



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Akademie für erneuerbare Energien GmbH, Lüchow-Dannenberg

Master of Science Erneuerbare Energien

Masterthesis:

Erfolgsfaktoren und Konzepte für Elektromobilität im Gewerbegebiet

vorgelegt im Wintersemester 2018 von

André Schwiebert

Matrikel-Nummer: 22 78 559

Erstgutachter: Prof. Dr. Karl-Ragmar Riemschneider

Zweitgutachter: Prof. Dr. Michael Gille

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichern ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Erfolgsfaktoren und Konzepte für Elektromobilität im Gewerbegebiet“ selbständig und nur mit den angegebenen Mitteln und Quellen erstellt haben. Die elektronische Fassung der Arbeit stimmt mit der gedruckten Version überein.

Vorname Name: André Schwiebert

Matrikelnummer: 22 78 559

Datum: 11.01.2019

Unterschrift:



Kurzfassung

Im Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung, in Übereinstimmung mit der Roadmap 2050 der EU, das Ziel festgeschrieben die Treibhausgase stufenweise bis 2050 zu reduzieren. So soll eine Reduktion bis zum Jahr 2020 von mind. 40 % und bis zum Jahr 2050 von mind. 80 % gegenüber 1990 an Treibhausgasemissionen erfolgen. Zur Erreichung der als ambitioniert geltenden Ziele ist eine Mobilitätswende erforderlich, die neben der Etablierung neuer Mobilitätskonzepte das bereits formulierte Ziel der Bundesregierung erfüllt, bis 2020 1 Mio. und bis 2030 6 Mio. Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen.

Beide Zielformulierungen gelten als unerreichbar und damit hat auch die neue Bundesregierung das Klimaziel 2020 aufgegeben. Allerdings sollen Maßnahmen ergriffen werden, eine Zielerreichung 2020 zu ermöglichen. So sollen neben dem weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien und einem synchronen Netzausbau auch Speichertechnologien berücksichtigt werden. Unter diesem Aspekt ist es sinnvoll erfolgsversprechende Konzepte zu untersuchen, mit dem Ziel sämtliche Maßnahmen zu unterstützen. Durch Sektorenkopplung aus Erzeugung und Verkehr bietet sich ein Gewerbegebiet als Untersuchungsobjekt geradezu an.

Für Elektromobilität im Individualverkehr gibt es bereits bestehende Konzepte. Ebenfalls sind eine Reihe von Lösungsansätzen für neue Formen der dezentralen Energieerzeugung / -versorgung bekannt, als Stichwort sei hier das „Mieterstrommodell“ genannt. Ausgehend von diesen Konzepten, sollen Ansätze für Elektromobilität im Gewerbegebiet entwickelt werden.

Die Lösungsansätze bewegen sich dabei im Rahmen technischer, wirtschaftlicher und ordnungspolitischer Bedingungen. Am Beispiel eines Gewerbegebietes in Bargteheide sollen Erfolgsfaktoren, Hemmnisse und Realisierungsvorschläge exemplarisch dargestellt werden.

Schlagwörter: Elektromobilität, erneuerbare Energien, Mieterstrom,

Abstract

Short version in the Climate Protection Plan 2050, the federal government, in accordance with the EU roadmap 2050, has set the target of reducing greenhouse gases gradually to 2050. For example, a reduction of at least 40% and up to the year 2050 of at least 80% from 1990 to Treibhausgasemissionen will be achieved by the year 2020. In order to achieve the ambitious goals, a change in mobility is required, which, in addition to the establishment of new mobility concepts, fulfils the already formulated objective of the federal government, to bring up to 2020 1 million and up to 2030 6 million electric vehicles on the road .

Especially if the formulated objectives are to be partially lifted, it is idleness to investigate promising concepts. By linking sectors of production and transport, an industrial area is an object of investigation.

There are already needing concepts for electromobility in individual transport. A number of solutions for new forms of decentralised energy generation/supply are also known, as a key word is the "tenant electricity model". Based on these concepts, approaches for electromobility are to be developed in the industrial area.

The solutions are moving within the framework of technical, economic and regulatory conditions. The example of a business area in Bargteheide is to show success factors, obstacles and implementation proposals.

