



Carl-Philipp Anke, Constantin Dierstein,
Dirk Hladik und Dominik Möst

Begleitstudie WindNODE – Lastverschiebepotentiale in Dresden

Juni 2018

Impressum

Herausgeber

Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Energiewirtschaft
01062 Dresden

Tel.: +49 351 463-33297
Fax: +49 351 463-39763
E-Mail: ee2@mailbox.tu-dresden.de
Internet: <http://www.ee2.biz>

ISBN: 978-3-86780-578-0

Stand: 06/2018

Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort

Die Energiewende und die Umstellung der Stromversorgung auf fluktuierende erneuerbare Energien bringen verschiedene Herausforderungen für das Elektrizitätssystem mit sich. Mit dem Förderprogramm "Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende" (SINTEG) möchte das Bundeswirtschaftsministerium übertragbare Musterlösungen für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung untersuchen lassen. In diesem Rahmen wird auch das Projekt WindNODE gefördert, in dem sich über 70 Partner aus Energiewirtschaft, Industrie, Forschung sowie Kommunen zusammengeschlossen haben, um Lösungen für die nahezu vollständige Versorgung mit Energie aus Erneuerbaren Quellen zu finden.

Wichtige Themen im Rahmen des WindNODE-Projektes sind Quartierskonzepte sowie Analysen und Konzepte zu Smart Cities. Die Landeshauptstadt Dresden untersucht hierzu insb. kommunale Lastverschiebepotenziale, also welche Flexibilität auf kommunaler Ebene bereitgestellt werden kann. Dresden verfügt u.a. durch die ortsansässigen Energieversorger DREWAG und ENSO sowie vielen weiteren Akteuren im Energieumfeld über große Erfahrung und Fachwissen zur Bereitstellung von kommunaler Flexibilität. In den letzten Jahren wurden bereits zahlreiche wichtige Projekte realisiert, wie bspw. das Innovationskraftwerk Reick und der Bau einer Power-to-Heat-Anlage. Zudem ist sowohl die Stadt als auch die lokale Wirtschaft an der Bearbeitung dieser Themen weiterhin stark interessiert und möchte neue Projekte umsetzen. Hierzu wurden in einem Projekt durch den Lehrstuhl für Energiewirtschaft, TU Dresden Flexibilitätspotenziale in Dresden systematisch analysiert. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde mit der Energieverbund Arena ein weiteres vielversprechendes Flexibilitätsprojekt identifiziert. Es konnte in der anschließenden Fallstudie gezeigt werden, dass die Realisierung bereits heute wirtschaftlich vorteilhaft sein kann. Zudem wurde im Rahmen des Projektes ein Leitfaden zur Identifikation von Flexibilitätspotentialen entwickelt, der auch für andere Städte genutzt werden kann.

Die Erstellung der Studie wurde insbesondere durch DREWAG, ENSO und die Stadt Dresden im Rahmen von Expertenworkshops sowie durch die Bereitstellung von Daten und Informationen unterstützt. Wir möchten uns recht herzlich für die freundliche Unterstützung, insbesondere bei der Bearbeitung des Themas kommunale Lastverschiebepotenziale bedanken.

Carl-Philipp Anke, Constantin Dierstein, Dirk Hladik und Dominik Möst

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen	VI
Tabellen VII	
Abkürzungen	VIII
1 Zusammenfassung.....	1
2 Einleitung.....	3
3 Überblick zu Dresden.....	5
3.1 Energieverbrauch der Stadt Dresden.....	6
3.2 Segmentierung der Energieverbraucher	8
3.3 Exkurs: Projektvorstellung WindNODE.....	10
4 Methodischer Ansatz zur Bewertung von Flexibilitätspotentialen	12
4.1 Bewertung von Flexibilitätspotentialen mittels des Analysewerkzeuges	12
4.2 Technologiespezifische Bewertungskriterien	13
4.3 Standortbezogene Bewertungskriterien	17
4.4 fSegmentierung von Flexibilitätspotenzialen.....	19
5 Flexibilitätspotentiale in Dresden	20
5.1 Segmente und identifizierte Einrichtungen.....	20
5.2 Gewichtung der Bewertungskriterien	20
5.3 Priorisierung möglicher Flexibilitätspotentiale und Ergebnisse	21
5.4 Kriterienstabilität der priorisierten Flexibilitätspotentiale	22
5.5 Bereits umgesetzte Flexibilitätspotentiale.....	24
5.6 Handlungsempfehlungen für die Stadt Dresden.....	26
6 Fallstudie – Energiegrobkonzept für die EnergieVerbund Arena	28
6.1 Vorstellung der EnergieVerbund Arena.....	28
6.2 Entwicklung eines Energiegrobkonzeptes für die EnergieVerbund Arena.....	31
6.3 Wirtschaftlichkeit des Energiegrobkonzeptes.....	33
7 Literaturverzeichnis	36
Schriften des Lehrstuhls für Energiewirtschaft, TU Dresden.....	1

Abbildungen

Abbildung 1: Ausgewählte Unternehmen im Spannungsfeld Energiewende [eigene Darstellung].....	6
Abbildung 2: Verteilung des Endenergieverbrauches nach Verbrauchergruppen 2010 [3].....	6
Abbildung 3: Energiekostenverteilung in Dresden 2010 [3].....	7
Abbildung 4: Abschätzung des Stromverbrauchs für große Abnehmer [eigene Darstellung]	8
Abbildung 5: Segmentierung der Landeshauptstadt Dresden [eigene Darstellung].....	9
Abbildung 6: Auf dem Weg zu 100% Erneuerbaren Energien [9].....	10
Abbildung 7: Kurzüberblick WindNODE [eigene Darstellung]	11
Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der Methodik zur Berechnung der Bewertung von Flexibilitätspotentialen [Eigene Darstellung].....	13
Abbildung 9: Übersicht der Ergebnisse der Szenarien [eigene Darstellung]	23
Abbildung 10: Entwicklung des Energiebezugs von 2014 bis 2017 in GWh [eigene Darstellung].....	29
Abbildung 11: Lastgang des Stromverbrauches [eigene Darstellung]	30
Abbildung 12: Aufteilung des Verbrauches elektrischer Energie im Jahr 2014 [eigene Darstellung]..	30
Abbildung 13: Lastgang des Gasverbrauches [eigene Darstellung]	31
Abbildung 14: Übersicht der Maßnahmen des Energiegrobkonzeptes [Eigene Darstellung]	32

Tabellen

Tabelle 1: Technologiespezifische Bewertungskriterien.....	16
Tabelle 2: Standortspezifische Bewertungskriterien.....	18
Tabelle 3: Priorisierte Short-List von Flexibilitätsmaßnahmen	21
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Gewichtung der Kriterien in den verschiedenen Szenarien	23
Tabelle 5: Kennzahlenvergleich.....	35

Abkürzungen

BHKW	Blockheizkraftwerk
°C	Grad Celsius
Bspw.	Beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
EE	Erneuerbare Energien
EMS	Energiemanagementsystem
EUR	EURO
ggf.	gegebenenfalls
GuD	Gas- und Dampfturbine
GWh	Gigawattstunde
Insb.	Insbesondere
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
m ²	Quadratmeter
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MW	Megawatt
PV	Photovoltaik
u.a.	Unter anderem
usw.	und so weiter
z.B.	zum Beispiel

1 Zusammenfassung

Mit steigenden Anteilen wetterabhängiger Einspeisung aus erneuerbaren Energien steigt der Bedarf an Flexibilität im Stromsystem. Das Verbundprojekt WindNODE adressiert dieses Thema und wird vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) als ein "Schaufenster intelligente Energie" gefördert. Gezeigt wird ein Netzwerk flexibler Energienutzer, die ihren Stromverbrauch nach dem schwankenden Angebot von Wind- und Sonnenkraftwerken ausrichten können. Im Rahmen des Verbundprojektes WindNODE wurde der Lehrstuhl für Energiewirtschaft der TU Dresden innerhalb eines Unterauftrages mit dem Teilprojekt beauftragt, eine Studie zu Potentialen der Energieeinsparung und Flexibilisierung des Energieverbrauchs von Unternehmen und kommunalen Einrichtungen in der Landeshauptstadt Dresden zu erstellen. Dabei sollten ausgewählte Standorte zum Heben von Potentialen priorisiert und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden. Der Beirat, der für die übergreifende Projektsteuerung verantwortlich ist, hat nach der Präsentation erster Zwischenergebnisse im Projekt-Kickoff gemeinsam mit dem Projektteam entschieden die Zielsetzung der Begleitstudie leicht anzupassen. Der Fokus liegt nun auf der Entwicklung eines Analysewerkzeuges, welches die Möglichkeit bietet, Flexibilitätsoptionen in Städten zu bewerten.

Bisher gibt es kaum wirtschaftliche Anreize für Stromverbraucher ihren Strombezug an die Stromerzeugung EE anzupassen, auch Lastverschiebung genannt oder Flexibilitäten (mit Ausnahme von Regelleistung) bereitzustellen. Aktuelle Studien zu Flexibilitäten für Energiesysteme zeigen ein komplexes Bild aus einer Vielzahl an Flexibilitätsoptionen und –potentialen, aber geben lokalen Entscheidungsträgern wenig Orientierung, wie ihre Kommune einen Beitrag zur Energiewende und zur Bereitstellung von Flexibilität leisten kann.

Die vorliegende Studie stellt eine Methodik inkl. eines Excel-basierten Analysewerkzeuges vor, wie mit Hilfe eines einfachen zweistufigen Bewertungsprozesses die verschiedenen lokalen Flexibilitätsoptionen vergleichbar gemacht werden können. Das Ergebnis ist eine vergleichende Bewertung der Flexibilitätsoptionen, die eine Orientierung gibt, welche Flexibilitätsoptionen lohnend erscheinen, realisiert zu werden. Diese Flexibilitätsoptionen sollten anschließend im Detail betrachtet werden. Das Vorgehen zur Bewertung der Flexibilitätsoptionen wird für die Landeshauptstadt Dresden exemplarisch durchgeführt, ist aber auf andere Kommunen übertragbar.

Alle analysierten Flexibilitätsoptionen werden in der ersten Stufe anhand technologiespezifischer Kriterien bewertet. Es wird der Prozess oder die Technologie bewertet, die die Flexibilität bereitstellt wie z.B. eine Belüftungsanlage in Bürogebäuden. Anschließend werden in der zweiten Stufe standortspezifische Kriterien bspw. die Unterstützungsbereitschaft bewertet. Weiterhin lassen sich in dem entwickelten Analysewerkzeug die einzelnen Kriterien gewichten, damit auch individuelle kommunale Besonderheiten berücksichtigt werden können. Die technologiespezifischen und die standortspezifischen Bewertungen werden in einer Gesamtbewertung zusammengefasst.

Das Ergebnis der Untersuchung der Flexibilitätsoptionen für Dresden zeigt, dass insb. große Flexibilitätspotenziale bereits gehoben sind bzw. aktuell realisiert werden. Das sind u.a. das

Innovationskraftwerk Reick, der Elektrodenheizkessel inkl. Wärmespeicher sowie BHKWs, die in virtuelle Kraftwerke eingebunden sind und so Regelleistung anbieten. Weiterhin verfügt Dresden mit dem GuD-Kraftwerk Nossnerbrücker über eine relativ große und flexible Anlage, die Dresden in Koppelproduktion mit Strom und Fernwärme versorgt.

Zudem wurden im Rahmen des Projektes vier Bereiche identifiziert, in denen Dresden durch die Realisierung neuer Projekte einen Beitrag zu Energiewende leisten kann und dem Energiesystem kommunale Flexibilität zur Verfügung stellen kann. Das sind insbesondere „Sportstätten/Bäder“, „Lebensmittelversorgung“, „Büro-/Dienstleistungsgebäude“, und „Klärwerke“. Weiterhin zeigt eine Analyse der Stabilität der Gewichtungsfaktoren, dass die genannten Flexibilitätsoptionen auch gute Bewertungen in zwei untersuchten Extremszenarien erzielen. Die Extremszenarien gewichten Kriterien stark, die auf Wirtschaftlichkeit bzw. Akzeptanz einer Flexibilitätsoption wirken.

Hinter dem Bereich „Sportstätten/Bäder“ steht in dieser Studie für Dresden die EnergieVerbund Arena, eine Wettkampf- und Trainingsstätte für Eissport. Diese wird im Rahmen einer Fallstudie näher analysiert und ein Grobenergiekonzept entwickelt. Kernelement ist die Erhöhung der energetischen Eigenversorgung mit Hilfe moderner, umweltfreundlicher und dezentraler Anlagentechnik. So soll ein neues BHKW sowohl Wärme als auch Strom für die EnergieVerbund Arena bereitstellen. Weiterhin sollen vorhandene Flächen genutzt werden, um PV-Anlagen zu installieren. Der wesentliche Teil des in der PV-Anlage erzeugten Stroms kann selbstverbraucht werden, da ein Batteriespeicher kurzfristige Überschüsse einspeichert. Der Batteriespeicher ermöglicht weiterhin, dass Lastspitzen vermieden werden und reduziert so die Kosten für Anschlussleistung. Über Ladesäulen für Elektromobilität kann ebenfalls der Verkehrssektor in das Grobenergiekonzept eingebunden werden und ermöglicht damit die Kopplung der Sektoren Strom und Verkehr. Damit das Energiesystem der EnergieVerbund Arena immer reibungslos funktioniert und auf einem zukünftigen Flexibilitätsmarkt aktiv Flexibilität anbieten kann, wird ein Energiemanagement vorgeschlagen. Dabei handelt es sich um die Schaltzentrale, in der alle Informationen der einzelnen Komponenten des Energiesystems zusammenlaufen und die das Gesamtsystem optimiert. Eine erste Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, dass durch das neue System Energiekosten in Höhe von 90.000 EUR jährlich eingespart werden können. Dem gegenüber stehen Investitionen in Höhe von ca. 800.000 EUR. Daraus ergibt sich eine grobe Amortisationszeit von 9 Jahren. Es wird empfohlen die Wirtschaftlichkeitsanalyse weiter zu verfeinern und eine dynamische Investitionsrechnung durchzuführen. Wenn die Wirtschaftlichkeit dort ebenso bestätigt wird, dann sollte das Grobkonzept realisiert werden.

2 Einleitung

Im Rahmen des Projektes WindNODE¹ wurde der Lehrstuhl für Energiewirtschaft der TU Dresden innerhalb eines Unterauftrages mit dem Teilprojekt beauftragt, eine Studie zu Potentialen zur Energieeinsparung und Flexibilisierung des Energieverbrauchs von Unternehmen und kommunalen Einrichtungen in der Landeshauptstadt Dresden zu erstellen. Dabei sollten ausgewählte Standorte zum Heben von Potentialen priorisiert und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden. Nachdem die ersten Erkenntnisse im Projekt-Kickoff dem Beirat des Projektes, der das Projekt übergreifend steuert, vorgestellt wurden, ist die Zielsetzung des Projektes durch den Beirat leicht angepasst worden, hin zur Entwicklung eines Analysewerkzeuges, welches die Möglichkeit bietet, Flexibilitätsoptionen in Städten zu ermitteln.

