

## Projektantrag

# Versorgungssicherheit und Netzstabilität durch intelligente Regelung dezentraler Anlagen in Ulm, VuNdieRd



Stadt Ulm



EvoBus

Ein Unternehmen der Daimler AG  
A Daimler Company



## A. Beschreibung von Ziel, Originalität und Exzellenz des Vorhabens

Im Projekt „Versorgungssicherheit und Netzstabilität durch intelligente Regelung dezentraler Anlagen in Ulm“ soll die Grundlage für ein Virtuelles Kraftwerk erarbeitet werden. Der Begriff „Virtuelles Kraftwerk“ dient dabei in diesem Projektantrag als Kurzfassung des Projekttitels. Das Virtuelle Kraftwerk besteht aus kleinen dezentralen Anlagen, die im Verbund große Regelleistungen flexibel liefern können. Vor dem Hintergrund des Atomausstiegs in Deutschland, dem Stilllegen alter Großkraftwerke [9] und dem weiteren Voranschreiten der Energiewende wird neue Regelleistung zunehmen wichtiger für die zeitgleiche Bereitstellung und Nutzung von elektrischer Leistung.

Ein Virtuelles Kraftwerk kann im Verbund dezentraler Anlagen mehrere Aufgaben übernehmen und soll dabei mehr leisten als die Summe seiner Teile.

### **Vorteile eines Virtuellen Kraftwerks gegenüber konventioneller Energieversorgung**

Die geringe Größe der dezentralen Anlagen ist ein entscheidender Vorteil gegenüber einer zentralen Versorgung aus Großkraftwerken. Großkraftwerke können prinzipiell ihre Leistung im Bereich von 50-100% der Nennleistung mit einer Rampe von 4-5% pro Minute ändern. Gas-BHKW z.B. können ihre Nennleistung bis 40% oder in manchen Fällen sogar noch weiter herunterfahren [2]. Zusätzlich ist dies mit einer Rampe von ca. 2,5% pro Sekunde möglich [3]. Die dezentrale Anordnung des Virtuellen Kraftwerks schafft Möglichkeiten, mit Kraft- Wärmekopplung eine um 30% höhere Brennstoffausnutzung zu erreichen als es bei getrennter Erzeugung der Fall ist [4]. Durch die Regelung der elektrischen Leistung von einer Vielzahl kleiner Anlagen gegenüber einer einzelnen Großanlage kann der Gesamtwirkungsgrad länger auf einem hohen Niveau gehalten werden, da durch das Abschalten einzelner Anlagen der Wirkungsgrad im „Teillastbereich“ des Gesamtsystems nicht negativ beeinflusst wird [10]. Zusätzlich ist durch die dezentrale Einspeisung auf niederen Spannungsebenen eine unterstützende Funktion in dem Verteilnetzen möglich, was wiederum die Netzstabilität verbessert. Dabei können durch die lastnahe Erzeugung der elektrischen Leistung Verluste in den hohen Spannungsebenen der Übertragungsnetze minimiert werden. Viele BHKW bieten die Möglichkeit, mit Gas als Brennstoff zu arbeiten. Gas beinhaltet weniger Kohlenstoff als Öl und Kohle und es entsteht bei dessen Verbrennung weniger CO<sub>2</sub>. Dieser Brennstoff ermöglicht ohne große Umbaumaßnahmen der Anlagen eine regenerative Energieversorgung in der Zukunft. Bereits heute gibt es verschiedenen Verfahren nachhaltig Gas zu erzeugen, das in allen Belangen konventionelles Erdgas substituieren kann. Dazu zählen z.B. Biomethan und verschiedene Power-to-Gas-Verfahren wie der Sabatier-Prozess [1]. Klassisch wird unter dem Begriff Kraftwerk eine technische Einrichtung verstanden, die elektrische Leistung bereitstellen kann. Das Aufgabengebiet des virtuellen Kraftwerks kann erweitert werden, so dass es auch in der Lage ist, elektrische Leistung aufzunehmen bzw. in den Wärmebereich zu verschieben. Damit ist es möglich,

innovative Netzplanungskonzepte zu entwickeln, die unter anderem Last und Erzeugungsmanagement mit berücksichtigen und so Kosten für den Netzausbau senken können [11].