Tags: electromobility, renewable energy, tenant electricity,

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	6
1.1	Motivation und Hintergrund	6
1.2	Thema und Zielsetzung	7
1.3	Herangehensweise und Struktur der Arbeit	8
2.	Konzepte aus Politik und Wirtschaft	9
3.	Theoretische Grundlagen	11
3.1	Erzeugungsstruktur	11
3.1.1	Windkraftanlagen	13
3.1.2	Blockheizkraftwerke	15
3.2	Verbraucherstruktur.....	20
3.2.1	Elektrische Betriebsmittel und Anlagen	20
3.2.2	Elektrofahrzeuge	21
3.2.3	Ladeinfrastruktur	25
3.3	Speicherstruktur	27
3.4	Lastprofile	31
3.5	Stromnetzstruktur und intelligente Netze	33
3.6	Kommunikationsnetz und Energiemanagementsysteme (IKT)	36
3.7	Ordnungspolitische Einflussfaktoren und Anforderungen	38
4.	Geographische Einordnung und Datengrundlage	39
4.1	Geographische Einordnung.....	39
4.2	Baurechtliche Vorgaben	41
4.3	Datengrundlage.....	42
4.3.1	Erzeugungsleistung.....	43
4.3.2	Verbrauchsleistung	43
5.	Modellierung einer Konzeptlösung	48
5.1	(Infrastruktur-) Contracting als Modellansatz	54
5.2	Ermittlung Stromlastgänge	55
5.2.1	Lastgänge der Erzeugung	55

5.2.2	Verbrauchslastgänge	58
5.2.3	Nutzungspotential aus dezentraler Stromerzeugung	65
5.3	Leistungspakete im Rahmen einer Contractinglösung	67
6.	Zusammenfassung	68
6.1	Fazit	68
6.2	Ausblick	69
7.	Literaturverzeichnis	70
	Abbildungsverzeichnis	75
	Tabellenverzeichnis	77
A.	Anhang	80

1. Einleitung

In diesem Kapitel wird auf die Motivation und den Hintergrund dieser Arbeit eingegangen, das Thema und seine Zielsetzung beschrieben, sowie die Herangehensweise und Struktur zur Zielerreichung erläutert.

1.1 Motivation und Hintergrund

Die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes muss im Interesse unserer Gesellschaft vorangetrieben werden und gerade wenn politisches Handeln nicht wie angekündigt erfolgt, ist es geboten unabhängig von der Politik Lösungswege zu finden. Da reiner Idealismus nicht ausreicht, sondern die wirtschaftliche Komponente immer einen wesentlichen Treiber darstellt, gilt es Lösungen zu finden die den Anforderungen der Stakeholder ansatzweise gerecht wird.

Die Sektoren Verkehr und Energieerzeugung sind wesentliche Treiber zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und durch sinnvolle Verknüpfung von Lösungen sind wesentliche Beiträge zu erwarten.

Eine vollintegrierte und –automatisierte Sektorenkopplung auf Gewerbeflächenebene unter Einsatz lokal erzeugter erneuerbarer Energien kann dabei einen wesentlichen Beitrag leisten. Bei einer intelligenten Kopplung der Sektoren aus Elektrizitätserzeugung und -versorgung, sowie elektrische Mobilität lassen sich mit Blick auf die scheinbar individuellen Bedarfe der angesiedelten Gewerbebetriebe im Betrachtungsfall neue Ansätze entwickeln. Während Einzellösungen nur punktuell und noch selten sektorenübergreifend im Gewerbe Anwendung finden, lässt sich im Verbund eine skalierbare Systemlösung erarbeiten die sowohl ökonomischen Ansprüchen (Wirtschaft) als auch ökologischen Ansprüchen (Gesellschaft) gerecht wird.

Wie aktuell dieses Thema ist zeigt die Kleine Anfrage der Fraktion der CDU im Bremer Senat vom 20.09.2017 zu Energie- und klimateffizienten Gewerbegebieten im Land Bremen. Es wurde darauf verwiesen, dass aufgrund der räumlichen Konzentration von Unternehmen in einem Gewerbegebiet unterschiedliche Optionen bestehen, kooperative Geschäftsmodelle im Energiebereich zur Beschaffung und Erzeugung zu entwickeln. Kerngedanke war die Eigenstromproduktion durch Windkraftanlagen und Solarstromanlagen auf Hallendächern, um mithilfe intelligenter Steuerung den Letztverbraucher von zu zahlenden Stromnetzentgelten zu entlasten und eine Reduzierung der EEG-Umlage zu erreichen. Darüber hinaus sollten aus einem entstehenden Arealnetz private und öffentliche Ladesäulen gespeist werden [1]. Als Zielbild stellt sich ein „grünes“ Gewerbegebiet dar, welches neben ökologischen Vorteilen einen langfristigen Imagegewinn erwarten lässt und eine daraus entstehende Standortattraktivität für den einzelnen Betrieb auch wesentliche ökonomische Vorteile mit sich bringt. Da

