

## Dezentrale Flexibilität für lokale Netzdienstleistungen

Eine Einordnung des Flexibilitätsbegriffs als Grundlage für die Konzipierung einer Flexibilitätsplattform in C/sells

Autoren: Mathias Müller, Thomas Estermann, Simon Köppl

**Flexibilität ist derzeit ein viel diskutiertes Thema in der Energiewirtschaft. Im Rahmen von C/sells wird erprobt, wie dezentrale Flexibilität erschlossen und zur effizienten Integration von Erneuerbaren Energien verwendet werden kann. Als Grundlage hierfür werden im Rahmen dieses Artikels zuerst notwendige Begrifflichkeiten zu diesem Themenbereich definiert und erläutert. Im nächsten Schritt werden Wege zur Potenzialermittlung sowie zur Erschließung aufgezeigt.**

### Komplexität und Kleinteiligkeit verlangen nach flexiblen Lösungen

Der fortschreitende Wandel der Erzeugungs- und Verbrauchslandschaft in der elektrischen Energieversorgung führt zunehmend in ein komplexes, adaptives System: Zum einen führt die größere Volatilität in einem dezentral und regenerativ geprägten Energiesystem einen steigenden Bedarf an kurzfristig einsetzbarer Leistung in allen Spannungsebenen, um Netzengpässe im Übertragungs- und Verteilnetz zu verhindern. Zum anderen erfordert die zunehmende Kleinteiligkeit, gerade der Erzeugungsanlagen, einen hohen Koordinationsaufwand für eine effiziente Betriebsplanung und zuverlässige Netzführung.

Um diese Herausforderungen - die perspektivisch durch steigende Durchdringungen z. B. von Elektrofahrzeugen noch relevanter werden – adressieren zu können, sollen Plattformkonzepte insbesondere in der gelben Ampelphase eingesetzt werden, in der aufgrund von Netzrestriktionen das Marktgeschehen eingeschränkt ist /BDEW-08 15/. Dadurch kann über standardisierte Prozesse das Flexibilitätspotenzial von bereits vorhandenen, dezentralen und steuerbaren Assets im Verteilnetz erschlossen werden.

Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens C/sells, welches Teil des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)“ ist, sollen Blaupausen für das Energiesystem der Zukunft erarbeitet werden. An der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE) wird hier eine – wie oben beschriebene – Flexibilitätsplattform (Flex-Plattform) entwickelt und in einem Feldversuch in Altdorf bei Landshut erprobt<sup>1</sup>.

Diese konzeptionelle Herausforderung wird an der FfE von wissenschaftlichen Analysen zum Flexibilitätsbegriff und zu Flexibilitätspotenzialen orchestriert, die in diesem Artikel beschrieben werden. In den kommenden Monaten folgen weitere Artikel, die die Funktionsweise der Flex-Plattform Ostbayern genauer beschreiben, den Feldversuch in Altdorf erläutern und weitere Einblicke in C/sells geben. /FFE-75 17/

<sup>1</sup> Weitere Informationen zu dem Vorhaben der FfE (<https://www.ffe.de/csells>) bzw. des Verbundprojektes (<http://www.csells.net/>) finden Sie auf den angegeben Webseiten.