Als Flexibilität wird die Fähigkeit bezeichnet, die eigene Nachfrage nach elektrischer Energie oder die Erzeugung elektrischer Energie kurzfristig zu verändern. Das kann entweder Erhöhung/Absenkung der Nachfrage (Peak cutting/ lifting) oder durch zeitliche Verschiebung der Nachfrage nach elektrischer Energie (Peak shifting) sein. Diese von den Verbrauchern bereitgestellte Flexibilität kann dazu genutzt werden das Energiesystem auszugleichen, da Angebot und Nachfrage zu jeder Zeit übereinstimmen müssen. Im weiteren Verlauf des Berichtes werden die Begriffe Flexibilitätspotential und Lastverschiebepotential synonym verwendet. Da die Verbraucher überwiegend am Verteilnetz angeschlossen sind, welches innerhalb von Kommunen für die Verteilung von elektrischer Energie sorgt, ermöglicht das hier entwickelte Analysewerkzeug insbesondere die Möglichkeit Flexibilitätsoptionen auf kommunaler Ebene zu untersuchen. Kommunen können in Zukunft die lokale Vernetzung nutzen, um die Hebung von Flexibilitätspotentialen voran zu treiben. Zudem sind Kommunen meist Eigentümer von regionalen Stromversorgern und betreiben mit Sporthallen, Schwimmbädern, Krankenhäusern usw. auch vergleichsweise große Verbraucher. Auf diese Verbraucher haben die Kommunen direkten Einfluss und können Pilotprojekte starten.

Neben der Erstellung des Analysewerkzeuges wird dieses auch im Rahmen dieser Begleitstudie auf die Stadt Dresden angewandt um vielversprechende Bereitsteller für Flexibilität in Dresden näher zu betrachten.

Im Rahmen dieses WindNODE Teilprojektes (siehe Kapitel 3.3) der Stadt Dresden wurde in einem ersten Schritt die Ist-Situation des Energieverbrauchs insb. elektrischer Energie aufgenommen und analysiert (siehe Kapitel 3.1). Anschließend wurden die Energieverbraucher segmentiert (siehe Kapitel 3.2). Weiterhin wurde ein Excel-basiertes Analysewerkzeug entwickelt, um mögliche Flexibilitätspotentiale auf lokaler Ebene hinsichtlich ihrer Relevanz zu untersuchen (siehe Kapitel 4). Ziel ist es lokalen Entscheidungsträgern ein Framework bereit zustellen, um sich der Thematik Flexibilität auf lokaler Ebene anzunähern und geeignete Pilotprojekte zu identifizieren. Das

¹ Weitere Informationen unter: www.windnode.de

Analysewerkzeug wird exemplarisch für Dresden eingesetzt und damit die für Dresden prioritären Flexibilitätspotentiale identifiziert (siehe Kapitel 5.3). Diese werden anschließend ausgewertet und Handlungsempfehlungen für die Landeshauptstadt Dresden abgeleitet. Zudem findet sich im vorliegenden Abschlussbericht auch eine Würdigung der bereits realisierten Flexibilitätspotentiale.

3 Überblick zu Dresden

Mit rund 550.000 Einwohnern ist die Stadt Dresden die zweitgrößte Stadt des Freistaates Sachsen und seit 1990 dessen Landeshauptstadt. Die Stadt ist ein wichtiges Dienstleistungs- und Verwaltungszentrum und zudem ein ausgeprägter Industriestandort. Weiterhin sind in Dresden bedeutende Kultur- und Bildungseinrichtungen angesiedelt, wie die TU Dresden und die Hochschule für Technik und Wirtschaft.

Die Struktur der Wirtschaft in Dresden ist stark mittelständisch geprägt. Nur knapp 100 der über 22.000 ansässigen Unternehmen haben mehr als 250 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte. Trotzdem haben die Großunternehmen rund ein Drittel der rund 235.000 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer angestellt. Wichtige Standbeine der Wirtschaft in Dresden sind dabei die Mikroelektronikbranche, Softwareindustrie, die Flugzeugindustrie, das Druckwesen sowie der Maschinen- und Anlagenbau [1], [2].

Weiterhin haben die Themen Energiewende und Nachhaltigkeit eine wichtige Bedeutung für Dresden, da sie aufgrund ihres Querschnittscharakters alle Unternehmen betreffen. Ferner ist Dresden seit 1994 Mitglied in dem Klima-Bündnis, einem Netzwerk europäischer Kommunen, das sich zum Ziel gesetzt hat, alle 5 Jahre den CO₂ Ausstoß um 10% zu reduzieren.

Im Energiesektor sind in Dresden Unternehmen aller wesentlichen Bereiche vertreten. Diese umfassen neben Unternehmen, welche für die Stromversorgung im Allgemeinen zuständig sind, auch Unternehmen die Erneuerbarer Energien projektieren sowie Applikationen und Lösungen zur Energieeffizienz. Darüber hinaus ist Dresden durch die enge Verzahnung mit IT-Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen grundlegend gut für zukünftig relevante Bereiche, wie E-Mobility und Digitalisierung, aufgestellt (siehe Abbildung 1). In der vorliegenden Studie wird unter dem Energiebereich die Summe der Wirtschaftszweige verstanden, die neben der klassischen Stromversorgung einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. Die Stadt Dresden ist über die Holding Gesellschaft Technische Werke Dresden als Mehrheitsgesellschafter an den beiden regionalen Energieversorgern DREWAG - Stadtwerke Dresden GmbH und ENSO Energie Sachsen Ost AG beteiligt. Diese versorgen fast eine Millionen Kunden mit Strom, Gas und Wärme. Dazu betreiben sie neben Energieerzeugungsanlagen auch Verteilnetze und stellen somit die zuverlässige Versorgung mit Strom, Gas und Wärme sicher. Zudem haben sich viele Unternehmen der weiteren Energiebereiche in Dresden angesiedelt. Viele davon sind Mitglied im Netzwerk Energy Saxony, das seinen Sitz in der Landeshauptstadt hat. Ziel ist es die Mitglieder zu vernetzen und so die Entwicklung und Vermarktung von sächsischer Spitzentechnologie im Energiebereich voranzutreiben.



Abbildung 1: Ausgewählte Unternehmen im Spannungsfeld Energiewende [eigene Darstellung]

In den folgenden Unterkapiteln wird ein Überblick zum Energieverbrauch in Dresden gegeben sowie eine Segmentierung der Verbraucher vorgenommen.

3.1 Energieverbrauch der Stadt Dresden

Im ersten Schritt wird der Endenergieverbrauch der Stadt Dresden aufgeschlüsselt und nach den Verbrauchergruppen Haushalte, Unternehmen & öffentliche Einrichtungen sowie dem Anwendungszweck: Wärme, Strom, Verkehr/Mobilität dargestellt. (vgl. Abbildung 2)

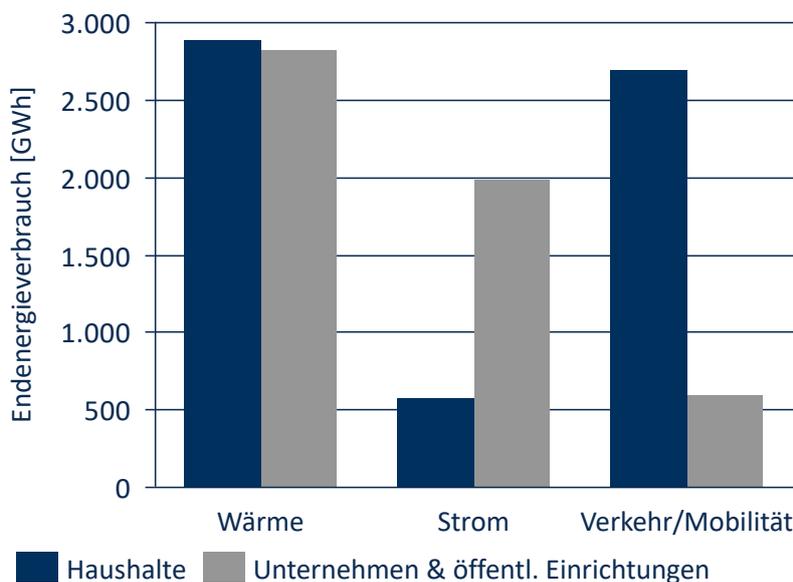


Abbildung 2: Verteilung des Endenergieverbrauches nach Verbrauchergruppen 2010 [3]

Insgesamt werden jährlich ca. 11.500 GWh Endenergie in Dresden verbraucht (2010). Diese verteilen sich zu etwa gleichen Teilen auf Privathaushalte (53%) und die Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen (47%). Die Verteilung des Endenergieverbrauchs über die Anwendungszwecke ist unterschiedlich: Zwar ist der Wärmebedarf von je ca. 2.800 GWh für Privathaushalte sowie Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen in einer ähnlichen Größenordnung, aber im Stromsektor verbrauchen Unternehmen und öffentliche Einrichtungen etwa vier Mal mehr Energie als Privathaushalte (ca. 500 GWh). Dahingegen ist der Verbrauch im Bereich Verkehr/Mobilität der Haushalte etwa fünfmal so groß wie der der Unternehmen und öffentliche Einrichtungen (ca. 500 GWh) [3].

Der Verbrauch von Energie ist für Haushalte sowie Unternehmen und öffentliche Einrichtung mit erheblichen jährlichen Kosten in Höhe von ca. einer Mrd. EUR verbunden. Davon tragen die Haushalte etwa 57% und die Unternehmen und öffentliche Einrichtungen die restlichen 43%. Analog zu den hohen Stromverbräuchen ergeben sich für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen vergleichsweise hohe jährliche Kosten für Strom (über 300 Mio. EUR), bei den Haushalten überwiegen dagegen die Kosten für Wärme (ca. 250 Mio. EUR) und Verkehr (ca. 250 Mio. EUR). Eine Übersicht zur Energiekostenverteilung befindet sich in Abbildung 3. Gerade für Unternehmen und insbesondere für den Mittelstand sind die Energiekosten in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Energie stellt inzwischen einen relevanten Kostenfaktor dar und die Mehrheit mittelständischer Unternehmen hat in der Vergangenheit Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bzw. zur Energiekosteneinsparung umgesetzt [4].

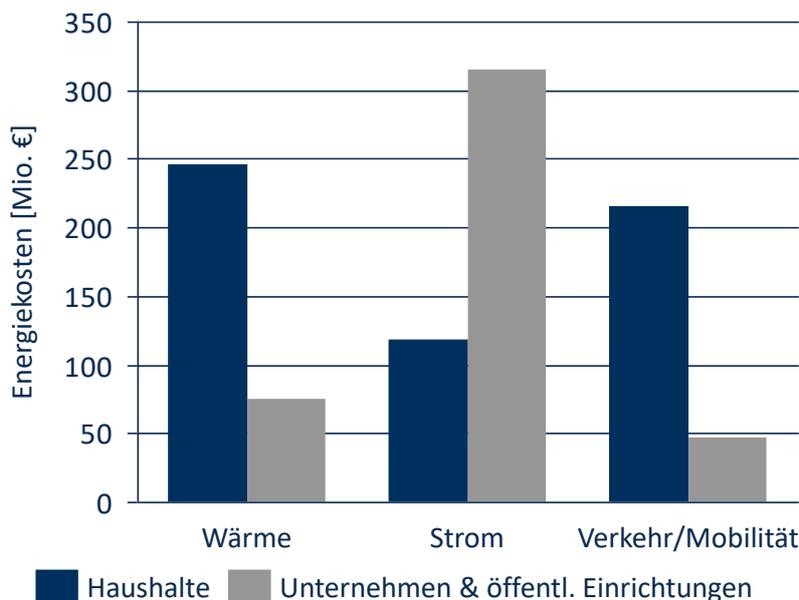


Abbildung 3: Energiekostenverteilung in Dresden 2010 [3]

Eine Besonderheit der Stadt Dresden stellt der vergleichsweise sehr hohe Fernwärmeanteil bei der Wärmeversorgung von Wohngebäuden dar. 45% des Dresdner Wohnungsbestandes wird über Fernwärme versorgt [5]. Dahingehend liegt der Bundesdurchschnitt bei lediglich 13,7% [6].

Im weiteren Verlauf der Studie wird nur noch der Stromsektor betrachtet, da Flexibilität in den Bereichen Verkehr/Mobilität und Wärme eine untergeordnete Rolle spielen. Die Bereiche Mobilität und Wärme werden aber im Rahmen der Sektorkopplung weiterhin berücksichtigt.

Für die spätere Segmentierung sind die größten Stromverbraucher in der Landeshauptstadt Dresden anhand von Branchenkennzahlen, Haushaltsgößen und Wohnungsbestand abgeschätzt (siehe Abbildung 4). Die zehn größten Verbraucher sind für etwa 25% des gesamten Stromverbrauchs verantwortlich. Die Gruppe ist sehr heterogen in Bezug auf die Prozesse, die für den Stromverbrauch verantwortlich sind, so dass eine Segmentierung nach Größe nicht sinnvoll erscheint.