die Entwicklung eines solchen Gewerbegebietes nicht den einzelnen Betrieben und damit dem Zufall überlassen werden kann, sollte ein solches Konzept bereits in der Planungsphase von verantwortlichen Stellen detailliert ausgearbeitet, zentral gemanagt und umgesetzt werden. Denn nur wenn notwendige Infrastruktur von Beginn an mitgedacht, umgesetzt und am Ende von den ansässigen Betrieben auch genutzt würde, ließen sich mögliche Synergieeffekte realisieren.

In seiner Beantwortung sieht der Senat in der technischen Umsetzung keine wesentlichen Herausforderungen in der Umsetzung. Wird doch bereits die Nutzung von Dachflächen für Photovoltaik-Anlagen vom Land Bremen angestrebt und ist bereits im Bauplanungsrecht für den GHB verankert. In der Windstromerzeugung limitieren die begrenzten Potentialflächen für Windenergie allerdings den weiteren Ausbau. Im Gegensatz zur technischen Umsetzung von geografisch begrenzten Stromversorgungsnetzen, spielt hier der wirtschaftliche Ausbau und Betrieb eine zentrale Rolle. Der Netzbetrieb bedeutet eine Kostenreduzierung für die Netzentgeltregulierung, erfordert aber eine nachweisbar ausreichende personelle, technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit. Das wirtschaftliche Risiko ergibt sich aus der Bereitstellung der Infrastruktur, die von der Bereitschaft der einzelnen Unternehmen zur Nutzung des Netzes und der Anzahl der Unternehmen insgesamt abhängt. Da nach dem EnWG jedem angeschlossenen Letztverbraucher das Wahlrecht zusteht, den Strom bei einem Lieferanten seiner Wahl zu beziehen wird die Wirtschaftlichkeit eingeschränkt sofern nur wenige Letztverbraucher den vor Ort bereitgestellten Strom im Netz auch beziehen.

1.2 Thema und Zielsetzung

Es handelt sich um die Kopplung der Sektoren Energieerzeugung und Verkehr. Im Detail sind es unterschiedliche Bereiche die ineinandergreifen, um ein Vollständiges Bild zusammenzusetzen. Durch die nähere Betrachtung einzelner Aspekte soll aufgezeigt werden, wie eine Infrastrukturlösung aussehen kann in der durch dezentrale Energieerzeugung von Strom, E-Mobilitätslösungen in einem Gewerbegebiet wirtschaftlich betrieben werden können.