## Wissenschaftliche Herangehensweise an das Themenfeld Flexibilität

Um im Rahmen des Projekts und auch darüber hinaus ein einheitliches Verständnis für den aktuell in der Literatur sehr unterschiedlich verwendeten Begriff der Flexibilität zu fördern, wurde in C/sells die Fachgruppe *Effizienz/Flexibilität* gegründet. Diese befasst sich neben einer akademischen Herleitung und einer Begriffsdefinition auch mit Themen, welche im erweiterten Kontext der Thematik zu finden sind. Beispielsweise werden verschiedene Mechanismen zur Flexibilitätsintegration analysiert (vgl. /FFE-18 17/). Die in diesem Beitrag vorgestellten Aspekte wurden an der FfE entwickelt und in die Fachgruppe eingebracht. Der dortige Konsolidierungsprozess innerhalb des Verbundprojektes ist zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Für die Konzipierung der Flex-Plattform der FfE in Ostbayern hat sich schon frühzeitig der Bedarf ergeben, ein Grundverständnis für den Flexibilitätsbegriff zu erhalten und eine Arbeitsdefinition für die wichtigen Aspekte im Themenfeld Flexibilität zu entwickeln. Für einen deutlich umfassenderen Blick auf das Themenfeld Flexibilität sei nochmals auf die C/sells-Fachgruppe *Effizienz/Flexibilität* verwiesen. Die folgenden Begriffserklärungen orientieren sich zwar an den dortigen Diskussionen, fokussieren sich aber auf die für das Verständnis der Flex-Plattform Ostbayern relevanten Punkte.

### Kategorisierung des Flexibilitäts-Begriffs

Für die spätere Kategorisierung und Beschreibung mittels Kennzahlen ist im ersten Schritt eine übergeordnete Definition von Flexibilität im Kontext der Energiewirtschaft notwendig. Diese bezieht sich im Allgemeinen auf eine Anpassbarkeit der Erzeugungs- oder Verbrauchsleistung und wird von der FfE im Rahmen der Tätigkeiten in C/sells in Anlehnung an /BNETZA-05 17/ wie folgt definiert:

**Flexibilität** beschreibt die technische Fähigkeit einer Anlage, die aktuelle und/oder prognostizierte Leistung  $[P, Q]$  zu verändern. Zur Beschreibung dieser Fähigkeit sind Kennwerte, wie beispielsweise die maximal mögliche Rampe (maximale Leistungsänderung je Zeiteinheit)  $[\Delta P/t]$  oder die minimal/maximal mögliche Leistung notwendig. Weiterhin ist die maximal verschiebbare Energiemenge  $[E]$  sowie eine Zeitangabe  $[t_1]$ , wie lange die Leistung verändert und - falls notwendig - bis wann die Differenzenergie ausgeglichen werden muss, zu berücksichtigen. Für einen gezielten Einsatz von Flexibilität sind der Ort (sowohl geografisch als auch der Verknüpfungspunkt im Netzgebiet) und der damit einhergehende Wirkradius von Bedeutung.

Gemäß der allgemeinen Definition bzgl. der Anpassung der Leistung ist eine Unterteilung in aktive und passive Flexibilität möglich. **Aktive Flexibilität** beschreibt die technische Fähigkeit einer Anlage, die aktuelle sowie prognostizierte Leistung  $[P, Q]$  auf Grund eines (externen) Signals zu verändern (erhöhen/verringern). Ein Beispiel für eine aktive Flexibilitätserbringung ist die Verringerung der Einspeiseleistung einer PV-Anlage als Reaktion auf ein Rundsteuersignals.