### Beschreibung der Rahmenbedingungen

In Abbildung 1 sind die Einflussbereiche und potentiellen Partner um das Virtuelle Kraftwerk schematisch dargestellt. Dabei bildet das Virtuelle Kraftwerk den Kern, da hier alle Bereiche zusammen laufen. Dabei müssen sowohl die Belange der Partner als auch die technischen, metrologischen, persönlichen und wirtschaftlichen Einflussbereiche berücksichtigt werden.

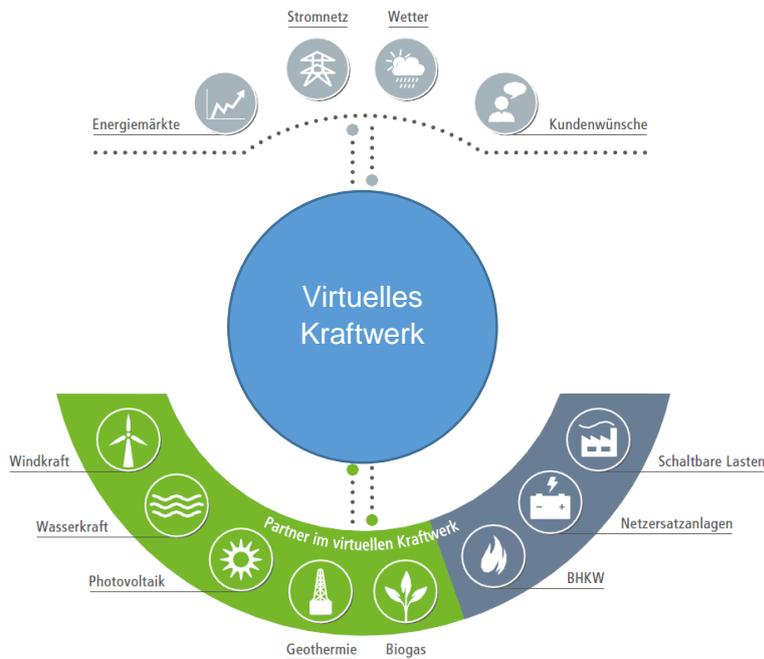


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Einflussbereiche und Partner für ein Virtuelles Kraftwerk [8]

Das Virtuelle Kraftwerk soll primär Regelleistung zur Verfügung stellen. Diese Funktionsweise wird im Folgenden noch kurz erläutert. Positive Regelleistung kann mit stehenden Block-Heiz-Kraftwerken (BHKW) oder Notstromaggregaten zugeschaltet werden. Negative Regelleistung kann durch das Zuschalten von Wärmepumpen, Elektroheizungen, Kühlhäusern aber auch durch das Herunterregeln der Leistung von BHKW oder PV-Anlagen geliefert werden. Dabei muss zusätzlich zum Vorzeichen auch nach der zeitlichen Verfügbarkeit der Regelleistung unterschieden werden.

- Primärregelung, zur Wirkleistungsbalance muss innerhalb von 30s verfügbar sein.
- Sekundärregelung, dient zur Erhaltung der Frequenzstabilität. In Verbundnetzen wie dem Europäischen Netzverbund auch zur Lastflusssteuerung und Lastverteilung, diese muss innerhalb von 5min verfügbar sein.
- Tertiärregelung, auch als Minutenreserve bezeichnet, dient der wirtschaftlichen Optimierung im Betrieb. Diese muss innerhalb von 15min verfügbar sein.
- Quartärregelung dient der Kompensation des Gangfehlers, welcher durch akkumulierte Abweichungen der Netzfrequenz über längere Zeiträume ausgelöst wird. Diese ist für den technischen Betrieb eines Verbundnetzes nicht zwangsläufig notwendig, ist aber in Verbundnetzen wie dem Europäischen Verbundnetz zusätzlich vorhanden.