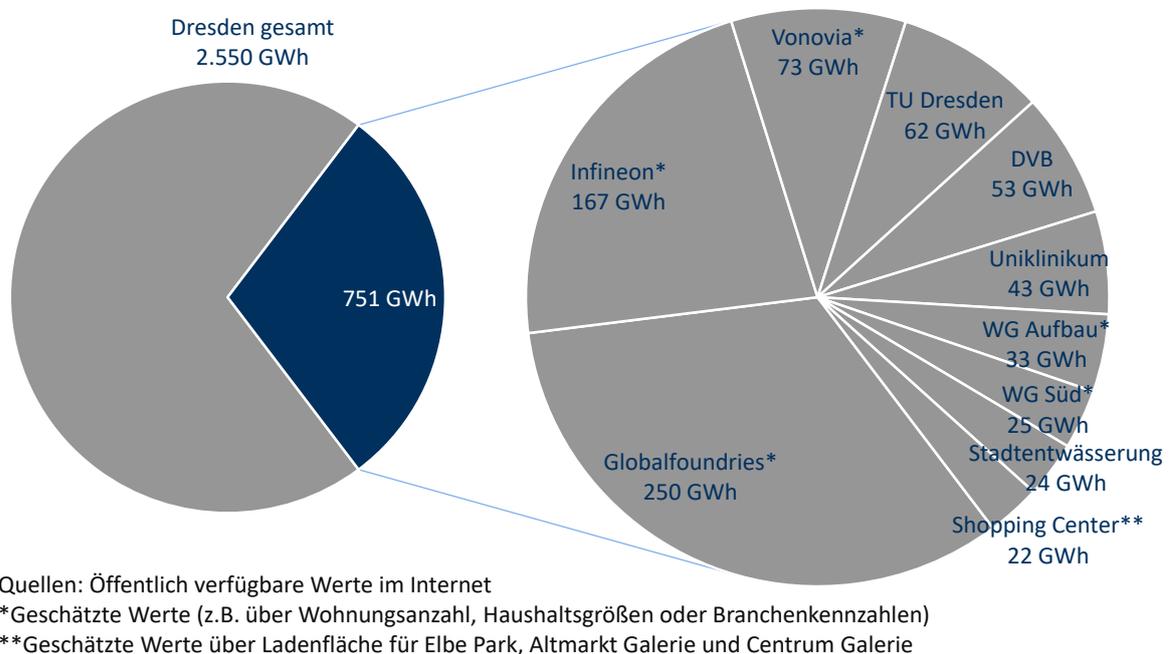


Abbildung 4: Abschätzung des Stromverbrauchs für große Abnehmer [eigene Darstellung]

3.2 Segmentierung der Energieverbraucher

Um möglichst allgemeine Aussagen über prioritär zu untersuchende Flexibilitätspotentiale tätigen zu können, sollen Verbraucher im Rahmen der Segmentierung zusammengefasst werden. Ziel der Segmentierung ist es insbesondere kommunale Strukturen abzubilden. Die erste Segmentierung in die Verbrauchergruppen Haushalte, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen wurde ausgeweitet, um die Flexibilitätspotenziale aller möglichen lokalen Akteure besser abschätzen zu können. Insgesamt werden die kommunalen Stromverbraucher in sieben Segmente eingeteilt (siehe Abbildung 5). Da im Rahmen des Projektes insbesondere kommunale Lastverschiebepotentiale im Vordergrund stehen, werden Haushalte im weiteren Verlauf der Studie vernachlässigt.

Für die Bewertung von kommunalen Flexibilitätspotentialen wird ein Excel-basiertes Analysewerkzeug entwickelt, das in Kapitel 4 vorgestellt wird. Zur besseren Übertragbarkeit des Analysewerkzeuges zur Bewertung von Flexibilitätspotentialen einer Stadt auf andere Anwendungsfälle (in der Regel Städte), werden Haushalte weiterhin als eigene Kategorie aufgeführt und im Analysewerkzeug weiterhin berücksichtigt.

Segmente

	Industrie
	Gewerbe, Handel & Dienstleistung
	Forschungseinrichtungen
	Ver- & Entsorgung
	Öffentliche Dienstleistungen
	Haushalte ¹⁾
	Verkehr



1) Haushalte werden im Rahmen der Begleitstudie nicht weiter berücksichtigt

Abbildung 5: Segmentierung der Landeshauptstadt Dresden [eigene Darstellung]

Weiterhin werden folgende Segmente in der vorliegenden Studie berücksichtigt:

- Industrie
- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen
- Forschungseinrichtungen
- Ver- & Entsorgung
- Öffentliche Dienstleistungen
- Verkehr

Die **Industrie** umfasst, wie bereits erwähnt, vor allem die Branchen Maschinen- und Anlagenbau, Mikroelektronik, Flugzeugindustrie, Druckwesen und Ernährungswirtschaft [7]. Im Bereich **Gewerbe, Handel & Dienstleistungen** finden sich neben einer Vielzahl an kleinen Akteuren auch größere Akteure wie z. B. die großen Einkaufszentren (Elbepark, Altmarktgalerie usw.). Neben der Technischen Universität Dresden und verschiedenen Hochschulen verfügt die Stadt Dresden über eine großen Anzahl an weiteren **Forschungseinrichtungen**, wie bspw. elf Fraunhofer-Institute, fünf Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft und drei Max-Planck-Institute. Unter dem Bereich **Ver- & Entsorgung** werden

alle Einrichtungen auf dem Gebiet der Energie-, Wasser- und Abfallwirtschaft aggregiert. Im Segment **öffentliche Dienstleistungen** befinden sich neben der öffentlichen Verwaltung auch das Gesundheitswesen. Wichtige Akteure in diesem Bereich sind z. B. der Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement oder auch das Uniklinikum Dresden. Dem Segment **Verkehr** werden alle im Bereich Personen- und Güterverkehr tätigen Unternehmen und Einrichtungen zugeordnet. Als größter Akteur stehen hier die Dresdner Verkehrsbetriebe hervor.

3.3 Exkurs: Projektvorstellung WindNODE

WindNODE ist ein Verbundforschungsprojekt mit über 70 Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Industrie. Ziel des Projektes ist es herauszufinden, wie große Mengen Erneuerbaren Energien in das Energiesystem integriert werden können und wie die dafür benötigte Flexibilität bereitgestellt werden kann. Das Forschungsvorhaben wird von 50Hertz koordiniert, dem Übertragungsnetzbetreiber in den neuen Bundesländern. Zudem befinden sich Unternehmen und Forschungseinrichtungen wie bspw. Siemens, Stromnetz Berlin, Vattenfall, BMW und das Fraunhofer Institut FOKUS in dem Verbundprojekt. Die Unternehmen versuchen ihren Energiebedarf möglichst flexibel aufzustellen, um sich nach dem schwankenden Angebot von Wind- und PV-Anlagen ausrichten zu können. Die Motivation zu dem aufwendigen Forschungsprojekt resultiert aus der Energiewende und den damit verbundenen Zielen der Bundesregierung für das Jahr 2050 [8]. So soll der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung auf über 80% bis zum Jahr 2050 steigen. Weiterhin sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80% im Vergleich zu 1990 reduziert werden.

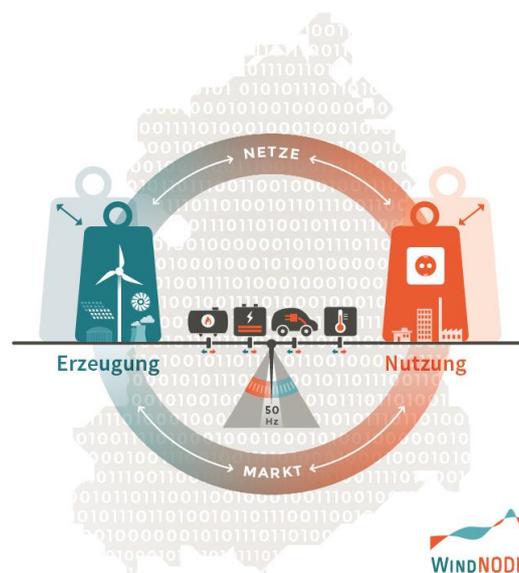


Abbildung 6: Auf dem Weg zu 100% Erneuerbaren Energien [9]

Gegenwärtig erzeugt Deutschland rund einen Drittel seiner elektrischen Energie aus erneuerbaren Energiequellen, wobei die Quellen Sonne und Wind einen bedeutenden Anteil stellen. Jedoch sind diese beiden Quellen nur unregelmäßig verfügbar und Fluktuationen unterworfen. Im schlimmsten Fall stehen

dem Strommarkt weder Solar- noch Windenergie zur Verfügung. Dieser Zustand wird auch als „Dunkelflaute“ (also eine windstille Nacht) bezeichnet. Andererseits kann es an sonnigen und windreichen Tagen in manchen Regionen zu einer vielfachen Überproduktion des eigentlichen benötigten Stroms kommen. Um diesen fluktuierenden Ereignissen entgegen zu wirken, muss die Systemintegration der Erneuerbaren Energien verbessert werden. Dies ist der Garant für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien, weil in einem Stromversorgungssystem das Angebot und die Nachfrage immer im Gleichgewicht sein müssen. Da Wind und Sonne als Energiequellen nur dann genutzt werden können, wenn sie zur Verfügung stehen, muss sich der Strommarkt weg vom Nachfrage-Markt und hin zu einem Angebots-Markt entwickeln. Dies bedeutet, dass aufgrund der Verschlechterung der Steuerungsmöglichkeiten der Energieerzeugung, Stromverbraucher ihren Energiebedarf flexibler gestalten oder deutlich höhere Preise in Kauf nehmen müssen.

WindNODE in Zahlen

- 45 Verbundpartner, ca. 30 assoziierte Partner
- 37 Mio. € Förderung
- 6 Regierungschefs als Schirmherren
- 37 ca. 11 Mio. Stromnetzanschlüsse
- Ca. 50 % des Stromverbrauch aus EE

Abbildung 7: Kurzüberblick WindNODE [eigene Darstellung]

beide Akteure (Erzeuger und Verbraucher) des Energiemarktes, denn der Erzeuger kann dadurch seine Energie einspeisen, wenn sie ihm zur Verfügung steht und der Verbraucher kann im Gegenzug in den Genuss von niedrigeren Stromgestehungskosten kommen. WindNODE wird vom Bundeswirtschaftsministerium als ein „Schaufenster intelligente Energie“ gefördert. Unter der Agenda „Smart City“ arbeitet die Landeshauptstadt Dresden an Themen wie Mobilität, Energieeffizienz und Klimaschutz, um eine Energieversorgung für die Zukunft aufzustellen. Dabei übernimmt Dresden eine aktive Vorreiterrolle und will mit dem Verbundprojekt WindNODE die Eigenbetriebe und ansässigen Unternehmen auf mögliche flexible Leistungspotentiale untersuchen, um weitere Möglichkeiten zur Nutzung von Erneuerbaren Energien zu schaffen. Die Landeshauptstadt Dresden bietet als Standort mit energieintensiven Industrien und mit einem hohen Anteil an Forschungseinrichtungen ein großes Energieeinsparungspotential. Dadurch soll das von der Bundesregierung gesteckte Ziel, den Primärenergieverbrauch bis 2050 um fünfzig Prozent gegenüber 2008 zu senken, erreicht werden.

An diesem Punkt setzt das Verbundprojekt WindNODE an und versucht mit intelligenten Netzwerken eine bestmögliche Abstimmung zwischen Verbrauchern und Erzeugern herbeizuführen. Dabei wird versucht in der Industrie, Gewerbe und Wohnquartieren mögliche flexible Nachfragepotentiale zu identifizieren und zu erschließen. Durch diese Maßnahmen profitieren

4 Methodischer Ansatz zur Bewertung von Flexibilitätspotentialen

Im folgenden Kapitel soll ein Ansatz zur Bewertung von lokalen Flexibilitätspotentialen aufgezeigt werden. Ziel ist es Entscheidungsträgern eine Möglichkeit zu geben, einen strukturierten Überblick über die Flexibilitätspotentiale und Stromverbraucher in der eigenen Kommune zu verschaffen. Weiterhin soll eine Empfehlung gegeben werden, welche Potentiale auf den ersten Blick einfach realisierbar erscheinen und wo eine Realisierung angestrebt werden sollte. Dazu wurde ein Analysewerkzeug entwickelt, welches auf der Software Excel basiert und im Folgenden vorgestellt wird.

Mögliche Lastverschiebepotenziale werden anhand technologiespezifischer und standortspezifischer Kriterien, durch das strukturierte Vorgehen im Rahmen des Analysewerkzeuges, bewertet. Diese Kriterien lassen sich dann einzeln gewichten und anschließend in ein Ergebnis überführen, welches quantifiziert, wie gut eine Flexibilitätsoption im Vergleich zu weiteren Flexibilitätsoptionen ist.

4.1 Bewertung von Flexibilitätspotentialen mittels des Analysewerkzeuges

Das nachfolgende Kapitel dient einerseits zur Darstellung der Funktionen und Umsetzung des Analysewerkzeuges, erfüllt allerdings gleichzeitig auch das Ziel einer Gebrauchsanweisung für die weitere Anwendung des Analysewerkzeuges.

Das Analysewerkzeug zur Bewertung von Flexibilitätspotenzialen besteht im Wesentlichen aus sieben Tabellenblättern, umgesetzt in Excel, die durch Verlinkungen und Makros miteinander verknüpft sind. Auf dem Tabellenblatt *Einführung* wird das Analysewerkzeug dem Nutzer kurz vorgestellt und wichtige Hinweise zur Bedienung gegeben. Das wichtigste Tabellenblatt für den Nutzer ist das Blatt *Übersicht*. Es ist die „Schaltzentrale“ des Anwenders. Hier befindet sich eine Bedienungsanleitung, die die einzelnen Arbeitsschritte detailliert beschreibt. Alle insgesamt sieben Arbeitsschritte lassen sich von diesem Tabellenblatt starten.

Zuerst legt der Nutzer auf dem Tabellenblatt *Dateneingabe* die Betriebsstätten und die jeweils zu betrachtende Flexibilitätsoption für die einzelnen Segmente an und füllt die entsprechenden, gelb hinterlegten Inputzellen manuell mit den benötigten Informationen aus. Danach übernimmt ein Makro automatisch die eingetragenen Daten auf die weiteren Tabellenblätter. Als dritter Schritt erfolgt die Bewertung der standortspezifischen und technologiespezifischen Kriterien der im ersten Schritt definierten Flexibilitätsoptionen. Die dafür zugrunde liegenden Bewertungskriterien werden in den Abschnitten 4.2 Technologiespezifische Bewertungskriterien und 4.3 Standortbezogene Bewertungskriterien näher beschrieben. Für Flexibilitätspotentiale, welchen die Flexibilitätstechnologie/-prozess „Sonstige“ zugeordnet sind, muss die Technologie manuell bewertet werden, da für diese Prozesse/Technologie keine Daten hinterlegt sind. Anschließend erfolgt die Parametrisierung der Gewichtung, welche näher im Abschnitt 5.2 Gewichtung der Bewertungskriterien erläutert wird. Anschließend kann die Berechnung der Ergebnisse gestartet werden. Diese können nun auf dem Tabellenblatt *Ergebnis* eingesehen und ausgewertet werden. In Abbildung 8 wird das Vorgehen zur Berechnung der Bewertung vereinfacht dargestellt.