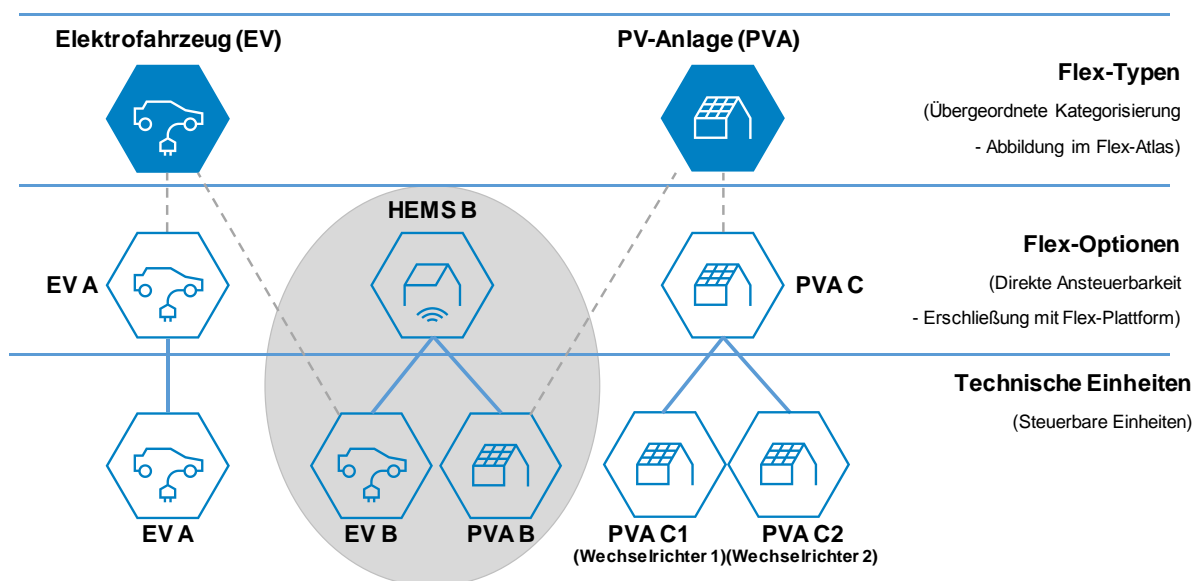
**Passive/autonome Flexibilität** beschreibt hingegen die technische Fähigkeit einer Anlage, basierend auf einer oder mehreren hinterlegten Kennlinie(n) ohne externes Signal, autonom die Leistung  $[P, Q]$  zu verändern. Als Beispiel für die Bereitstellung autonomer Flexibilität kann die  $Q_{(U)}$ -Regelung eines Wechselrichters genannt werden, bei der auf Basis der lokalen Netzspannung das Blindleistungsverhalten ohne Signalübertragung aus einer zentralen Instanz angepasst wird.

Für die weiteren Betrachtungen im Rahmen der FfE-Forschungsaktivitäten in C/sells liegt der Fokus auf der aktiven Flexibilität, da die Leistungsanpassung einer Anlage auf Basis eines externen Signals eine Prämisse für die Umsetzung einer Flex-Plattform ist. Die Konzipierung einer solchen Plattform erfordert die weitere Einführung und Abgrenzung der folgenden Begrifflichkeiten (vgl. **Abbildung 1**):

Als **Flexibilitäts-Typen** (Flex-Typen) werden die Gruppierungen von Flexibilitäts-Optionen (Flex-Optionen), welche in der folgenden Abbildung in der obersten Ebene dargestellt sind, bezeichnet. Diese sind in ihrem Verhalten, ihrem Primärzweck und ihren Einschränkungen ähnlich und können somit mit der gleichen Auswahl von Kennwerten beschrieben werden.

**Flex-Optionen** können einzelne oder mehrere technischen Einheiten gleichen oder unterschiedlichen Flex-Typs sein. Jede Flex-Option muss über eine Steuereinheit verfügen und an einem gemeinsamen Verknüpfungspunkt an das Netz angeschlossen sein. Die Flex-Optionen müssen zur aktiven Bereitstellung von Flexibilität geeignet sein und können auf einer Flex-Plattform zur Erschließung angeboten werden.

**Technische Einheiten** sind Anlagen oder Teilanlagen, deren Leistung aktiv gesteuert werden kann. Diese Anlagen können sowohl Erzeugungsanlagen als auch Verbrauchseinrichtungen oder Speicher sein.