Regelbare elektrische Leistung von BHKW ist oft an den Wärme- oder den Strombedarf eines Objekts gekoppelt (Kundenwünsche). Ohne einen thermischen Pufferspeicher kann elektrische Leistung von solchen dezentralen Anlagen nur sehr selten nach dem Strombedarf der regionalen Stromnetzanforderungen gerichtet werden. Durch einen thermischen Pufferspeicher kann der Wärmebedarf und die Wärmeproduktion in gewissen Grenzen entkoppelt werden. Dies schafft weitere Freiheitsgrade für die gezielte Bereitstellung von elektrischer Leistung. So können zum einen gezielt Lastspitzen abgedämpft werden und zum anderen sehr hohe regionale elektrische Erzeugungsleistungen, z.B. in Verbindung mit Photovoltaik (PV) vermieden werden. Damit wird die Netzstabilität verbessert ohne zusätzlichen Netzausbau.

Die Wirtschaftlichkeit und der Börsenstrompreis als weiterer Einflussbereich beeinflusst die Betriebsführung der einzelnen Anlagen am stärksten. Außerdem wird vom Gesetzgeber versucht, im Rahmen der gegebenen Marktwirtschaft Anreize (z.B. EEG, KWKG) zu setzen, um die definierten Ziele der Bundesrepublik zu erreichen. Diese Anreize sind aber oft nicht für die speziellen Herausforderungen in kleineren Gebieten wie z.B. Städten oder Stadtteile ausreichend. Der Börsenstrompreis z.B. spiegelt die ökonomische Gesamtsituation am deutschen Strommarkt wieder. Für Akteure, die an diesem Markt ihren Strom handeln, ist es von großem Interesse, möglichst günstige Preise beim Bezug oder möglichst hohe Preise beim Verkauf zu erzielen. Windkraft und PV haben einen zunehmenden Einfluss auf die dort erzielten Preise. Zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit eines Virtuellen Kraftwerks ist zu klären, welche Voraussetzung am Strommarkt bzw. über Anreizsysteme existieren müssen, um die Betreiber von Einzelanlagen mit bereits gegebener Wirtschaftlichkeit zu einer Partizipation an einem Virtuellen Kraftwerk zu bewegen.

Ulm kann mit einem guten Konzept für ein Virtuelles Kraftwerk, seine energetische Unabhängigkeit steigern und sowohl ökonomisch als auch ökologisch optimierte Lösungen für seine Bürger erreichen. In dem Forschungsprojekt soll untersucht werden, welche dezentralen Anlagen für eine technische Nutzung in einem virtuellen Kraftwerk vorhanden sein könnten und wie diese unter einer übergeordneten Koordinationsstelle (der SWU) in einem Virtuellen Kraftwerk implementiert werden können. Dabei soll primär der technische aber auch ein wirtschaftlicher Aspekt mit einbezogen werden. Am Ende soll eine Handlungsempfehlung für das Umsetzen eines Konzepts für ein Virtuelles Kraftwerks in Ulm entstehen, die auf möglichst fundierten Daten beruht. Dabei steht an erster Stelle die Belastbarkeit der Ergebnisse und weniger der Umfang der einbezogenen Themengebiete.

## B. Stand der Wissenschaft und Technik sowie von Vorarbeiten

Mit Beginn der Energiewende hat sich auch der Begriff „Virtuelles Kraftwerk“ in der Forschungslandschaft etabliert. In Projekten wie „Kombikraftwerk 1“ und dessen Nachfolger „Kombikraftwerk 2“ wurde grundsätzlich der Einsatz eines Virtuellen Kraftwerks für Deutschland bereits untersucht [6]. Aber auch auf Städteebene gibt es in Deutschland bereits zahlreiche Projekte unter Beteiligung der ansässigen Stadtwerke, wie z.B. in Berlin [7] und München [8]. In München ist eine Plattform entstanden, die es Gewerbe und Industrie ermöglicht, potentielle Regelleistung bei den Stadtwerken zu melden und sich so unbürokratisch an einem Virtuellen Kraftwerk zu beteiligen. Damit kann in Ulm breites auf ein gewisses Spektrum von Ansätzen zurückgegriffen werden. Die HSU und die Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm Netze GmbH als regionale Akteure arbeiten bereits seit Jahren in mehreren Forschungsprojekten um das Thema „Smart Grid“ als Kooperationspartner eng zusammen<sup>1</sup>. Viele Ergebnisse dieser Koope-