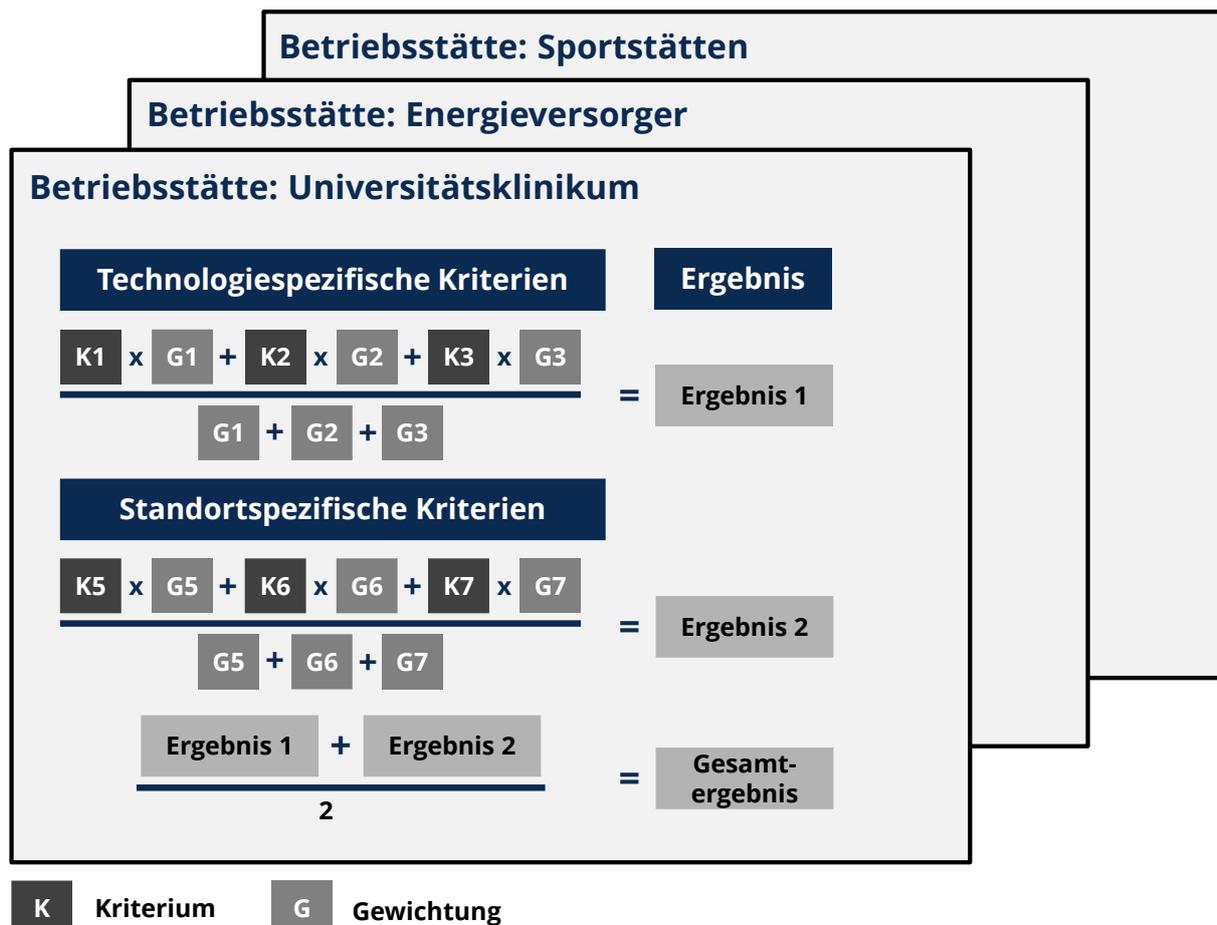


Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der Methodik zur Berechnung der Bewertung von Flexibilitätspotentialen [Eigene Darstellung]

Weitere wichtige Tabellenblätter sind: *Glossar*, *Erläuterung* und *Bewertungsmatrix*. Im *Glossar* werden wesentliche Begriffe erklärt. In den *Erläuterungen* werden die Bewertungskriterien dargestellt und auf dem Tabellenblatt *Bewertungsmatrix* sind die technologiespezifischen Bewertungen hinterlegt. Diese differenzierte Darstellung der einzelnen Bestandteile des Analysewerkzeuges erlaubt dementsprechend eine durch den Nutzer anpassbare Bewertung entsprechend der jeweiligen Bedürfnisse.

Bei der Entwicklung des Analysewerkzeuges wurde großen Wert auf die Nutzerfreundlichkeit sowie einfache Bedienbarkeit gelegt. Damit das erreicht werden kann, wurden verschiedene Makros programmiert, die die Bedienung erleichtern und beim Einsatz des Analysewerkzeuges aktiviert werden müssen.

4.2 Technologiespezifische Bewertungskriterien

Es gibt insgesamt sieben technologische Bewertungskriterien, wobei jedes einzelne immer in eine von vier möglichen Ausprägungen eingestuft werden muss. Diese sieben Bewertungskriterien sind der „Technologische Reifegrad“, die „Umsetzbarkeit: Zeit“, die „Umsetzbarkeit: Regulierung“, die „Rechtlichen Anforderungen“, die „Umsetzbarkeit: Wirtschaftlichkeit“, die „Verschiebbare

Leistung“ und der „**Verschiebungszeitraum**“. Diese werden in der Tabelle 1: Technologiespezifische BewertungskriterienTabelle 1 aufgelistet.

Technologischer Reifegrad

Mit diesem Kriterium werden die Verfügbarkeit und der technische Reifegrad der Technologie bewertet. Die Skala reicht von Technologien, welche sich noch im Forschungsstadium befinden und mit einer eins zu bewerten wären, hin zu Technologien, die sich am Markt etabliert haben. Diese wären dann mit einer vier zu bewerten.

Umsetzbarkeit: Zeit

Hier geht es um die Einstufung der Umsetzbarkeit der Maßnahme in einem vorgegebenen Zeitintervall. Dabei soll realistisch eingeschätzt werden, ob dieses Projekt in unter sechs Monaten zu realisieren ist oder dafür länger gebraucht wird. Die anderen Zeitintervalle reichen dann von sechs bis zwölf Monaten, von zwölf Monaten bis fünf Jahre und bei Großprojekten, die viel Zeit zur Umsetzung benötigen, dann über fünf Jahre. Bewertet wird die Zeitspanne von der Bewertung bis zur Realisierung des Projektes.

Umsetzbarkeit: Regulierung

Dabei gilt es den Regulierungsrahmen für diesen Prozess bzw. diese Technologie zu prüfen und zu identifizieren. Zum einen können die regulatorischen Rahmenbedingungen noch komplett unbekannt sein oder sie befinden sich gerade in der Klärung mit den verantwortlichen Akteuren. Zum anderen können diese Rahmenbedingungen bereits vollständig geklärt sein. Wenn der regulatorische Rahmen bereits fixiert ist, kann weiterhin zwischen einem hohen oder geringem regulatorischen Aufwand unterschieden werden.

Rechtliche Anforderungen

Mit diesem Faktor sollen die rechtlichen Anforderungen an dieses Projekt eingeordnet werden. Dabei ist es möglich, dass es Maßnahmen gibt, die gleich umgesetzt werden können und keine zusätzlichen rechtlichen Einschränkungen besitzen. Jedoch gibt es auch Prozessumstellungen oder Technologien, die eine Änderung der rechtlichen Anforderung mit sich bringen und deshalb mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden sind.

Umsetzbarkeit: Wirtschaftlichkeit

Bei diesem Kriterium soll die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme eingeschätzt werden. Es sollen insbesondere die Opportunitätskosten für die Bereitstellung von Flexibilität berücksichtigt werden. Maßnahmen die einen so hohen Kostenaufwand besitzen, dass eine wirtschaftliche Realisierung nicht möglich ist, werden mit einer eins bewertet. Sollte die wirtschaftliche Realisierbarkeit dahingegen sicher sein, ist diese mit einer vier einzustufen.

Verschiebbare Leistung (technisches Potential)

Die verschiebbare Leistung gibt an, wie viel Prozent der installierten Leistung einer Technologie oder eines Prozesses kurzfristig als Flexibilität zur Verfügung stehen. Die Einstufung erfolgt in 25% Schritten von kleiner 25% bis hin zu einem Bereich von 75 - 100%.

Verschiebungszeitraum (Zeit)

Der Verschiebezeitraum beschreibt den Zeitraum, den eine Flexibilität zur Verfügung steht. Das heißt wie lange bspw. ein Prozess unterbrochen werden kann, um den Energiebedarf kurzfristig zu reduzieren. Zudem sollte dabei auch die Häufigkeit der Bereitstellung des Potentials berücksichtigt werden. Die Bewertung reicht von wenigen Minuten, was mit einer eins zu bewerten ist, oder kann bis hin zu vier Stunden reichen, was mit einer vier einzustufen ist.

	1	2	3	4
Erläuterung	Wie ausgereift bzw. im Markt verfügbar ist die Technologie/der Prozess?	Erste Pilotanlagen realisiert	Erste Produkte/ Technologien im Markt verfügbar	Bereit im Markt etabliert
Technologischer Reifegrad	Wie schnell kann die Maßnahme realisiert werden?	> 1 Jahr < 5 Jahre	> 6 Monate < 1 Jahr	< 6 Monate
Zeitliche Umsetzbarkeit	Wie geeignet ist der Regulierungsrahmen für diese Technologie / den Prozesse?	Regulatorische Bedingungen in Klärung	Geklärt - hohe regulatorische Hürden	Geklärt - geringe regulatorische Hürden
Regulatorische Bedingungen	Bestehen rechtliche Anforderungen an Eingriffe in den Standardprozess?	sehr hohe rechtliche Anforderungen	Geringe zus. rechtliche Anforderungen	Keine zus. rechtlichen Anforderungen
Gesetzliche Anforderungen	Mit welchem Kostenaufwand (u.a. Brennstoffkosten, Opportunitätskosten usw.) kann die Flexibilität bereitgestellt werden?	Wirtschaftliche Realisierbarkeit nicht möglich	Wirtschaftliche Realisierbarkeit wahrscheinlich	Wirtschaftliche Realisierbarkeit sicher
Wirtschaftlichkeit	Wie hoch ist das technische Potential bezogen auf die flexible Leistung einzuschätzen?	Realisierbarkeit nicht möglich ≤ 25 %	Realisierbarkeit fraglich 51 - 75 %	Realisierbarkeit sicher ≥ 76 %
Verschiebbare Leistung (techn. Pot.)	Wie lange und wie häufig kann das technische Potential zur Verfügung gestellt werden?	Bis 5 min	Bis 15 min	Bis 4 Stunden
Verschiebungszeitraum (Zeit)				

Tabelle 1: Technologiespezifische Bewertungskriterien

4.3 Standortbezogene Bewertungskriterien

Bei den standortbezogenen Bewertungskriterien gibt es insgesamt vier Bewertungskriterien mit vier Ausprägungen. Diese vier Bewertungskriterien sind das „**Am Standort vorhanden**“ sein, das „**Technische Potential**“, der „**Realisierungsaufwand**“ und die „**Unterstützungsbereitschaft**“. Diese werden in der Tabelle 2 aufgeführt und sind im Folgenden beschrieben.

Am Standort vorhanden

Bei dem ersten Bewertungsfaktor ist eine Besonderheit zu beachten, denn dieser prüft, ob die Technologie bzw. der Prozess an dem jeweiligen Standort vorhanden ist. Somit gibt es auch nur zwei Einstufungsmöglichkeiten. Zum einen null für nicht vorhanden am Standort und zum anderen eine eins für vorhanden.

Technisches Potential (P)

Hier geht es um die Einstufung des erschließbaren Leistungspotentials am Standort. Dabei sollte diese Maßnahme ein flexibles und steuerbares Potential erschließen und ist bei einem Leistungswert unter zehn Kilowatt mit einer eins zu bewerten. Bei einem Potential von 10 bis 50 Kilowatt mit einer zwei, bei 50 bis 500 Kilowatt mit einer drei und bei mehr als 500 mit einer vier einzuschätzen.

Realisierungsaufwand

Mit diesem Faktor soll ein Überblick über den generellen Aufwand einer Prozessanpassung gegeben werden und ob eine intelligente Steuerung bei der aktuellen Technologie vorhanden ist. Dabei stecken hinter dem Realisierungsaufwand unter anderem die Genehmigungsverfahren, Umbauten, Nachrüstungen und Kosten. Treffen beide Punkte nicht zu, also sind weder eine intelligente Steuerung noch eine Prozessanpassung nötig, dann ist dieser Bewertungspunkt mit einer drei einzustufen.

Unterstützungsbereitschaft

Bei der Unterstützungsbereitschaft soll die Bereitschaft zur Umsetzung dieser Maßnahme der verantwortlichen Akteure eingeschätzt werden. Hierbei sind Projekte höher zu bewerten, welche einem Akteur zugeordnet werden können, welcher bereits Interesse an einem entsprechenden Projektvorhaben bekundet hat oder konkrete wirtschaftliche oder rechtliche Gesichtspunkte für eine notwendige Beteiligung sprechen. Je konkreter dies ausfällt, desto höher ist der einzutragende Wert. Projekte mit Akteuren, welche kaum Initiative zeigen, sind mit eins zu bewerten.

	1	2	3	4
Am Standort vorhanden? (1/0)	Technologie am Standort vorhanden	Nicht möglich	Nicht möglich	Nicht möglich
Technisches Potenzial (P)	Wie ausgereift bzw. im Markt verfügbar ist die Technologie? (es gibt doch nur ein Ja oder Nein?) Wie hoch wird das erschließbare Leistungspotential (flexibel steuerbar) am Standort eingeschätzt?	<10 kW >10 kW <50 kW	>50 kW <500 kW	>500 kW
Realisierungsaufwand	Wie hoch wird der Realisierungsaufwand eingeschätzt (Sind Prozessanpassungen notwendig bzw. ist eine intelligente Steuerung bereits vorhanden) ?	-Prozessanpassung notwendig -Keine intelligente Steuerung vorhanden	-Prozessanpassung notwendig -Keine intelligente Steuerung vorhanden	-Prozessanpassung nicht notwendig -Intelligente Steuerung vorhanden
Unterstützungsbereitschaft	Wie hoch wird die Bereitschaft betroffener Akteure eingeschätzt diese Maßnahme zu unterstützen?	Geringe Unterstützungsbereitschaft	Mittlere Unterstützungsbereitschaft	Sehr hohe Unterstützung, bereits vorhandene Zusagen

Tabelle 2: Standortsspezifische Bewertungskriterien

4.4 Segmentierung von Flexibilitätspotenzialen

In dem Tabellenblatt „Dateneingabe“ sind die zu betrachtenden Flexibilitäten einzutragen. Dabei gibt es insgesamt sieben Segmente (analog zu Kapitel 3.2), die sich aufteilen in „I. Industrie“, „II. Gewerbe, Handel, Dienstleistung“, „III. Forschungseinrichtungen“, „IV. Versorgung/Entsorgung“, „V. Öffentliche Dienstleistungen“, „VI. Haushalte“ und „VII. Verkehr“. In der Spalte Segmente erfolgt die Einsortierung der Energieverbraucher auf kommunaler Ebene in eine Gruppe und stellt diese systematisch dar. Diese Segmente werden dann in der Spalte „Lokale Akteure“ präzisiert und anschließend ist darüber zu entscheiden, ob schon Flexibilitätstechnologien/-prozesse vorhanden sind und diese auch vermarktet werden oder nicht. Unter den „Lokalen Akteuren“ lassen sich standortspezifische Unternehmen oder Einrichtungen verstehen. Im Abschnitt „Kategorie“ ist den in den Segmenten identifizierten individuellen Flexibilitätstechnologien eine Technologie zuzuordnen und festzulegen, um was für einen Prozess es sich handelt, wie z.B. ob es eine Belüftung, Pumpe oder Elektromobil ist.