**Abbildung 1:** Bezug und Einordnung von Flex-Typen und Flex-Optionen sowie technische Einheiten

Eine Flex-Option ist beispielsweise gemäß obiger Definition das einzelne Elektrofahrzeug A von Herrn Mustermann, welches eindeutig bestimmt ist und nur einmal vorkommt. Im Beispiel der Abbildung 1 wäre das Elektrofahrzeug A sowohl die Flex-Option als auch die entsprechende technische Einheit. Ebenso kann eine Flexibilitäts-Option ein HEMS (Home Energy Management System - Heimautomatisierungssystem) sein, welches von extern (bspw. einer Flex-Plattform) angesteuert werden kann und dann je nach Bedarf entsprechende verfügbare technische Einheiten steuert. In obiger Abbildung könnte das HEMS B wahlweise die PV-Erzeugung reduzieren oder alternativ die Ladeleistung des Elektrofahrzeugs erhöhen, um beispielsweise die Anforderung einer temporären Leistungsreduktion am Netzverknüpfungspunkt zu erfüllen. In der Konsequenz ergibt sich bei beiden Maßnahmen derselbe Effekt auf das Stromnetz, da lediglich die Leistungsänderung am Netzverknüpfungspunkt relevant ist. Ebenso kann, wie rechts im dritten Ast der Abbildung 1 dargestellt, die Flex-Option PV-Anlage C von Frau Maier, welche aus zwei unterschiedlichen technischen Einheiten (in diesem Fall Wechselrichtern) besteht, bei einer Anforderung zur Leistungsreduktion entscheiden, wie die Leistungsreduktion auf die technischen Einheiten aufgeteilt wird.

**Von der Definition über Kennzahlen zu einem Flexibilitäts-Atlas**

Vor der Erschließung bereits vorhandener Flexibilität ist zuerst eine Bestandsermittlung notwendig: Generell kann die Bestandsermittlung über verschiedene Methoden erfolgen. Im Rahmen von C/sells hat sich die FfE sowohl für die Verfolgung eines Bottom-Up-Ansatzes, als auch für den Einsatz eines Top-Down-Ansatzes entschieden. Für die Bottom-Up Methode wurden über 50 Kennwerte in sieben Kategorien identifiziert (vgl. **Abbildung 2**), welche die dezentralen Flex-Optionen und deren Potenzial detailliert beschreiben. Andererseits wird das Potenzial von ausgewählten Flex-Typen Top-Down auf Basis von Metadaten in einem Flexibilitäts-Atlas (Flex-Atlas) dargestellt.



**Abbildung 2:** Kategorisierung der Kennzahlen je Flex-Option für den Bottom-Up-Ansatz

Zur Beschreibung der Flex-Optionen ist eine Einteilung der Kennzahlen in folgende sieben Kategorien sinnvoll: Allgemeine Informationen (Stammdaten), Leistungsdaten, Betriebsdaten, ökonomische Daten, Messdatenerfassung, Netzzustandserfassung und Kommunikation. Basierend auf diesen Kennwerten kann das theoretische Potenzial, dabei handelt es sich um das maximal verfügbare Potenzial ohne Betrachtung, ob dieses wirtschaftlich erschließbar ist, in ausgewählten Regionen detailliert ermittelt werden /FFE-26 16/. Zur weiteren Hilfestellung bei der Erhebung der benötigten Daten wurde ein Ampelsystem entwickelt, welches die Relevanz des Parameters für die Top-Down Potenzial-Ermittlung und für einen möglichen Plattform-Betrieb, also die spätere Erschließung, beschreibt. Zusätzlich soll im Rahmen der Datenbeschaffung ein weiteres Ampelsystem erstellt werden, welches den Aufwand für die Datenbeschaffung, der oftmals nicht unerheblich ist, erstellt werden (vgl. **Abbildung 3**). Basierend auf dem Ampelsystem kann einfach ermittelt werden, welche Daten für den geplanten Anwendungsfall relevant sind und wie aufwändig diese zu erheben sind.

