.pdf> (Zugriff am 21. November 2018).
- Netztransparenz. *§ 19 StromNEV-Umlage*. 2018. <https://www.netztransparenz.de/EnWG/-19-StromNEV-Umlage/-19-StromNEV-Umlagen-Uebersicht> (Zugriff am 9. Juli 2018).

- *Abschaltbare Lasten-Umlage*. 2018. <https://www.netztransparenz.de/EnWG/Abschaltbare-Lasten-Umlage/Abschaltbare-Lasten-Umlagen-Uebersicht> (Zugriff am 9. Juli 2018).
 - *EEG-Umlage*. 2018. <https://www.netztransparenz.de/EEG/EEG-Umlage> (Zugriff am 25. Oktober 2018).
 - *KWKG-Umlage*. 2018. <https://www.netztransparenz.de/KWKG/KWKG-Umlagen-Uebersicht> (Zugriff am 9. Juli 2018).
 - *Offshore-Haftungsumlage*. 2018. <https://www.netztransparenz.de/EnWG/Offshore-Haftungsumlage/Offshore-Haftungsumlagen-Uebersicht> (Zugriff am 9. Juli 2018).
 - *Offshore-Netzumlage*. 15. Oktober 2018. <https://www.netztransparenz.de/EnWG/Umlage-17f-EnWG> (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- NEXT Kraftwerke. *Was ist die Direktvermarktung von Strom aus Erneuerbaren Energien?* 2018. <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/direktvermarktung> (Zugriff am 5. September 2018).
- *Was ist Primärregelleistung (PRL)?* 2018. <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/regelenergie/primaerreserve-primaerregelleistung> (Zugriff am 06. November 2018).
 - *Was ist Sekundärregelleistung (SRL)?* 2018. <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/regelenergie/sekundaerreserve> (Zugriff am 06. November 2018).
- Öko-Institut. „Die Entwicklung der EEG-Kosten bis 2035. Studie im Auftrag von Agora Energiewende.“ 2015. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2015/EEG-Kosten-bis-2035/Agora_EEG_Kosten_2035_web_05052015.pdf (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- Photovoltaik Förderung. *Förderung von Strom aus Photovoltaik in Deutschland durch das EEG (Einspeisevergütung)*. 2018. <https://www.photovoltaik-foerderung.net/foerderung-eeg.html> (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- Preiß, Dr. Stefan. *10 x Energiepolitik im Koalitionsvertrag: Von Bioenergie bis Sektorkopplung*. 05. März 2018. <https://www.euwid-energie.de/10-x-energiepolitik-im-koalitionsvertrag-von-bioenergie-bis-sektorkopplung/5/> (Zugriff am 09. Januar 2019).
- Prognos. „Eigenversorgung aus Solaranlagen. Das Potential für Photovoltaik-Speicher-Systeme in Ein- und Zweifamilienhäusern, Landwirtschaft sowie im Lebensmittelhandel. Analyse im Auftrag von Agora Energiewende.“ Oktober 2016. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Dezentralitaet/Agora_Eigenversorgung_PV_web-02.pdf (Zugriff am 02. Oktober 2018).
- Regelleistung.net. *Bedarfwerte SRL/MRL Q4 2018*. Oktober 2018. <https://www.regelleistung.net/ext/tender/remark/news/378> (Zugriff am 29. November 2018).
- Regelleistung-Online. *Paradox: Rückgang der SRL-Abrufmengen trotz EE-Ausbau*. 15. Juli 2018. <https://www.regelleistung-online.de/rueckgang-der-srl-abrufmengen/> (Zugriff am 08. November 2018).
- *Prognose: Deutlicher Rückgang der PRL Erlöse in 2018*. 15. Juni 2018. <https://www.regelleistung-online.de/prl-prognose-2018/> (Zugriff am 08. November 2018).
 - *Sinkende MRL Ausschreibungsmengen: Sparen die ÜNB an der falschen Stelle?* 26. Juni 2018. <https://www.regelleistung-online.de/sinkende-mrl-ausschreibungsmengen-sparen-die-uenb-an-der-falschen-stelle/> (Zugriff am 08. November 2018).

- RP-Energie-Lexikon. *Stromtarif*. 03. November 2018. <https://www.energielexikon.info/stromtarif.html> (Zugriff am 07. Februar 2019).
- Rundel, Paul, et al. „Speicher für die Energiewende.“ September 2013. https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/content/dam/umsicht-suro/de/documents/studien/studie_speicher_energiewende.pdf (Zugriff am 5. September 2018).
- Rutschmann, Ines. *Sonnenstrom im Akku speichern*. 21. August 2018. <https://www.finanztip.de/photovoltaik/stromspeicher/> (Zugriff am 20. September 2018).
- Seltmann, Thomas. *PV Magazine - Photovoltaik ohne Finanzamt*. 12. August 2016. <https://www.pv-magazine.de/2016/08/12/photovoltaik-ohne-finanzamt-eine-anleitung/> (Zugriff am 21. November 2018).
- sonnen. *Eigenverbrauch, Umsatzsteuer, Ertragssteuer - die steuerliche Behandlung einer Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher*. 2018. <https://sonnen.de/blog/eigenverbrauch-umsatzsteuer-ertragssteuer-die-steuerliche-behandlung-einer-photovoltaikanlage-mit/> (Zugriff am 3. September 2018).
- Speichermonitoring. *Batterietechnologien*. 2018. <http://www.speichermonitoring.de/ueber-pv-speicher/batterietechnologien.html> (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- Sterner, Michael, und Ingo (Hrsg.) Stadler. *Energiespeicher. Bedarf, Technologien, Integration*. Springer, 2017.
- Strom Report. *Netzentgelte Strom: Entwicklung, Stand und Prognose*. 2018. <https://1-stromvergleich.com/strom-report/netzentgelte/> (Zugriff am 5. September 2018).
- . *Strompreis in Deutschland*. 04. November 2018. <https://1-stromvergleich.com/strom-report/strompreis/> (Zugriff am 21. November 2018).
- TransnetBW. „Modell zur Berechnung des regelzonenübergreifenden einheitlichen Bilanzausgleichspreises (reBAP) unter Beachtung des Beschlusses BK6-12-024 der Bundesnetzagentur vom 25.10.2012.“ 2012. https://www.transnetbw.de/downloads/strommarkt/bilanzkreismanagement/Modellbeschreibung_reBAP-Berechnung_ab_05_2016.pdf (Zugriff am 25. Oktober 2018).
- wegatech. *Kosten, Preise und Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik Speichern*. 2016. <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/kosten-und-wirtschaftlichkeit/stromspeicher/> (Zugriff am 25. Oktober 2018).