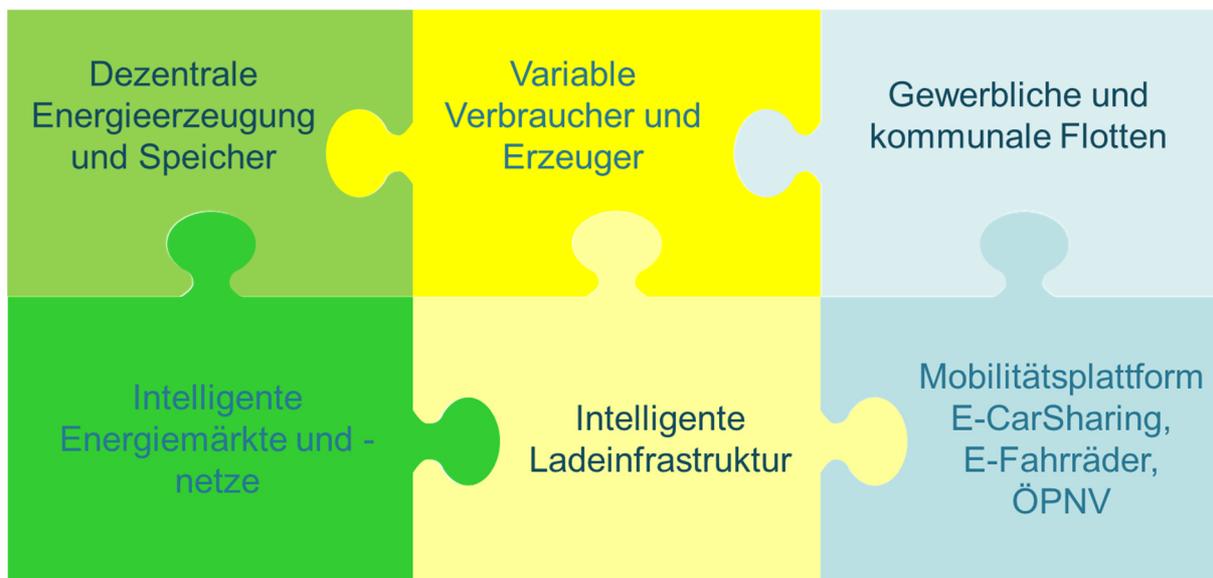


Abbildung 1: Elemente einer Infrastrukturlösung zur Kopplung der Sektoren Energieerzeugung und Verkehr

Der koordinierte Einsatz einer Erzeugungs- und Verbraucherstruktur über den Einzelanwender hinaus lässt einen Mehrwert für alle Nutzer erwarten, da unterschiedliche Lasten aufeinander abgestimmt werden können und zum Vorteil der Infrastrukturnutzer eingesetzt werden können. Der Vorteil in einem Gewerbegebiet besteht genau in dieser Diversität, die sich aber ansatzweise genau beschreiben und *vorhersagen* lässt. Anders als durchschnittliche Verhaltensmuster im Privathaushalt mit Stromabnahmen am Morgen und am Abend mit individuellem Fahrverhalten der Automobilnutzer, lässt sich in Gewerbebetrieben die Erzeugungs- und Abnahmestruktur zumeist minutengenau prognostizieren. Auch das Fahrverhalten unterliegt teilweise detaillierten Annahmen, da die Routenplanung und das Fuhrparkmanagement ein wesentlicher Bestandteil zur wirtschaftlichen Leistungserbringung darstellen. Ein Handwerksunternehmen greift in der Regel auf eine Wochenplanung zurück, in der Mitarbeiterereinsatz, Material und Route definiert sind, um die vereinbarten Kundenaufträge erfüllen zu können.

1.3 Herangehensweise und Struktur der Arbeit

Um die Einflussfaktoren aus technischen, wirtschaftlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen in einem übersichtlichen Maß zu halten und damit praktikable Lösungsansätze bieten zu können, wird für die Untersuchung ein bestehendes Gewerbegebiet in Bargteheide gewählt. Dem Verfasser ist bewusst das diese Herangehensweise zu keiner allgemeingültigen Gesamtaussage führt, da jedes Betrachtungsobjekt individuelle Rahmenbedingungen aufweist. Kapitel 2 befasst sich mit den Konzepten der Politik zur Förderung der Energie- und Mobilitätswende. In Kapitel 3 werden theoretische Grundlagen betrachtet, während in Kapitel 4 die für die Ausarbeitung grundlegenden und relevanten Daten bereitgestellt

werden. Neben der geographischen Einordnung werden Annahmen zu potentiellen Stromerzeugungsanlagen wie Photovoltaik, Windkraft und BHKW getroffen. Für die Abnahme werden ebenfalls Annahmen getroffen über deren Ableitung sich eine Verbrauchsstruktur ergibt, sowie die möglichen Anforderungen der ansässigen Gewerbetreibenden zum Mobilitätsverhalten zusammengefasst um daraus ein Mobilitätsprofil, über Fahrstrecken, Stand- und Ladezeiten zu ermitteln. Das sich daraus abzuleitende Bild aus Energiebedarf und Lastverteilung dient in Kapitel 5 zur Modellierung einer Konzeptlösung. Wie bereits erwähnt liegt im Gewerbegebiet der Vorteil in einer relativ planbaren und damit steuerbaren Energiebedarfsstruktur. Damit liegt die Herausforderung in der zeitlichen Bereitstellung dezentral erzeugter Energie unter ökonomischen Gesichtspunkten, wobei eine intelligente Steuerung der Lasten als wesentlich angesehen wird. Ein zentraler Betrachtungspunkt ist das Stromnetz und alle damit in Verbindung stehenden Rahmenbedingungen. Es spielt in der wirtschaftlichen Betrachtung einen wesentlichen Einflussfaktor, da an das Netz und dessen Nutzung finanzielle Belastungen aber auch Entlastungen geknüpft sind. So ist zu erwarten, dass der eigenständige Netzbetrieb als ein Hauptbestandteil im intelligenten Infrastrukturkonzept angesehen werden kann. Während sich in der Wohnungswirtschaft durch das Modell des Mieterstrom Kooperationen aus Wohnungsbaugesellschaften und Energiedienstleistern entwickeln, kann der Blick auf das Gewerbe ein Interesse bei Stadtwerken und Gewerbeparkentwicklern wecken. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und soll einen Ausblick geben.