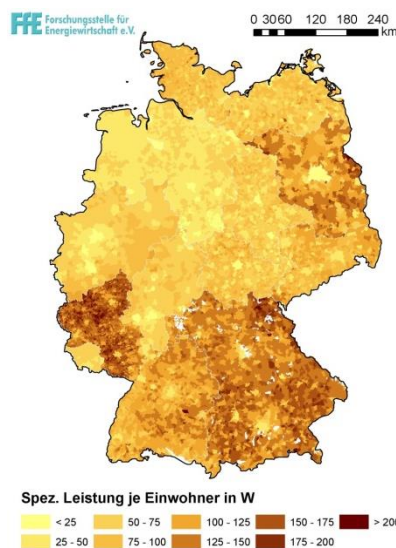
		Potenzial-Ermittlung <sup>1</sup>	Plattform-Betrieb <sup>1</sup>	Daten-Beschaffung <sup>2</sup>
Allg. Informationen	Anlagenschlüssel	Red	Green	Orange
	Postleitzahl	Orange	Green	Orange
Leistungsdaten	Nennleistung in kVA	Green	Green	Orange
	Phasenanzahl	Green	Orange	Orange
Ökonomische Daten	Vergütung in cent/kWh	Orange	Orange	Green
	Brennstoffkosten in cent/kWh	Red	Orange	Orange
...				

	<sup>1</sup> Zusatzinfo / <sup>2</sup> Hoher Beschaffungsaufwand
	<sup>1</sup> Gute Zusatzinfo / <sup>2</sup> Mittlerer Beschaffungsaufwand
	<sup>1</sup> Essentielle Info / <sup>2</sup> Geringer Beschaffungsaufwand

**Abbildung 3:** Dreifaches Ampelsystem zur Einordnung der generierten Kennzahlen für die Potenzialermittlung, den Plattformbetrieb sowie den Aufwand für die Datenbeschaffung

Im Gegensatz zu dem vorgestellten Bottom-Up-Ansatz werden beim Flex-Atlas die regionale Durchdringung sowie die Potenziale einzelner Flex-Typen (beispielsweise Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge) auf Gemeindeebene errechnet und damit eine regional aufgelöste Potenzialabschätzung bzgl. der installierten Leistung und der möglichen Flexibilität durchgeführt werden. Die folgende **Abbildung 4** zeigt dabei exemplarisch die installierte Wärmepumpenleistung bezogen auf die Einwohner jeder Gemeinde in Deutschland für das Jahr 2017 (Datenquellen: /DESTATIS-03 17/, /BWP-02 17/, /FFE-04 12/, /HEA-01 09/, /FFE-21 17/). Diese Darstellung liefert bereits eine gute Indikation über das Vorhandensein von Wärmepumpen in Relation zur Einwohnerdichte, welche einen Indikator für den Energieverbrauch durch Privat-Haushalte darstellt. In der Karte zeigt sich, dass in Großstädten je Einwohner deutlich weniger installierte Wärmepumpenleistung vorhanden ist, als in ländlichen Gebieten. Ebenso zeigen sich sehr deutliche regionale Unterschiede mit den höchsten Werten in Süddeutschland. Hierdurch lässt sich bereits eine erste Identifikation bzgl. eines potenziellen regionalen Flexibilitätsangebots durchführen.