---

<sup>1</sup> EU-FP7-Space „ENDORSE“, BMU „SYSPV-NS“, BMBF „NATHAN-PV“, EU-FP7-ICT „OrPHEuS“

ration können auch hier für das Projekt „Versorgungssicherheit und Netzstabilität durch intelligente Regelung dezentraler Anlagen in Ulm“ von großem Nutzen sein. Aus Sicht der SWU Energie GmbH ist in der Region Ulm folgender Umsetzungsstatus für Virtuelle Kraftwerke festzustellen:

- Zu großen Teilen sind die Erzeugungseinheiten in der Region nicht vernetzt
- Erste Anlagen sind für Regelenergie (Primär- und Sekundärregelung) präqualifiziert und vermarkten die Produkte einzeln
- Die Vermarktung übernehmen überregionale Dienstleister (z.B. Trianel oder MVV)
- Die Industrieunternehmen sind nicht integriert
- Endkundengruppen wurden noch nicht erschlossen
- Das Lastabsenkungspotential in der Region wurde noch nicht ermittelt

Damit zeigt sich das eine breites Spektrum der Thematik in Ulm noch nicht ausreichend bearbeitet ist, um ein Virtuelles Kraftwerk zu planen, aufzubauen oder zu betreiben.

### C. Beschreibung der Methodologie und des Arbeitsplans

#### **Arbeitspaket 1: Allgemeine Datenakquise für Ulm**

Zu Beginn des Projekts soll die Datengrundlage für das Virtuelle Kraftwerk in Ulm erhoben werden. Dabei sollen zunächst technische und wirtschaftliche Daten, die der SWU Energie GmbH zur Verfügung stehen, zusammengetragen werden. Zusätzlich sind auch Informationen vom Verteilnetzbetreiber von großer Hilfe. Durch die Meldepflicht aller KWK und EEG geförderten Anlagen bei diesem können so weitere Anlagen die nicht von der SWU Energie GmbH betrieben werden als Potenzial sondiert werden. Außerdem sollen die Potenziale von Industrie- und Gewerbeunternehmen sowie das Lastabsenkungspotential möglichst umfangreich bestimmt werden. Dazu ist es notwendig eine Umfrage zu starten und auf die entsprechenden Akteure zuzugehen. Damit kann auch gleichzeitig die Bekanntheit des Projekts gesteigert werden. Die wirtschaftlichen Daten, wie die Art der Nutzung, die in Anspruch genommenen Förderungen sowie die Art der Energievermarktung und die Branche des Betreiber sind zu den einzelnen Anlagen zu ermitteln. Dies ist für den späteren Projektverlauf notwendig, um eine Empfehlung für die Erschließung möglicher Teilnehmer zu einem Virtuellen Kraftwerks abzuleiten.

#### **Arbeitspaket 2: Detailuntersuchung an ausgesuchten BHKW**

Die Art der potentiellen Regelleistung von BHKW soll mit Hilfe von Messungen bei den Projektpartnern bestimmt und validiert werden. Dabei soll auch eine Bewertung von zusätzlicher Regelleistung durch die Ergänzung von Bestandsanlagen mit thermischen Pufferspeichern untersucht werden. Wirtschaftliche Faktoren werden an dieser Stelle mit berücksichtigt. Des Weiteren ist zu klären, welche Möglichkeiten im Bezug auf eine Regelung der Anlagen verfügbar sind und welche zusätzlichen wirtschaftlichen Faktoren dabei berücksichtigt werden müssen.