5 Flexibilitätspotentiale in Dresden

5.1 Segmente und identifizierte Einrichtungen

In dem vorliegenden Kapitel werden die für Dresden aufgenommen Akteure der einzelnen Segmente kurz vorgestellt. Im Segment „I. Industrie“ tritt die Firma Infineon Technologies Dresden GmbH, welche mit über 2.000 Mitarbeitern einer der größten industriellen Arbeitgeber der Region ist, als Paradebeispiel für den Industriezweig der Mikroelektronik auf. Mit Prinovis ist einer der größten Druckdienstleister mit einem Standort in Dresden vertreten und besitzt mit seinen Blockheizkraftwerken eine Art Flexibilitätstechnologie und vermeidet damit mehrere hundert Tonnen CO₂ – Emissionen.

Das Segment „II. Gewerbe, Handel, Dienstleistung“ ist von den vorherrschenden Bedingungen in Bezug auf Flexibilitätspotenziale oft sehr ähnlich, weshalb diese sich in zwei Gruppen aufteilen lassen. Zum einen hat man Büro-/Dienstleistungsgebäude oder Lebensmittelversorgung (Supermärkte und Lagerhallen), die jeweils immer einen sehr ähnlichen Bedarf an Energie und vorhandener Technologie zum Bedienen dieses Bedarfs haben. Denn oft ist eine Klimatisierung durch Belüftung notwendig, um z.B. die Arbeitsräume von Bürogebäuden zu regulieren oder Lebensmittel kühl zu lagern. Genauso verhält es sich bei den Segmenten „III. Forschungseinrichtungen“ und „V. Öffentliche Dienstleistungen“, die oft eine Klimatisierung für deren Arbeitsräume benötigen. Dabei lassen sich zu den forschungsbezogenen Gebäuden die Hochschulen Dresdens hinzuordnen, genauso wie die vielen Forschungsinstitute, wie die Fraunhofer, Helmholtz und Leibnitz Institute. Als die charakteristischen Vertreter der öffentlichen Einheiten lassen sich unter anderem das Universitätsklinikum, die Dresdner Schulen und Kultureinrichtungen, z.B. der Kulturpalast, welcher den größten Mehrzwecksaal der Stadt Dresden besitzt, aufführen. Eine Besonderheit im Segment fünf, den „Öffentliche Dienstleistungen“ sind die Notstromaggregate als Energieanlagen, die im Gesundheitswesen und in Krankenhäusern zu finden sind. Die Notstromaggregate stellen eine unterbrechungsfreie Versorgung mit Energie sicher, wenn die öffentliche Versorgung unterbrochen ist. Im Segment Verkehr treten die Beförderungsmittel von Personen und Gütern als Flexibilitätsprozess hervor, denn es ist möglich, verschiebbare Leistungspotentiale bei der Elektromobilität zu generieren. Als lokale, regionale Akteure lassen sich die Dresdner Verkehrsbetriebe AG, die DREWAG und die Deutsche Bahn benennen.

5.2 Gewichtung der Bewertungskriterien

Jede Unterkategorie der beiden Bewertungskriterien (technologiespezifisch und standortspezifisch) kann eine eigene Gewichtung erfahren, um deren Bedeutung und Wichtigkeit für die betrachtete Kommune individuell zu priorisieren. Diese Gewichtung wird dann bei der Berechnung des Ergebnisses berücksichtigt.

In der unten beschriebenen Fallstudie sind die Gewichtungsfaktoren für den Standort Dresden wie folgt festgelegt: Mit einer doppelten Gewichtung, also mit dem Faktor zwei, geht der „Technologische Reifegrad“, die „Umsetzbarkeit: Zeit“ und die „Umsetzbarkeit: Wirtschaftlichkeit“ bei den

technologiespezifischen Bewertungskriterien und die „Unterstützungsbereitschaft“ bei den standortspezifischen Bewertungskriterien ein. Diese Faktoren wurden hoch gewichtet, damit Potenziale identifiziert werden, die sich zeitnahe umsetzen lassen und einen gewissen Leuchtturmeffekt haben.

Das „Technische Potential (P)“ bei den standortbezogenen Kriterien erfährt einen Gewichtungsfaktor von 0,5 und das Kriterium, ob diese Technologie am Standort vorhanden ist, ist nicht möglich zu bewerten und somit nicht zu gewichten. Die restlichen Faktoren werden mit einer eins bewertet und gehen deshalb mit keiner überdurchschnittlichen Gewichtung ein.

5.3 Priorisierung möglicher Flexibilitätspotentiale und Ergebnisse

Bei der Analyse von Flexibilitätspotenzialen auf lokaler Ebene sind die folgenden fünf Betriebsstätten an erster Stelle für mögliche weitere Flexibilitätsmaßnahmen: „Sportstätten/Bäder“, „Lebensmittelversorgung“, „Büro-/Dienstleistungsgebäude“, die „Gesundheitswesen/Krankenhäuser“ und „Klärwerke“. Alle Betriebsstätten bzw. die dazugehörigen Flexibilitätstechnologien befinden sich unter den ersten zehn Vorschlägen, welche das Analysewerkzeug ermittelt hat (siehe Tabelle 3). Dabei lässt sich festhalten, dass Notstromaggregate insb. in Krankenhäusern besonderen Auflagen unterliegen, sodass diese im Folgenden nicht weiter berücksichtigt werden.

In den anderen vier Betriebsstätten gibt es mögliche Potentiale, welche einer weiteren Untersuchung bedürfen.

Platzierung	Betriebsstätte	Flexibilitäts-Technologien/-Prozesse	Gesamtbewertung
1	Sportstätten & Bädern	Kälteerzeugung	3.4
2	Lebensmittelversorgung	Lebensmittelkühlung	3.3
3	Büro-/Dienstleistungsgebäude	Kühl- und Gefriertruhen	3.2
4	Sportstätten & Bädern	Klimatisierung	2.8
5	Sportstätten & Bädern	Belüftung	2.8
6	Klärwerk	Abwasserpumpen mit Speicher (z.B. Überlauf)	2.6
7	Klärwerk	Gebläse zur Belüftung Belebungsbecken	2.6
8	Gesundheitswes./Krankenhäuser	Notstromaggregate	2.6
9	Büro-/Dienstleistungsgebäude	Warmwassererzeugung mit Speicher	2.6
10	Büro-/Dienstleistungsgebäude	Wärmepumpen	2.5

Tabelle 3: Priorisierte Short-List von Flexibilitätsmaßnahmen

Bei den „Sportstätten & Bädern“ handelt es sich konkret um die EnergieVerbund Arena. Dort sollte das Flexibilitätspotenzial der Kälteanlagen (für den Betrieb der Eisflächen) näher bestimmt werden. Weitere mögliche Flexibilitäten können durch die Klimatisierung und Belüftung gewonnen werden. Die EnergieVerbund Arena wird im Rahmen der Fallstudie in Kapitel 6 näher untersucht.

Im Rahmen des WindNODE Projektes steht Dresden im engen Austausch mit den anderen Projektpartnern u.a. zu Flexibilitäten im Bereich der Lebensmittelkühlung in Supermärkten. Erste Untersuchungen aus anderen WindNODE Arbeitspaketen haben gezeigt, dass realisierbare Flexibilitätspotentiale eher gering sind und sich eine weitere Analyse zur gegenwärtigen Zeit nicht lohnen. Ferner wird davon ausgegangen, dass sich die Ergebnisse auch auf Lebensmittelkühlung im Allgemeinen übertragen lassen.

Weiterhin hat das Klärwerk der Stadtentwässerung nach der ersten Analyse ein erhebliches kommunales Flexibilitätspotential. Besonders geeignet scheinen die Prozesse zur Belüftung der Belebungsbecken sowie die Abwasserpumpen. Denn der Zeitpunkt der Belüftung kann ggf. variiert werden und somit kann die benötigte Leistung in einen anderen Zeitraum verschoben werden. Zudem könnten Abwasserpumpen zur Bereitstellung negativer Regelleistung genutzt werden, wenn Wasser im Kreis gepumpt wird. Diese kann am Regelleistungsmarkt bereits heute angeboten werden und somit ein wichtiger Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes geleistet werden. Darüber hinaus könnte so eine weitere Ertragsquelle für die Stadtentwässerung erschlossen werden. In Expertenworkshops mit der Stadtentwässerung Dresden wurden mögliche Flexibilisierungsmöglichkeiten diskutiert. Aufgrund der hohen Komplexität der Reinigungsprozesse, der rechtlichen Anforderungen sowie der Tatsache, dass bereits die Prozesse energetisch optimiert wurden, ist hier eine vertiefte Prüfung notwendig, um zu einer belastbaren Aussage zum Flexibilitätspotential zu kommen.

Weiterhin haben Büro-/Dienstleistungsgebäude im Bereich Warmwassererzeugung mit Speicher und der Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen ein relevantes Flexibilitätspotential.

5.4 Kriterienstabilität der priorisierten Flexibilitätspotentiale

Die in der Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse der priorisierten Flexibilitätspotentiale sind auf die Stabilität bei unterschiedlicher Gewichtung der Kriterien hin untersucht, um zu überprüfen, ob die im Rahmen der Studie priorisierten Flexibilitätspotentiale auch in anderen Szenarien (unter anderer Zielgewichtung) eine hohe Bewertung erzielen. Dazu sind zusätzlich zum Basis Szenario (Ausgangsbewertung der Kriterien für die Stadt Dresden) zwei weitere (Extrem-) Szenarien definiert, ein Wirtschaftlichkeitsszenario und ein Akzeptanzszenario. Im auf Wirtschaftlichkeit fokussierten Szenario sind alle Kriterien, die für die Wirtschaftlichkeit relevant sind, hoch und die restlichen Kriterien niedrig gewichtet. Mit dem Szenario wird darauf abgezielt, dass mit der Hebung des Flexibilitätspotentials eine hohe Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann. Dahingegen wird mit dem Akzeptanzszenario auf die Zustimmung von allen Beteiligten zur Umsetzung des Flexibilitätspotentials abgezielt. Dazu werden Kriterien hoch gewichtet, die Einfluss auf die Akzeptanz abbilden. Analog zum Wirtschaftlichkeitsszenario werden die restlichen Kriterien niedrig gewichtet. In der Tabelle 4 wird die Gewichtung der Kriterien der Extremszenarien dem Basisszenario gegenübergestellt.

Technologie-/ Prozessspezifische Kriterien	Referenz/ Basis	Wirtschaftlichkeit	Akzeptanz
Technologischer Reifegrad	2	0,5	2
Zeitliche Umsetzbarkeit	2	0,5	0,5
Regulatorische Bedingungen	1	0,5	0,5
Gesetzliche Anforderungen	1	0,5	2
Wirtschaftlichkeit	2	2	0,5
Verschiebbare Leistung (techn. Pot.)	1	2	0,5
Verschiebungszeitraum (Zeit)	1	0,5	0,5
Standortspezifische Kriterien	Referenz/ Basis	Wirtschaftlichkeit	Akzeptanz
Am Standort vorhanden?	1	1	1
Technisches Potenzial (P)	1	2	0,5
Realisierungsaufwand	2	0,5	2
Unterstützungsbereitschaft	2	0,5	2

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Gewichtung der Kriterien in den verschiedenen Szenarien

Für die beiden Szenarien wurde die Bewertung der Flexibilitätsoptionen auf Basis der spezifischen Gewichtung erneut durchgeführt. Die Ergebnisse der Bewertung werden in Abbildung 9 den Ergebnissen des Basisszenarios gegenübergestellt.

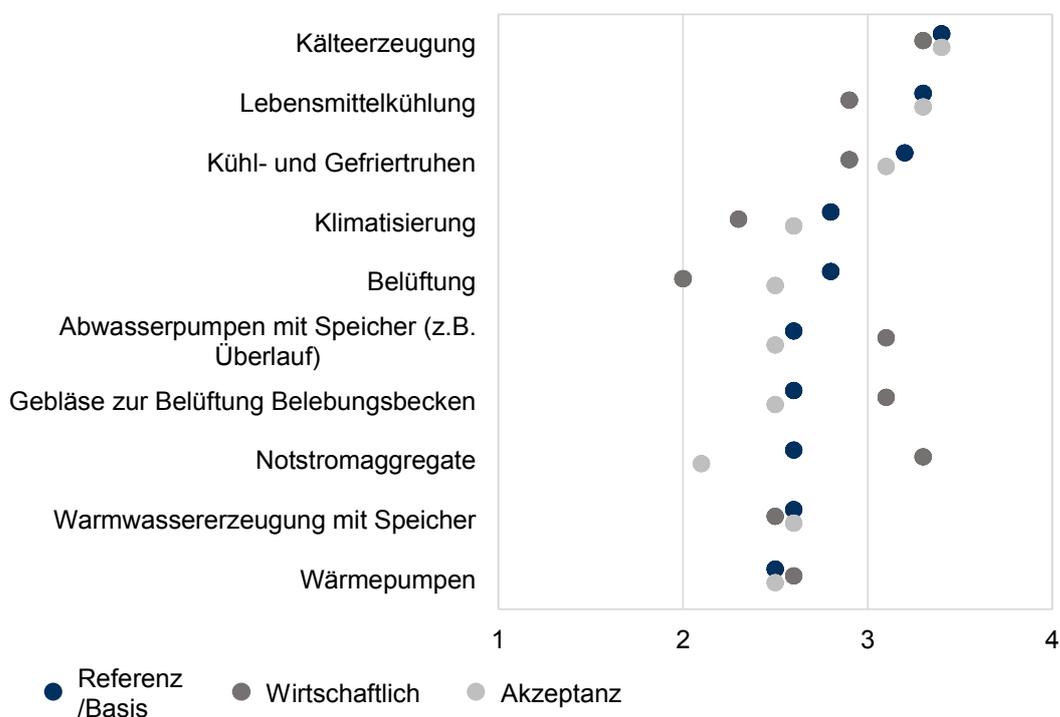


Abbildung 9: Übersicht der Ergebnisse der Szenarien [eigene Darstellung]

Es zeigt sich, dass die Bewertung der Flexibilitätspotenziale stabil ist, da die Bewertungen in den unterschiedlichen Szenarien meist dicht beieinander liegen (siehe Abbildung 9). Alle hier untersuchten (Top 10 des Basis Szenarios) erreichen in beiden Extremszenarien meist gute Werte über 2,5. Im Akzeptanzszenario erreichen die meisten Flexibilitätspotentiale eine ähnliche Bewertung wie im Basisszenario. Nur die Notstromaggregate von Krankenhäuser schneiden deutlich schlechter ab. Dies wird durch das Kriterium der gesetzlichen Anforderungen verursacht, weswegen das Flexibilitätspotential nicht weiter untersucht wird (siehe Kapitel 5.3).