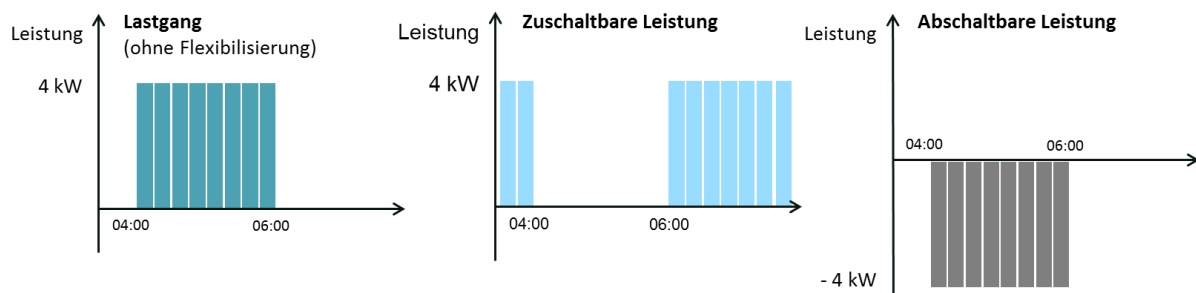


**Abbildung 4:** Installierte spezifische Wärmepumpenleistung je Einwohner auf Gemeindeebene

Basierend auf diesen Daten werden im nächsten Schritt mit Hilfe eines Modells die verschiebbaren Energiemengen ermittelt und grafisch aufbereitet. Dieser Prozess wird für die unterschiedlichen Flex-Typen durchgeführt. In der Summe kann im Anschluss ein aggregiertes Potenzial je Gemeinde bestimmt werden.

**Flexibilitäts-Potenzial** (Flex-Potenzial) bezeichnet dabei das Potenzial eines Flex-Typs, seine Leistung zu einem bestimmten Zeitpunkt für eine definierte Zeit zu verändern. Das Potenzial wird somit durch die Standardbetriebsweise des Flex-Typs sowie weitere Einschränkungen wie beispielsweise des maximalen Bedarfs/Speichervolumens begrenzt. Im Flex-Atlas werden dann ausgewählte Zeitpunkte dargestellt.

Das Flex-Potenzial einer elektrischen Speicherheizung, welche an einem Beispieltag von 4:00 Uhr bis 6:00 Uhr morgens mit 4 kW beladen wird, ergibt sich somit vereinfacht (ohne Berücksichtigung der Speicherrestriktionen und sonstiger Randbedingungen) wie in **Abbildung 5** dargestellt. Somit kann theoretisch die elektrische Speicherheizung abgeschaltet werden, wenn diese in Betrieb ist und andernfalls zugeschaltet werden, wenn diese nicht in Betrieb ist.



**Abbildung 5:** *Beispielhaftes Flexibilitäts-Potenzial einer elektrischen Speicherheizung ohne Berücksichtigung der Speicherrestriktionen*

Basierend auf der beschriebenen Methodik werden nun in den nächsten Monaten Analysen zu den Flex-Typen elektrische Speicherheizungen, Wärmepumpen, Hausspeichersystemen und Elektrofahrzeugen durchgeführt und in einem Flex-Atlas dargestellt. In diesem Atlas sollen sowohl die Potenziale der einzelnen Typen als auch ein aggregiertes Potenzial der Typen auf Gemeindeebene dargestellt werden.

## Ausblick: Flex-Plattformen als Baustein für ein effizientes Zusammenspiel von Netz und Markt

Gerade in den unteren Spannungsebenen ist ein erhebliches dezentrales Flexibilitätspotenzial vorhanden. Durch den in /GEDIG-01 16/ festgeschriebenen und nun startenden Rollout von intelligenten Messsystemen kann die Erschließung des Potenzials kostengünstig erfolgen, z. B. über Flex-Plattformen. Dabei wird auf die Infrastruktur zurückgegriffen, welche durch den Rollout geschaffen wird /FFE-01 18/. Auf der Plattform wird anschließend diese Flexibilität netzebenenübergreifend, insbesondere für deren netzdienlichen Einsatz, koordiniert und „interferenzfrei“, d. h. ohne negative Rückwirkungen auf anderen Spannungsebenen, abgerufen. Für mögliche Anbieter von Flexibilität können die Flex-Plattformen in C/sells so Anreize für ein netzdienliches Verhalten schaffen. Darüber hinaus soll gezeigt werden, dass durch die wettbewerbliche Erschließung von Flexibilität das Netzengpassmanagement effizienter gestaltet und

die Zeiten in der roten Ampelphase minimiert werden. Durch die Koordinationsprozesse auf der Plattform, sowohl zwischen Netz und Markt, als auch zwischen den Netzbetreibern, wird sichergestellt, dass jede Flexibilität mit dem größtmöglichen Nutzen eingesetzt wird. Eine solche Plattform wird derzeit von der FfE in C/sells entwickelt und soll noch im Jahr 2018 mit dem Pilotbetrieb starten. Eine detaillierte Beschreibung folgt in einer der nächsten Ausgaben.