#### **Arbeitspaket 3: Analyse und Bewertung der akquirierten Daten**

In diesem Arbeitspaket sollen die akquirierten Daten strukturiert, aufbereitet, visualisiert und Kennzahlen ermittelt werden. Dazu müssen die Daten nach zeitlicher Verfügbarkeit, Leistungsänderung pro Zeit (Art der Regelleistung) und Vorzeichen charakterisiert werden. Aus diesem Ergebnis lässt sich die vorhandene zeitliche Verfügbarkeit der Regelleistung bestimmen. Außerdem müssen die in den vorangegangenen Arbeitspaketen bestimmten ökonomischen Daten zusammengetragen und ausgewertet werden.

#### Arbeitspaket 4: Erstellung einer Handlungsempfehlung (Abschlussbericht)

Die Erstellung der Handlungsempfehlungen und des Abschlussberichts nimmt bei diesem Projekt einen erheblichen Stellenwert und zeitlichen Arbeitsaufwand ein. Die Ergebnisse aus Arbeitspaket 3 müssen anschaulich und kompakt aufbereitet werden, um Entscheidungsträgern künftiger Projekte eine fundierte Ausgangssituation zu liefern.

Tabelle 1 gibt den zeitlichen Verlauf der einzelnen Arbeitspakete während der Projektlaufzeit wieder. Dabei sollen die Arbeitspakete 1 und 2 über einen weiten Zeitraum laufen, während zusätzlich eine deutliche Überschneidung mit Arbeitspaket 3 gegeben ist. So sollen möglichst von Anfang an akquirierte Daten aufbereitet und abgearbeitet werden und ein langer Zeitraum für die Datenakquise zur Verfügung stehen. Nach Monat 8 soll die Datenakquise abgeschlossen sein und nur noch an Ergebnissen und dem Abschlussbericht gearbeitet werden. Die letzten beiden Monate sind ausschließlich für die Bearbeitung des Abschlussberichts reserviert.

Tabelle 1: Übersicht des Zeitlichen Verlaufs des Projekts

Monate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP1	■	■	■	■	■	■	■	■				
AP2	■	■	■	■	■	■	■	■				
AP3			■	■	■	■	■	■	■	■		
AP4								■	■	■	■	■

#### D. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung der Region Ulm/Neu-Ulm

Das Projekt „Versorgungssicherheit und Netzstabilität durch intelligente Regelung dezentraler Anlagen in Ulm“ erzeugt eine fundierte Grundlage für weitere Projekte in diesem Bereich und kann gleichzeitig einen entscheidenden Beitrag für die Ulmer Energiewende erzeugen. Die dezentrale Bereitstellung von elektrischer Leistung, lastnah in der Stadt, bietet eine ganze Reihe von Vorteilen (siehe A) die in Ulm noch erschlossen werden können. Dabei kann ein Stromsystem entstehen, in dem regelbare Systeme mit fluktuierenden erneuerbaren Energien harmonisieren und nicht konkurrieren. Mit Hilfe der Ergebnisse kann so auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt verbessert werden.

In Nachfolgeprojekten können auf der Basis dieses Projekts konkrete Schwerpunkte aus dem Themenbereich bearbeitet werden wie z.B.:

- Entwicklung von Regelungskonzepten
- Untersuchungen des Einflusses auf das Verteilnetz in Ulm
- Erstellung eines Marketingplans zur Steigerung der Bekanntheit
- Erstellung eines web Kundenportals

#### E. Vorstellung des Antragstellers und seiner Partner sowie der besonderen Eignung für das vorgeschlagene Projekt

Antragsteller ist an der Hochschule Ulm (HSU), das [Institut für Energie und Antriebstechnik \(IEA\)](#). Im Mittelpunkt der Arbeit des IEA stehen Methodik und Technologien für den nachhaltigen und bewussten Umgang mit Energieressourcen, die verstärkte Nutzung regenerativer Energien und der rationelle Energieeinsatz. Im Forschungsbereich ist am IEA eine Gruppe aus mittlerweile 9 wissenschaftlichen Mitarbeitern um Prof. Gerd Heilscher, M.Sc. im Bereich Smart Grid tätig. In mehreren Veröffentlichungen auf namhaften Konferenzen dieses Jahr<sup>2</sup>