Im Gegensatz zum Akzeptanzszenario weichen die Bewertungen im Wirtschaftlichkeitsszenario teilweise von der Bewertung im Basisszenario ab. Das trifft insb. die Flexibilitätspotentiale von Klimatisierung und Belüftung, da hier das technische Potenzial sowie die verschiebbare Leistung sehr gering sind und die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflussen. Andererseits werden die Flexibilitätspotentiale von Abwasserpumpen, Gebläsen zur Belüftung von Belebungsbecken und Notstromaggregaten deutlich besser bewertet als im Basisszenario, da hier die Hürden durch die rechtlichen und regulatorischen Anforderungen weniger stark berücksichtigt werden. Das Flexibilitätspotential der Kälteerzeugung ist über Szenarien fast identisch und immer das Beste.

Für alle analysierten Flexibilitätsoptionen zeigt sich, dass die Gewichtungskriterien einen geringen Einfluss haben und die Bewertung der Flexibilitätsoptionen stabil ist. Das heißt die analysierten Flexibilitätsoptionen sind grundsätzlich gut geeignet und sind nicht abhängig von der spezifischen Gewichtung.

5.5 Bereits umgesetzte Flexibilitätspotentiale

In Dresden werden insb. durch die DREWAG - Stadtwerke Dresden GmbH (im Folgenden mit „DREWAG“ abgekürzt) bereits mehrere Projekte zur Flexibilisierung der Nachfrage nach elektrischer Energie umgesetzt bzw. sind bereits realisiert. Ein wichtiger Flexibilitätsanbieter ist das moderne GuD Kraftwerk Nossenerbrücke, das in Koppelproduktion Strom und Fernwärme erzeugt. Darüber hinaus werden vier aktuelle Projekte vorgestellt: das Innovationskraftwerk Reick, der Elektrodenheizkessel, BHKWs, die Regelleistung bereitstellen sowie Elektromobilität in Dresden.

Innovationskraftwerk Dresden - Reick

Das Innovationskraftwerk Dresden – Reick ist ein in Dresden gelegenes Heizkraftwerk, welches von der DREWAG betrieben wird. An diesem Standort werden erstmals fossile und erneuerbare Energieerzeugungsanlagen mit Speichern für Wärme und Strom für das Stromnetz verbunden. Dabei besitzt das Kraftwerk eine elektrische Leistung von zwei Megawatt und eine thermische Leistung von 266 Megawatt. Die Anlage erzeugt die Wärme in einem Heizkraftwerk, das mit Erdgas oder Heizöl betrieben wird und elektrische Energie mit einer Photovoltaikanlage. Die Photovoltaikanlage besitzt eine Gesamtfläche von ca. 5000 m² und mit sechs Wechselrichtern werden aus 813 Kilowatt Peak bis zu 600 Kilowatt Wechselstrom gewonnen. Dadurch können in den Sommermonaten ein wesentlicher

Teil des Eigenbedarfes des Kraftwerkes gedeckt werden. Im Jahr 2015 wurde zusätzlich eine Batterie mit zwei Megawatt elektrischer Leistung angeschlossen und ist damit Sachsens erster großtechnischer Batteriespeicher. Damit setzt die DREWAG auf die Flexibilisierung von Erzeugungsanlagen, denn mit dem Zusammenschluss der verschiedenen Technologien kann mehr steuerbare Regelleistung erschlossen werden.

Elektrodenheizkesselanlage an der Nossener Brücke

Die Anlage wird auf dem Standort des Gasturbinenheizkraftwerkes Nossener Brücke errichtet und soll im Jahr 2018 in Betrieb genommen werden. Mit dem Elektrodenheizkessel soll überschüssiger Strom aus Erneuerbaren Energie in speicherbare Wärme umgewandelt werden. Dabei erhitzen die Elektroden das Wasser auf bis zu 130°C und ein Pufferspeicher soll dieses Wasser dann bis zur Einspeisung in das Fernwärmenetz zwischenspeichern. Die Anlage besitzt eine maximale Leistung von 40 Megawatt.

Überschüssiger Strom entsteht, wenn viel Wind- und Sonnenenergie verfügbar sind, aber die Nachfrage nach Energie von den Verbrauchern gering ist. Um die erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen aufgrund von Überproduktion nicht vom Stromnetz nehmen zu müssen, kann der Elektrodenheizkessel als Verbraucher hinzugeschaltet werden und wandelt die überschüssige elektrische Energie in thermische Energie um. Weiterhin kann die Anlage negative Regelleistung anbieten und somit einen weiteren Beitrag zu Flexibilisierung des Strommarktes leisten.

Blockheizkraftwerke

Durch das 2016 überarbeitete KWK-Gesetz müssen Betreiber den Strom ihrer KWK – Anlage direktvermarkten. Da Blockheizkraftwerke oft nur als kleine Energieerzeugungseinheiten am Standort vorhanden sind, versucht man diese zu bündeln und vereinfacht damit die Teilnahme an Strom- und Regelleistungsmärkten. Um dies zu realisieren greift man auf das Prinzip des Virtuellen Kraftwerks zurück, was eine Zusammenschaltung von dezentralen Stromerzeugungseinheiten ist. Dabei können zum Beispiel Photovoltaikanlagen, Biogasanlagen, Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerke zu einem Verbund zusammengefasst werden. Durch das Prinzip des Virtuellen Kraftwerks kann die erzeugte elektrische Energie dann flexibel und intelligent in den Strommarkt integriert werden und ermöglicht auch kleinen Anlagen die Teilnahme an Regelleistungsmärkten. Dieses Prinzip bietet die DREWAG als Energieerzeuger und Stromhändler, mit dem Zugang zur Strombörse, ihren Kunden an. Auch die Stadtreinigung Dresden GmbH besitzt BHKWs, die dank virtueller Kraftwerke, am Regelleistungsmarkt teilnehmen. Diese verstromen das Vorort erzeugte Deponiegas und speisen die Abwärme in das Fernwärmenetz der DREWAG ein. Beide Anlagen erzeugen pro Jahr etwa fünf Gigawattstunden elektrische Arbeit, was dem jährlichen Energiebedarf von ca. 3000 Haushalten entspricht.

Elektromobilität in Dresden

Sowohl bei der Reduktion von innerstädtischen Schadstoffemissionen als auch bei der Flexibilisierung der Stromnachfrage kann Elektromobilität einen wichtigen Beitrag leisten. Im Energiebereich können die Batterien der Elektrofahrzeuge Flexibilität bereitstellen, in dem sie geladen werden, wenn EE zur Verfügung stehen und ggf. diese Energie ins Netz zurückgespeist werden, wenn die Einspeisung EE nicht oder nur in geringem Umfang zur Verfügung steht. Dresden treibt das Thema Elektromobilität konsequent voran, wie die vielen realisierten und aktuellen Projekte zeigen.

Mit dem Projekt „Elektromobilität verbindet“ hat die Stadt Dresden wichtige Grundlagen für die Akzeptanz von Elektromobilität durch die Bürgerinnen und Bürger gelegt. Im Rahmen des Projektes wurden zentrale öffentliche Flächen untersucht, inwieweit sie sich für Ladestellen für PKWs, E-Bikes und E-Roller eignen. Weiterhin wurden im Projekt „EmiD – Elektromobilität in Dresden“ Ladestationen für Elektromobilität aufgebaut und Nutzungshemmnisse von Elektromobilität untersucht.

Unter dem Projekt „Dresden lädt auf“ wird ein Elektromobilitätskonzept zum städtischen Fuhrpark erstellt und weitere Elektrofahrzeuge als Ersatz für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in Dienst genommen. Dieses Vorhaben wurde durch Förderbescheide des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur unterstützt. Bei diesem Projekt wurde unter anderem festgestellt, dass nur drei Prozent der Fahrten nicht mit E-Fahrzeugen durchgeführt werden können und das der Fuhrpark zur Auslagerung von Nachfragespitzen optimal dimensioniert werden sollte, um eine möglichst hohes Flexibilisierungspotential zu generieren [10].

5.6 Handlungsempfehlungen für die Stadt Dresden

Wie schon in Abschnitt 5.5 beschrieben, werden die Betriebsstätten „Sportstätten & Bäder“, „Lebensmittelversorgung“, „Klärwerke“ und „Büro-/Dienstleistungsgebäude“ für Flexibilitätsmaßnahmen priorisiert. Aufgrund der noch ungewissen Regulatorik in Bezug auf Flexibilitäten, sollte die Stadt Dresden insgesamt auf politischer Ebene versuchen entsprechende Regulierungen zu forcieren und eigene Vorschläge zu entwickeln. Darüber hinaus ist zu empfehlen, durch das Amt für Wirtschaftsförderung die aktuellen Entwicklungen weiter intensiv zu verfolgen und vorbereitende Maßnahmen umzusetzen wie bspw. Implementierung von Energiemanagementsystem in weiteren städtischen, aber auch privaten Institutionen. Entsprechende Partner aus der Praxis sind in Dresden ansässig und könnten für mögliche Projekte durch das Amt für Wirtschaftsförderung integriert werden.

Weiterhin sollte die Stadt Dresden im Allgemeinen und im speziellen die zuständige Stabsstelle (evtl. direkt das Amt für Wirtschaftsförderung) die Erstellung und Umsetzung eines Energiekonzeptes für die EnergieVerbund Arena auf Basis des in Kapitel 6 vorgestellten Grobkonzeptes vorantreiben. Ausgehend von den Ergebnissen des Analysewerkzeuges wird dem Amt für Wirtschaftsförderung der Stadt Dresden zudem empfohlen, sich weiter aktiv um die Hebung von Flexibilitätspotenzialen in den Bereichen „Lebensmittelversorgung“, „Klärwerke“ und „Büro-/Dienstleistungsgebäude“ zu bemühen. Wichtige

Schritte in diese Richtung werden bereits durch das WindNODE Projekt getätigt und sollten entsprechend weiter verfolgt werden.

6 Fallstudie – Energiegrobkonzept für die EnergieVerbund Arena

Im Rahmen einer Fallstudie soll für die EnergieVerbund Arena exemplarisch gezeigt werden, wie lokale Flexibilitätspotentiale gehoben werden können und darüber hinaus mit Energieeffizienz und Sektorkopplung ein wirtschaftlicher Beitrag zum Betrieb der Sportstätte geleistet werden kann. Die benötigten Informationen zur Erstellung des Energiegrobkonzeptes sind von der Stadt Dresden bereitgestellt worden, sofern keine andere Quelle ausgewiesen ist.

Die EnergieVerbund Arena ist eine Multifunktionshalle, die insb. für den Trainings- und Wettkampfbetrieb von Eissportarten genutzt wird. In einem ersten Schritt wird die aktuelle Situation in Bezug auf die Energieversorgung analysiert (Kapitel 6.1). Anschließend wird das Energiegrobkonzept der EnergieVerbund Arena vorgestellt (Kapitel 6.2.). Für das vorgestellte Energiegrobkonzept wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt (Kapitel 6.3). Im letzten Kapitel werden die nächsten Schritte zur Umsetzung des Energiegrobkonzeptes dargestellt.

6.1 Vorstellung der EnergieVerbund Arena

Die EnergieVerbund Arena ist ein Teil des Sportparks Ostra im Westen Dresdens. Zum Sportpark Ostra gehören diverse Trainings- und Wettkampfstätten u.a. für Ballsportarten und Leichtathletik. Die Hallen und Trainingsflächen werden sowohl von den Vereinen als auch von der Stadt verwaltet. Die EnergieVerbund Arena ist im Jahr 2007 nach zwei jähriger Bauzeit fertiggestellt worden. Der Neubau ist notwendig geworden, da beim Hochwasser 2002 die alten Anlagen stark beschädigt worden sind. Deshalb sind knapp 50% der Baukosten, in Höhe von 30 Mio. EUR, durch den Fond zur Beseitigung der Hochwasserschäden finanziert worden.

Ein umfassendes Konzept für den gesamten Sportpark Ostra wäre wünschenswert, ist aber aufgrund der Vielzahl von Interessen mit sehr großen Hürden bei der Umsetzung verbunden. Deshalb wird im ersten Schritt nur die EnergieVerbund Arena näher analysiert.

Die EnergieVerbund Arena ist eine der größten Sportstätten Dresdens und zählt mit über 500.000 Besuchern, Nutzern und Gästen zu den wichtigsten Sportstätten in Sachsen.

Neben der Eishockey-Arena mit Trainings- und Besuchereisflächen verfügt die EnergieVerbund Arena über eine Dreifeld-Ballporthalle sowie Umkleiden und Duschen für Sportlerinnen und Sportler. Darüber hinaus gehört die Eisschnelllaufbahn sowie ein Kältemaschinenhaus zum Gelände der EnergieVerbund Arena.

Die EnergieVerbund Arena wird ganzjährig für den Trainingsbetrieb genutzt. Die Eissaison beginnt im Sommer und endet im April. Dabei werden zunächst nur die Eisflächen in der EnergieVerbund Arena bereitgestellt. Außenflächen der Eisschnelllaufbahn werden typischerweise mit Beginn der Herbstferien in Betrieb genommen. Für die Bereitstellung der Eisflächen werden vier Kältemaschinen mit einer Gesamtleistung von 2,3 MW genutzt. Weiterhin gibt es zwei Gaskessel, die die EnergieVerbund Arena mit Wärme versorgen. Ferner existiert kein Fernwärmeanschluss. Gegenwärtig gibt es kein Energiemanagementsystem und die Fahrweise der Anlagen richtet sich ausschließlich nach den Bedürfnissen des operativen Betriebs.

Der Energieverbrauch der EnergieVerbund Arena hat in den Jahren von 2014 bis 2017 zugenommen (siehe Abbildung 10). Der Bezug von Strom ist von 3,8 GWh im Jahr 2014 um 9% auf 4,1 GWh gestiegen. Unter der Annahme, dass die Verteilung der Strombezüge zwischen Hoch- und Niedertarif sowie die Spitzenlast identisch geblieben sind, ergeben sich dadurch Mehrkosten auf Basis der Preise von 2017 (11,73 ct/kWh) von etwa 39.000 €. Eine noch stärkere Verbrauchssteigerung lässt sich beim Erdgas beobachten. Hier ist der Verbrauch von 3,5 GWh im Jahr 2014 um 26% auf 4,1 GWh im Jahr 2017 gestiegen. Für die Gasbezugspreise von 2017 (kumuliert 2,098 ct/kWh) bedeutet dies einen Kostenanstieg von etwa 19.000 €. Die kontinuierliche Verbrauchssteigerung sollte nach den dahinterliegenden Ursachen untersucht werden, um mögliche Energieeinsparpotentiale zu identifizieren.