### Förderung und Projektpartner

Die Bearbeitung der hier beschriebenen Inhalte erfolgt im Verbundprojekt C/sells durch die FfE. Die FfE-Aktivitäten im Verbundprojekt C/sells werden im Rahmen des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 03SIN121). Neben dem BMWi wird die FfE durch die Bayernwerk AG, Intel Deutschland GmbH und die Stadtwerke Augsburg Energie GmbH sowohl finanziell als auch mit Daten und individuellen, praxisnahen Erfahrungen unterstützt.

### Literaturverzeichnis

- BDEW-08 15** Smart Grids Ampelkonzept - Ausgestaltung der gelben Phase. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), 2015
- BNETZA-05 17** Flexibilität im Stromversorgungssystem - Bestandsaufnahme, Hemmnisse und Ansätze zur verbesserten Erschließung von Flexibilität - Diskussionspapier Stand 03. April 2017. Bonn: Bundesnetzagentur, 2017
- BWP-02 17** Bundesverband Wärmepumpen e. V.: Wärmepumpen in Deutschland . In: <https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/>. (Abruf am 2018-03-24); (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6yA6XVo9G>); Berlin: Bundesverband Wärmepumpen e. V., 2017.
- DESTATIS-03 17** Mikrozensus - Zusatzerhebung 2014 - Sonderauswertung - Bewohnte Wohnungen nach Art der Nutzung, Gebäudegröße, Baujahr und Energieart der Beheizung nach Bundesländern. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (destatis), 2017
- FFE-01 18** Estermann, Thomas; Müller, Mathias; Weiß, Andreas; Würtenberg, Ingo: Steuerbox im Feldversuch - Umsetzung von Schalthandlungen mit der zukünftigen Smart-Grid-Infrastruktur bestehend aus intelligentem Messsystem und Steuerbox. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.
- FFE-04 12** Schmid, Tobias; Beer, Michael; Corradini, Roger: Energiemodell der Wohngebäude in: BWK Bd. 64 (2012) Nr. 1/2. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2012
- FFE-18 17** Bogensperger, Alexander; Lienert, Christoph; Zeiselmair, Andreas; Köppl, Simon; Estermann, Thomas: Flexibilitätsintegration als wichtiger Baustein eines effizienten Energiesystems - Eine FfE-Kurzstudie im Rahmen der Projekte MONA 2030 und C/sells. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2017
- FFE-21 17** Corradini, Roger; Konetschny, Claudia; Schmid, Tobias: FREM - Ein regionalisiertes Energiesystemmodell in: et - Energiewirtschaftliche Tagesfragen Heft 1/2 2017. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft, 2017
- FFE-26 16** Gruber, Anna; Von Roon, Serafin; Fattler, Steffen: Wissenschaftliche Projektbegleitung des Projektes DSM Bayern. München: Forschungsgesellschaft



für Energiewirtschaft mbH, 2016

**FFE-75 17**

Köppl, Simon; Estermann, Thomas; Zeiselmaier, Andreas: Laufendes Projekt: C/sells – Großflächiges Schaufenster im Solarbogen Süddeutschlands in: www.ffe.de/csells. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FFE), 2017

**GEDIG-01 16**

Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. Berlin: Bundesregierung, 2016

**HEA-01 09**

Kämper, Hartmut: Stromabsatz an Speicherheizungskunden sinkt auch im Jahr 2008 in: HEA Impulse Ausgabe 1/2009. Berlin: HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V., 2009