<sup>2</sup> a. VDE Zukunft der Netze, b. The Smart Grids Week - Graz 2014, c. EU PYSEC, d. OTTI 29.Symposium solare Strahlungsenergie [5]

konnten die Fortschritte einer breiten Öffentlichkeit präsentiert werden. Zusätzlich soll dieses Projekt durch Prof. Dr. Ing. Georg Kleiser, Studiendekan Energiesystemtechnik und Vorstandsmitglied des unW fachlich unterstützt werden.

Folgende Partner haben ihre Mitarbeit im Projekt bestätigt:

Die SWU-Unternehmensgruppe besteht aus der leitenden Holding SWU Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH mit fünf operativ eigenständigen Tochtergesellschaften, die für die Energie-, Trinkwasser- und Erdgasversorgung sowie für Telekommunikationsdienstleistungen und den Nahverkehr zuständig sind. Somit kann die SWU alle für das Projekt relevanten Themenbereiche abdecken. Im Projekt ist die [SWU Energie GmbH](#) Ansprech- und Kooperationspartner. Folgende Aufgabengebiete der SWU Energie GmbH sind dabei von besonderem Interesse für das Projekt:

- Erzeugung und Verteilung
- Vertrieb von Strom innerhalb und außerhalb des eigenen Netzgebietes
- Vermarktung des erzeugten Stromes
- Mess- und Abrechnungsdienstleistungen
- Verpachtung der im Eigentum befindlichen Netze
- Energieberatung und Energiedienstleistungen

Die [Stadt Ulm](#) setzt sich seit vielen Jahren aktiv für eine regenerative Energieversorgung ein. Die [cupasol GmbH](#) entwickelt, projiziert und realisiert Langzeit-Wärmespeicher für Industrie, Energieversorger, Kommunen oder Landwirtschaft sowie solarthermische Anlagen von der kleinen Anlage für das private Einfamilienhaus bis hin zur Versorgung ganzer Siedlungen. Dabei ist besonders das Knowhow im Bereich großer thermischer Speicher für das Projekt „Virtuelles Kraftwerk in Ulm“ wertvoll.

Die [EvoBus GmbH](#) ist das größte europäische Tochter-Unternehmen der Daimler AG und verantwortlich für die europäischen Busaktivitäten des Daimler-Konzerns. Als Technologie- und Innovations-Führer setzt EvoBus Maßstäbe in Sicherheit, Komfort, Design und Umweltschutz. EvoBus ist Betreiber eines BHKW und damit als gewerblicher Partner für das Projekt sehr interessant.

Aufgrund der einzigartigen Verknüpfung der Kompetenzen der Firma [Gaiser](#) auf den Gebieten Engineering, Handwerk, Anlagenbau und -betrieb kann sie sich zu den führenden Unternehmen der technischen Gebäudeausrüstung in der Region zählen. Gaiser ist ein Ingenieursdienstleister aus Ulm, der Contracting-Konzepte im Bereich BHKW durchführt und kann damit sowohl in der Betriebsweise als auch bei der wirtschaftlichen Betrachtung das Projekt unterstützen.

## F. Zusammenarbeit mit Dritten

Die SWU Energie GmbH liefert im Projekt soweit verfügbar umfangreiche Daten zu technischen Anlagen sowie Erzeugung und Last für alle relevanten Anlagen. Zusätzlich werden durch Wissen und Praxis als Anlagenbetreiber und Vertreiber von Strom Kompetenzen zu Wirtschaftlichkeitskonzepten und technischen Fragen der Erzeugungsanlagen eingebracht.