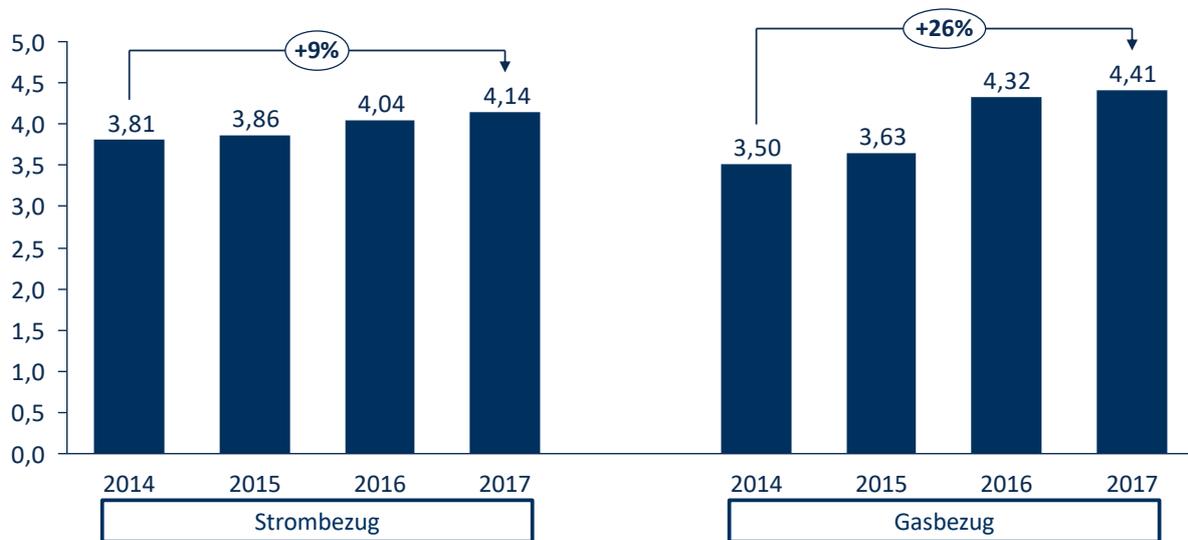


Abbildung 10: Entwicklung des Energiebezugs von 2014 bis 2017 in GWh [eigene Darstellung]

Der Stromverbrauch ist saisonal geprägt und hängt stark mit dem Einsatz der Kältemaschinen zusammen. Mit dem Ende der Eissaison im April fällt der Stromverbrauch merklich ab und steigt mit dem Beginn der Eissaison im Juli wieder an. Den Peak erreicht der Stromverbrauch im Oktober, wenn die Außeneisanlagen in Betrieb genommen werden. Zu dieser Zeit entstehen aufgrund der Witterungslage (milde Temperaturen und windig) Spitzenlasten bis zu 1,3 MW (siehe Abbildung 11).

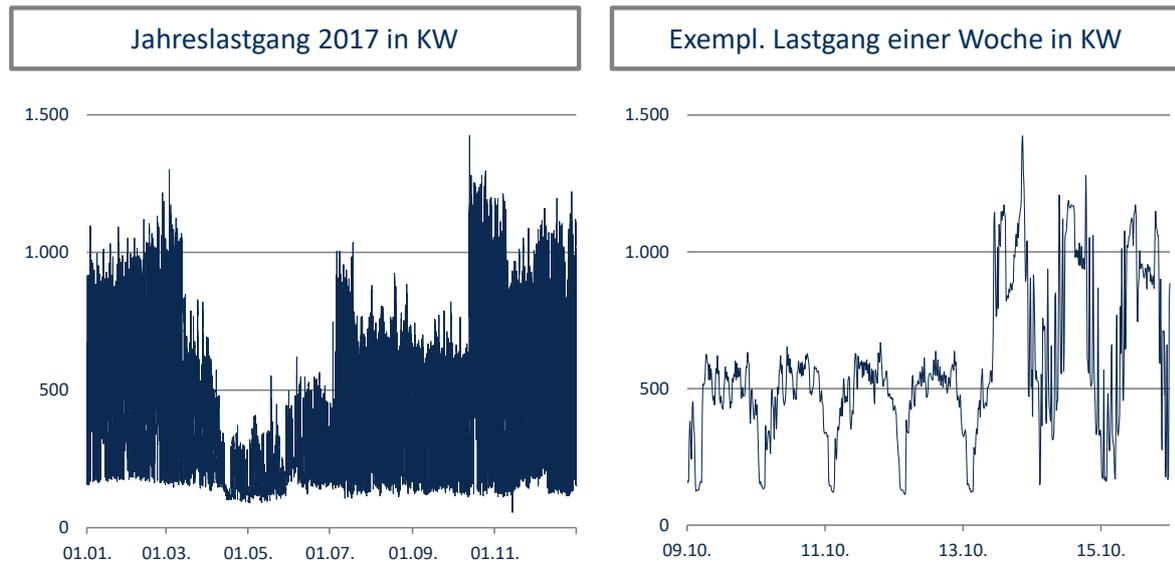


Abbildung 11: Lastgang des Stromverbrauches [eigene Darstellung]

Der größte Teil des Stromverbrauchs wird für die Erzeugung der Kälte für die Eisflächen benötigt (41% im Jahr 2014). Weitere wesentliche Verbraucher sind die Beleuchtungsanlagen (innen und außen) sowie die Lüftungsanlage. Im sonstigen Verbrauch sind alle restlichen Verbraucher wie bspw. Heizung (Umwälzpumpen), die Nebengebäude und sämtliche nicht erfassten Verbräuche.

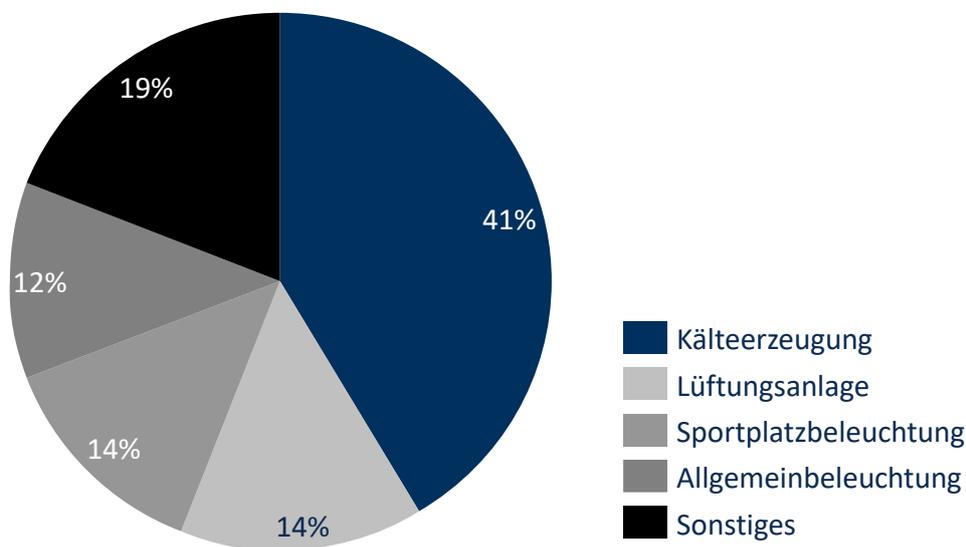


Abbildung 12: Aufteilung des Verbrauches elektrischer Energie im Jahr 2014 [eigene Darstellung]

Der Verbrauch von Erdgas ist stark saisonal abhängig, da Erdgas vor allem zur Deckung des Wärmebedarfs genutzt wird (siehe Abbildung 13). Dies betrifft insbesondere die Büro- und Arbeitsräume sowie die Warmwasserbereitstellung. Durch das niedrigere Temperaturniveau in den Eissportbereichen, wird Wärme zudem vorwiegend in den kälteren Zeiten für die Ballsporthalle benötigt. Da eine Anbindung an das Fernwärmenetz nicht vorliegt, ist die EnergieVerbund Arena auf

Gas als Wärmelieferant angewiesen. Die Jahreslastganglinie zeigt dabei jedoch, dass insbesondere in den Sommermonaten Tage mit nahezu keinem Gasbezug auftreten. Aus dem Lastgang der exemplarischen Woche lässt sich jedoch erkennen, dass sich die Schwankungen auch über einzelne Tage hinweg deutlich unterscheiden und dementsprechend einen ständig wechselnden Wärmebedarf aufzeigen.

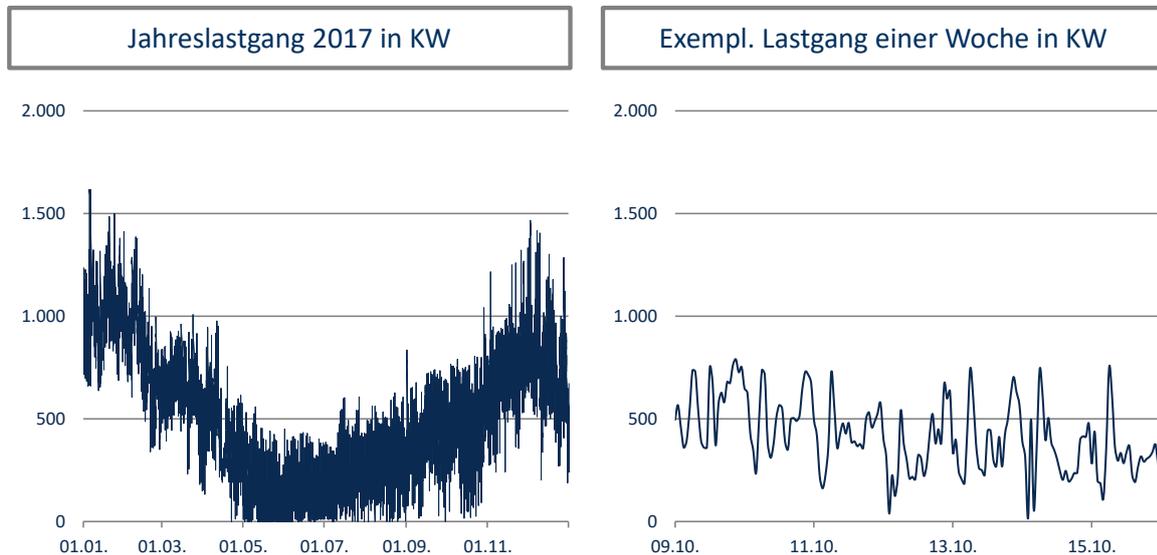


Abbildung 13: Lastgang des Gasverbrauchs [eigene Darstellung]

6.2 Entwicklung eines Energiegrobkonzeptes für die EnergieVerbund Arena

Mit dem Energiegrobkonzept der EnergieVerbund Arena sollen drei wesentliche Ziele erreicht werden:

1. Ökologische Bereitstellung der benötigten Energie
2. Bereitstellung von lokaler Flexibilität
3. Kostenoptimierung der Energieversorgung

Weiterhin soll durch das Energiegrobkonzept der Trainings- und Wettkampfbetrieb nicht eingeschränkt werden. Darüber hinaus soll der Nutzen für die Sportlerinnen und Sportler nach Möglichkeit gesteigert werden. Das Energiegrobkonzept besteht im Wesentlichen aus fünf Maßnahmen (siehe Abbildung 14):

1. Bau eines BHKWs ggf. mit Wärmespeicher
2. Installation von PV-Anlagen
3. Integration eines Batteriespeichers
4. Bau von Ladesäulen für Elektromobilität
5. Implementierung eines Energiemanagementsystems



Abbildung 14: Übersicht der Maßnahmen des Energiegrobkonzeptes [Eigene Darstellung]

Mit dem neuen Energiegrobkonzept sollen die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr verknüpft werden und das Energiesystem der EnergieVerbund Arena mit Hilfe eines Energiemanagementsystems optimiert werden. Das BHKW soll einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung mit Strom und Wärme der EnergieVerbund Arena leisten. Es sollte so dimensioniert werden, dass bei wärmegetriebener Fahrweise eine hohe Volllaststundenzahl erreicht wird. Der restliche Wärmebedarf soll mit bereits vorhandenen Erdgaskesseln gedeckt werden. Zusätzlich zum BHKW soll eine PV-Anlage auf dem Dach der EnergieVerbund Arena installiert werden. Der erzeugte Strom aus PV-Anlage und BHKW soll entweder direkt verbraucht oder in einem Batteriespeicher eingespeichert werden. Dadurch lässt sich der Eigenverbrauch erhöhen und der BHKW-Betrieb optimieren. Ein weiterer wichtiger Baustein des Energiegrobkonzeptes sind neue Ladesäulen für Elektromobilität, die das Laden von Elektroautos und ggf. E-Bikes ermöglichen. Das neue komplexe Energiesystem soll durch ein Energiemanagementsystem (EMS) gesteuert und optimiert werden. Das EMS soll in der Lage sein, auf zukünftige Flexibilitätsanreize zu reagieren und die im Energiesystem der EnergieVerbund Arena vorhandene Flexibilität auf einem zukünftigen Flexibilitätsmarkt automatisiert anzubieten. Eine detaillierte Betrachtung des Flexibilitätsmarktes kann nicht erfolgen, da dieser noch nicht existiert.

Die wesentlichen Vorteile des Energiegrobkonzeptes sind:

1. Ökologisch-nachhaltige Bereitstellung von Strom und Wärme in Kraftwerk-Wärmekopplung
2. Reduzierung des Strombezugs aus dem öffentlichen Stromnetz, insbesondere Kappung von Bezugsspitzen
3. Selbstständiger Ausgleich von Spitzenlasten

4. Fähigkeit zur Bereitstellung von Flexibilität für das öffentliche Stromnetz
5. Einbindung des Verkehrssektor in das Energiesystem der EnergieVerbund Arena

Weiterhin ist davon auszugehen, dass sich die Kosten für Energie reduzieren und so ein wirtschaftlicher Beitrag geleistet werden kann. Die wirtschaftlichen Effekte werden in Kapitel 6.3 grob abgeschätzt.

6.3 Wirtschaftlichkeit des Energiegrobkonzeptes

Im folgenden Kapitel soll das in Kapitel 6.2 vorgestellte Energiegrobkonzept der EnergieVerbund Arena einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen werden. Die vorliegende Berechnung sowie Anlagendimensionierung dient einer ersten Grobabschätzung, mit welchen Investitionen zu rechnen ist und welchen Einfluss das Energiegrobkonzept auf die Energiekosten hat. Deshalb ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Differenzbetrachtung durchgeführt worden: Es sind alle zusätzlichen Kosten, Erlöse sowie etwaige Einsparungen berechnet und dem Investitionsaufwand entgegengestellt. Nicht berücksichtigt sind sämtliche Kostenpositionen, die nicht durch das Energiegrobkonzept berührt werden. Als Basis dienen die Energiekosten des Jahres 2017.