2. Konzepte aus Politik und Wirtschaft

Die Bundesregierung hat Möglichkeiten geschaffen um Projekte mit Pilotcharakter zu initiieren zur Förderung von Forschung und Entwicklung, unter Einbeziehung der Wirtschaft und ihrer Anforderungen.

Um das Ziel von einer Million Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 in Deutschland zu erreichen, hatte die Bundesregierung im Jahr 2010 die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) initiiert. Dabei sollen die Kenntnisse aus Energiewirtschaft, Automobil- und Elektrotechnikindustrie gebündelt werden, was ein grundlegender Schritt für eine erfolgreiche Sektorenkopplung bedeutet. Als ein Schwerpunkt der NPE hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) das Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität“ initiiert aus dem sich unterschiedliche Projekte entwickelt haben. Gestartet wurde mit dem Technologieprogramm: IKT für Elektromobilität I im Jahr 2010, gefolgt vom Anschlussprogramm: IKT für Elektromobilität II. Gefördert werden Projekte zur Entwicklung von Konzepten und Technologien die Branchenübergreifend ineinandergreifen und so der (Elektro-)mobilität den Weg ebnet, ein Teil der Energiewende zu werden [2].

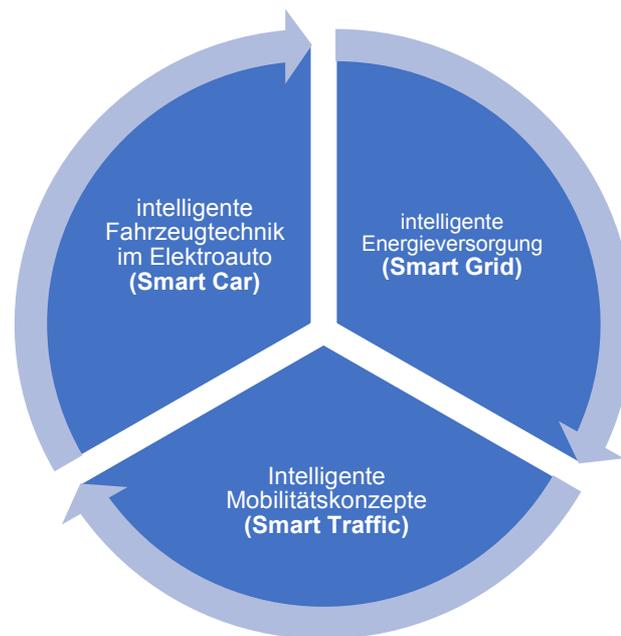


Abbildung 2: Zusammenspiel Branchenübergreifender IKT

Für wesentliche Themenschwerpunkte gilt es kurz- bis mittelfristig Lösungsansätze zu finden [3].:

- **Kundenakzeptanz:** Durch Abbau der Reichweitenangst wird das reine Elektrofahrzeug zu einer echten Alternative.
- **Ladeinfrastruktur:** Ausreichende und standardisierte Ladelösungen und rechtliche Sicherheit im Rahmen der Ladesäulenverordnung.
- **Energie / Smart Grid:** Elektromobilität kann durch intelligente Kopplung mit Energieerzeugung und -verteilung (Lastmanagement) ein Treiber der Energiewende sein.
- **Batterien:** Sinkende Batteriepreise führen zur Preisparität bei der Anschaffung von Fahrzeugen.
- **Daten / Vernetzung:** Klärung von Eigentumsrechten und Standardisierung von Schnittstellen.
- **Regulierung:** Steuerliche Betrachtung des Ladens beim Arbeitgeber.