Die Kooperation mit der Hochschule Ulm und der SWU Energie GmbH ist in einer gemeinsamen Kooperationsvereinbarung niedergeschrieben. Die Hochschule Ulm und die Stadtwerke Ulm Neu-Ulm Netze GmbH betreiben gemeinsam im Netzgebiet der Stadtwerke Ulm Neu-Ulm Netze GmbH Testgebiete zu Forschungszwecken. Über die Kooperation erstellen Studenten der Hochschule Ulm ihre Bachelorarbeit, werden Werkstudenten und Praktikanten beschäftigt. Erkenntnisse der Forschungsarbeiten stehen dem Bearbeiter des Projektes zur Verfügung.

Cupasol ergänzt das Projekt um die Planungskompetenz für einen thermischen Pufferspeicher. Durch diesen soll eine Betriebsweise mit zusätzlicher Regelleistung der BHKWs erschlossen werden. Zu dieser Planungsgrundlage zählen die technische Planung und Beratung sowie ein Kostenvoranschlag für die Investitions-, Installations- und Wartungskosten.

Gaiser und EvoBus können als BHKW Betreiber Expertise zum technischen und wirtschaftlichen Betrieb von BHKW beitragen. Durch Anlagen im realen Betrieb in Ulm ist ein Zugang vor Ort möglich, der das Installieren von Messeinrichtungen und praxisnahen Untersuchungen ermöglicht.

Im Projekt übernimmt die Stadt Ulm eine passive Rolle und unterstützt in inhaltlichen Fragen zur Stadt und bietet gleichzeitig eine gewisse Bürgernähe.

## Quellen

- [1] Webseite Chemie.de, Lexikon, Sabatier-Prozess, Gesichtet 29.9.2014  
<http://www.chemie.de/lexikon/Sabatier-Prozess.html>
- [2] ASUE e.V., Broschüre, BHKW-Kenndaten, 2011, Gesichtet 29.9.2014  
[http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/bhkw\\_kenndaten\\_2011.html](http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/bhkw_kenndaten_2011.html)
- [3] ASUE e.V., Broschüre, Virtuelles Kraftwerk, Gesichtet 29.9.2014  
[http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/virtuelle\\_kraftwerke.html](http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/virtuelle_kraftwerke.html)
- [4] ASUE e.V., Broschüre, BHKW-Fibel, 2012, Gesichtet 29.9.2014  
<http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/bhkw-fibel.html>
- [5] a: VDE Zukunft der Netze  
<http://www.vde-itg-kommunikationsnetze.de/veranstaltungen/zukunft-der-netze-2014.html>  
b: The Smart Grids Week - Graz 2014  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/results.html/id7475>  
c: EU PYSEC  
<http://www.photovoltaiac-conference.com/>  
d: OTTI 29.Symposium solare Strahlungsenergie  
[http://www.otti.de/pdf/Photovoltaische\\_Solarenergie\\_sol4332.pdf](http://www.otti.de/pdf/Photovoltaische_Solarenergie_sol4332.pdf)
- [6] Webseite Kombikraftwerk2, Gesichtet 29.9.2014  
<http://www.kombikraftwerk.de/>
- [7] Berliner Informationsstelle Klimaschutz (BIK), Gesichtet 29.9.2014  
<http://www.berlin-klimaschutz.de/projekte/virtuelles-kraftwerk>
- [8] Stadtwerke München (SWM), Das virtuelle Kraftwerk der SWM, Gesichtet 29.9.2014  
<http://www.swm.de/geschaeftskunden/effizienz-umwelt/virtuelles-kraftwerk.html>
- [9] Bundesnetzagentur, Erzeugungskapazitäten, Kraftwerksliste, Gesichtet 29.9.2014  
[http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html)
- [10] Gas Power Plants, Wärtsilä, Vergleich einer Gasturbine mit einem Kraftwerksverbund aus 5 Gasmotoren, S.9, Stand 2011

[11] „Moderne Verteilernetze für Deutschland“ (Verteilernetzstudie), Abschlussbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), 12.09.2014, Forschungsprojekt Nr. 44/12