Typischerweise werden BHKW wärmegeführt gefahren, das heißt, dass ihr Betrieb sich an der Wärmnachfrage orientiert. Das stellt einen hohen Nutzungsgrad der produzierten Wärme sicher. Auf Basis des Erdgaslastgangs wurde auf Grundlage eines Nutzungsgrads von 84% der Wärmelastgang bestimmt. Eine Wärmelast von 200 kW liegt in über 5.000 Stunden vor. Dies stellt die Ausgangsbasis für die in der Rechnung genutzte Anlagenauslastung des BHKWs dar. Anzumerken ist allerdings, dass dadurch eine relativ hohe Volllaststundenanzahl in der Kalkulation unterstellt wird. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde beispielhaft das BHKW-Kompaktmodul EM-140/207 der Firma Viessmann ausgewählt [11]. Dieses verfügt über 140 kW elektrische Leistung, 209 kW thermische Leistung, einen elektrischen Wirkungsgrad von 36,5% und einen thermischen Wirkungsgrad von 54,4%. Weiterhin wurde ein Abschlag auf die vom Hersteller angegebenen Nennwirkungsgrade von 3% relativ auf den Nennwert angenommen.

Die Anschaffungskosten, Zusatzkosten für Transport, Montage, Einbindungs- und Instandhaltungskosten wurden mithilfe der von ASUE e. V. veröffentlichten Kenndaten angenommen bzw. validiert [12]. Hierbei werden 900 EUR/kW_{el} für die Anschaffung und 51% der Anschaffungskosten als Zusatzkosten angenommen. Für die Instandhaltung werden 7% der Gesamtinvestition veranschlagt, was beim Abgleich kohärent zu den ASUE-Kenndaten ist. Bei der Berechnung der Volllaststunden wird ein theoretischer Lastgang des BHKW ermittelt, jeglicher Teillastbetrieb wird dabei vernachlässigt. Das BHKW arbeitet in einer Stunde theoretisch unter Volllast, wenn der jeweilige Wert des Wärmelastgangs die thermische Leistung überschreitet. Der Einsatz und Betrieb eines BHKW führt somit zu einem erhöhten Gasbezug vom Versorger, aber auch zu einem geringeren Strombezug.

Die Größe der PV-Anlage ist über die Dachfläche abgeschätzt, unter der Annahme, dass maximal die Hälfte der Dachfläche zur Verfügung steht. Weiterhin ist angenommen, dass aufgrund der Flachdachkonstruktionen aus Gewichtsgründen nur die Hälfte der Dachfläche genutzt werden kann,

weshalb PV-Anlagen mit einer Kapazität von 250 KWp installiert werden. Alternativ könnten auch Solarfolien der Firma Heliatek verbaut werden. Diese verursachen aber einen wesentlichen höheren Investitionsaufwand. Ferner ist angenommen, dass 50% des erzeugten Stroms der PV-Anlage selbstverbraucht wird, was unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das BHKW insb. im Winter Strom erzeugt realistisch erscheint. Die Einspeisung von Strom ins öffentliche Netz ist in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vernachlässigt. Mithilfe einer bundesweiten PV-Ertragsstatistik des Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. konnten die monatscharfen durchschnittlichen Stromerträge von PV-Anlagen in der PLZ-Region 01 aus dem Jahr 2017 zur überschlägigen Berechnung der Stromerzeugungsmenge herangezogen werden [13].

Es wurden Anschaffungskosten mit 900 EUR/kWp angesetzt, die zusätzlichen Installationskosten wurden mit 25% der Modulkosten veranschlagt. Für die Instandhaltung werden jährlich 2% der Gesamtinvestitionssumme veranschlagt.

Für den Batteriespeicher ist eine Speicherkapazität von 250 kWh angenommen. Ferner ist ein durch die Installation des Speichers bedingter erhöhter Eigenverbrauch der PV-Anlage um 10% angenommen.

Der Eigenverbrauch des im BHKW erzeugten Stroms erhöht sich annahmegemäß auf 100%. Bereits ohne Speicherlösung wird hier ein Eigenverbrauchsanteil von 99,8% erreicht. Weiterhin wird angenommen, dass die Spitzenlastleistung um 100 KW reduziert werden kann. Für die Berechnung wird von Investitionen in Höhe von 900 EUR/ kWh ausgegangen sowie Instandhaltungskosten von 1% der Investitionssumme pro Jahr [14].

Für die Ladesäulen für Elektromobilität und das Energiemanagementsystem werden keine positiven Zahlungsflüsse erwartet bzw. berücksichtigt. Ursachen dafür sind zum einen, dass positive wirtschaftliche Aspekte des Energiemanagementsystems aus der Systemoptimierung zum jetzigen Zeitpunkt schwer abzuschätzen sind und zum anderen, dass ein Flexibilitätsmarkt noch nicht existiert. Dabei wird angenommen, dass die Zusatzerlöse die Kosten für die Verwaltung der Ladesäulen decken. Weiterhin machen insbesondere die Ladesäulen für Elektromobilität die EnergieVerbund Arena attraktiver für die Nutzerinnen und Nutzer und rundet das Energiegrobkonzept ab. Für beide Erweiterungen werden Investitionen mit 50.000 EUR und 5% als Instandhaltungs-/Administrationskosten für das Energiemanagementsystem und 2% für die Ladesäulen angenommen.

Nachfolgend werden alle Ergebnisse unter Berücksichtigung aller fünf Anlagen dargestellt. Für die Wahl der Unterlassungsalternative (keine Investition in energetische Maßnahmen) ergeben sich Energiekosten in Höhe von 885.000 EUR pro Jahr. Im Falle der Investition in alle fünf technischen Anlagen ergeben sich Energiekosten in Höhe von 795.000 EUR pro Jahr und damit eine Reduktion um ca. 90.000 EUR pro Jahr. Daraus lässt sich eine statische Amortisationszeit von ca. 9 Jahren errechnen. In Tabelle 5 sind die wesentlichen errechneten Daten zusammengefasst.

Eine Barwertrechnung ist im Rahmen der Studie nicht erfolgt. Es wird empfohlen die Wirtschaftlichkeitsrechnung im Rahmen einer Verfeinerung in eine Barwertrechnung zu überführen. Darüber hinaus sollte analysiert werden, ob Fördermittel von Land, Bund oder der EU für die Realisierung des Energiekonzeptes zur Verfügung stehen. Diese sollten dann ebenfalls in der

Barwertrechnung berücksichtigt werden. Wenn auch die Barwertrechnung zu einem positiven Ergebnis kommt, sollte das Energiegrobkonzept umgesetzt werden.

Alternative	Unterlassungsalternative	Umsetzung des Energiegrobkonzepts
Strombezugsmenge	4.137.941 kWh	3.100.000 kWh
Gasbezugsmenge	4.407.290 kWh	5.550.000 kWh
Gesamt-Bezugskosten	885.117,43 EUR	743.000,00 EUR
40% EEG-Umlage für Eigenverbrauch	-	27.500,00 EUR
Instandhaltungskosten	-	24.500,00 EUR
Gesamt-Energiekosten	885.117,43 EUR	795.000,00 EUR
Kostensparnis	-	90.111,43 EUR
Gesamt-Investitionskosten	-	800.000,00 EUR
Statische Amortisationszeit	-	9 Jahre

Tabelle 5: Kennzahlenvergleich

7 Literaturverzeichnis

- [1] Amt für Wirtschaftsförderung Dresden (Sachsen), “Wirtschaftsstruktur,” 2018. [Online]. Available: http://invest.dresden.de/de/Kompetenzfelder_Branchen/Wirtschaftsstruktur_1233.html. [Accessed: 18-May-2018].
- [2] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, “Statistischer Bericht - Auswertung aus dem sächsischen Unternehmensregister,” Kamenz, 2018.
- [3] Stadt Dresden; Ramboll; KEEA, “INTEGRIERTES ENERGIE- UND KLIMASCHUTZKONZEPT DER LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2030 - DRESDEN AUF DEM WEG ZUR ENERGIEEFFIZIENTEN STADT,” Dresden, 2013.
- [4] M. Schwartz, Michael Braun, “Energiekosten und Energieeffizienz im Mittelstand,” *Fokus Volkswirtschaft*, vol. 40, 2013.
- [5] Landeshauptstadt Dresden, “Kommunale Bürgerumfrage 2016,” Dresden, 2017.
- [6] BDEW, “Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland 2016,” 2017.
- [7] Landeshauptstadt Dresden, “Branchenvielfalt | Wirtschaftsstandort – Wissenschaftsstandort – Amt für Wirtschaftsförderung Dresden (Sachsen),” 2018. [Online]. Available: http://invest.dresden.de/de/Kompetenzfelder_Branchen/Branchenvielfalt_1236.html. [Accessed: 25-May-2018].
- [8] Bundesregierung, “Klimaschutzplan 2050,” *Klimaschutzplan 2050*, pp. 1–96, 2016.
- [9] WindNODE, “Überblick | WindNODE,” 2018. [Online]. Available: <https://www.windnode.de/konzept/ueberblick/>. [Accessed: 28-May-2018].
- [10] Landeshauptstadt Dresden, “Projekte und Förderung,” 2017. [Online]. Available: <http://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/klima-und-energie/klimaschutz/elektro/020-Projekte-und-Foerderung.php>. [Accessed: 20-Jun-2018].
- [11] Viessmann, “Übersicht Vitobloc 200 BHKW-Kompaktmodule im Erdgasbetrieb,” 2017.
- [12] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., “BHKW-Kenndaten 2014-2015,” Berlin, 2014.
- [13] Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV), “PV-Ertragsdatenaufnahme,” 2018. [Online]. Available: https://www.pv-ertraege.de/pvdaten/sfvpv_main_entry.html. [Accessed: 28-May-2018].
- [14] pv magazine, “Marktübersicht große Batteriespeicher,” 2017. [Online]. Available: <https://www.pv-magazine.de/marktuebersichten/grosse-batteriespeicher/>. [Accessed: 31-May-2018].

Schriften des Lehrstuhls für Energiewirtschaft, TU Dresden

Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Energiewirtschaft

In der Schriftenreihe sind auf Qucosa®, dem sächsischen Dokumenten- und Publikationsserver, bisher erschienen:

- Band 1** **Managing Congestion and Intermittent Renewable Generation in Liberalized Electricity Markets**
(Friedrich Kunz, 2013)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-108793>
- Band 2** **Der Stromausfall in München - Einfluss auf Zahlungsbereitschaften für Versorgungssicherheit und auf die Akzeptanz Erneuerbarer Energien**
(Daniel K. J. Schubert, Thomas Meyer, Alexander von Selasinsky, Adriane Schmidt, Sebastian Thuß, Niels Erdmann und Mark Erndt, 2013)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-117777>
- Band 3** **Abschätzung der Entwicklung der Netznutzungsentgelte in Deutschland**
(Fabian Hinz, Daniel Iglhaut, Tobias Frevel, Dominik Möst, 2014)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-141381>
- Band 4** **Potenziale der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Ressourcen im Freistaat Sachsen**
(Hannes Hobbie, Vera Schippers, Michael Zipf, Dominik Möst, 2014)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-153350>
- Band 5** **Energiewende Sachsen – Aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze, Beiträge der Abschlusskonferenz des ENERSAX-Projektes**
(Dominik Möst und Peter Schegner, 2014)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-156464>
- Band 6** **Electricity transmission line planning: Success factors for transmission system operators to reduce public opposition**
(Stefan Perras)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-161770>
- Band 7** **Renewable energy in North Africa: Modeling of future electricity scenarios and the impact on manufacturing and employment**
(Christoph Philipp Kost)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-176538>
- Band 8** **Kurzgutachten zur regionalen Ungleichverteilung der Netznutzungsentgelte**
(Dominik Möst, Fabian Hinz, Matthew Schmidt, Christoph Zöphel)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-184452>

- Band 9 The integration of renewable energy sources in continuous intraday markets for electricity**
(Alexander von Selasinsky)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-202130>
- Band 10 Bewertung von Szenarien für Energiesysteme**
(Daniel K. J. Schubert)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-202226>
- Band 11 Deutschland, ein Solarmärchen? Die Zweite Phase der Energiewende zwischen Richtungsstreit und Systemintegration.**
(Sebastian Thuß)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-231486>
- Band 12 Voltage Stability and Reactive Power Provision in a Decentralizing Energy System – A Techno-economic Analysis**
(Fabian Hinz)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-229585>
- Band 13 Electricity, Heat, and Gas Sector Data for Modeling the German System**
(Friedrich Kunz, Mario Kendziorski, Wolf-Peter Schill, Jens Weibezahn , Jan Zepter, Christian von Hirschhausen, Philipp Hauser, Matthias Zech, Dominik Möst, Sina Heidari , Björn Felten, Christoph Weber)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-233511>
- Band 14 Demand Side Management in Deutschland zur Systemintegration erneuerbarer Energien**
(Theresa Ladwig)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-236074>
- Band 15 Modellgestützte Wirtschaftlichkeitsbewertung von Betriebskonzepten für Elektrolyseure in einem Energiesystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien**
(Julia Michaelis)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-235773>
- Band 16 Begleitstudie WindNODE –Lastverschiebepotentiale in Dresden**
(Carl-Philipp Anke, Constantin Dierstein, Dirk Hladik, Dominik Möst)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-312491>

Kurzfassung

Mit steigendem Anteil Erneuerbarer Energien im Stromnetz können auch Akteure auf der Verbrauchsseite einen Beitrag zur notwendigen Flexibilität im Energiesystem leisten. Die vorliegende Studie stellt hierzu einen systematischen Ansatz zur Priorisierung von kommunalen Flexibilitätspotentialen vor. Weiterhin wird der Ansatz für die Landeshauptstadt Dresden exemplarisch angewendet. In der Analyse werden in Dresden insb. die Bäder und Sportstätten sowie die Lebensmittelversorgung als vielversprechende Flexibilitätspotentiale identifiziert. Weiterhin wird festgestellt, dass in Dresden bereits wesentliche Flexibilitätspotentiale u.a. mit dem Innovationskraftwerk Reick und der modernen Fernwärmeversorgung durch die Kombination einer GuD-Anlage sowie eines Elektrodenheizkessels inkl. Speicher realisiert sind. Im Rahmen einer Fallstudie wird das Flexibilitätspotential der Sportstätten und Bäder im Detail weiter untersucht und festgestellt, dass die Hebung des Potentials nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Flexibilisierung der Nachfrage in Dresden leisten kann, sondern darüber hinaus auch wirtschaftlich vorteilhaft ist.

Zu den Autoren

Carl-Philipp Anke, Master of Science, Studium des Wirtschaftsingenieurwesen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie der TU Bergakademie Freiberg und der Luleå Tekniska Universitet, seit 2018 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Energiewirtschaft der TU Dresden.

Constantin Dierstein, Master of Science, Studium des Wirtschaftsingenieurwesen an der TU Dresden, seit 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Energiewirtschaft der TU Dresden.

Dirk Hladik, Master of Science, Studium des Wirtschaftsingenieurwesen an der TU Dresden sowie HTW Dresden und der Northern Arizona University, seit 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Energiewirtschaft der TU Dresden.

Prof. Dr. habil. Dominik Möst, Studium des Wirtschaftsingenieurwesen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der ENSGI Grenoble, 2002-2010 Promotion und Habilitation am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion am KIT, seit 2010 Inhaber des Lehrstuhls für Energiewirtschaft an der TU Dresden.