In der Wirtschaft gibt es bereits einige Beispiele von Kooperationen die sich aus Unternehmen unterschiedlicher Branchen gebildet haben. So sind die Stadtwerke Karlsruhe ein Joint-Venture mit dem Immobilienunternehmen Hoepfner Bräu eingegangen, um ein Smart Quarter zu errichten. Ziel ist ein Energiekonzept mit vor Ort produzierter Sonnenenergie, der Einsatz von BHKW zur Wärme und Stromerzeugung, sowie die Nutzung industrieller Abwärme. Eingebunden werden Elektrotankstellen bei denen die Batterien der Autos als Speicher genutzt werden sollen und das Laden über eine Flatrate abgerechnet wird. Entwickeln soll sich daraus eine Community aus Energienutzern, die neue Lösungen für e-Carsharing, deren

Batterienutzung, den Einsatz von Kleinkraftwerken (Mini-BHKW) und Solarenergie realisieren. Unterstützt wird das Projekt von Digital Energy Solutions, einem Gemeinschaftsunternehmen von BMW (Automobilbranche) und Viessmann (Heiztechnik) [4].

In der Wohnungswirtschaft werden zunehmend Projekte mit Energiedienstleistern, welche in der Vergangenheit als Contractoren für Wärmelieferung aufgetreten sind, zur Umsetzung von Mieterstromkonzepten realisiert. Ziel ist eine Kombination aus Wärme- und Stromlieferung bei der die Stromerzeugung aus BHKW und Photovoltaik erfolgt und den Mietern günstiger als der Grundversorgertarif angeboten werden kann. Zunehmend werden dabei auch Ladesäulenkonzepte berücksichtigt.

3. Theoretische Grundlagen

Die theoretischen Grundlagen beschreiben die Bestandteile der zu betrachtenden Infrastruktur. Sie müssen so ineinandergreifen und aufeinander abgestimmt werden, dass Skaleneffekte zu einem wirtschaftlich tragbaren Konzept führen und Einzellösungen nicht ökologisch kontraproduktiv wirken. Energie sollte möglichst dort verbraucht werden wo sie erzeugt wird, was eine intelligente Steuerung der Netze voraussetzt. So kann ein teurer Netzausbau und ein zunehmender Netzeingriff vermieden werden. Elektromobilität ist erst dann ökologisch, wenn die CO₂ Belastung nicht nur verschoben sondern neutralisiert wird. Reduzierung der CO₂ Belastung in Großstädten durch Kohlestrom betriebene Elektrofahrzeuge führt zu zusätzlicher CO₂ Belastung am Ort der Energieerzeugung mit entsprechenden Konsequenzen.

3.1 Erzeugungsstruktur

Die Betrachtung der Erzeugungsstruktur beschränkt sich auf Erzeugungsanlagen zur regenerativen Stromerzeugung. Aufgrund der Rahmenbedingungen des betrachteten Gewerbegebietes kommen nur Photovoltaik und Windkraftanlagen in Betracht. Unter der Annahme von Biogaseinsatz sind unter diesem Aspekt auch BHKW-Anlagen zu betrachten. Je nach regionalen Gegebenheiten sind weitere Biomassekraftwerke zu berücksichtigen, wie bspw. Pellet-, oder Holzhackschnitzel-BHKW aber auch Geothermie- und Wasserkraftwerke. Da eine Umsetzungsmöglichkeit nicht gegeben ist, werden die genannten Möglichkeiten nicht weitergehend betrachtet.

Photovoltaikanlagen lassen sich in netzgekoppelte Anlagen und Inselanlagen unterscheiden. Während netzgekoppelte Anlagen ihre umgewandelte Energie vollständig oder zumindest teilweise ins öffentliche Stromnetz einspeisen, sind Inselanlagen komplett vom vorgelagerten, öffentlichen Stromnetz entkoppelt. Auch wenn das angestrebte Ziel eine Erzeugung und

Verbrauch gleichermaßen vor Ort darstellt, findet die Betrachtung einer Inselanlage im Weiteren nicht statt. Die Entkopplung vom öffentlichen Stromnetz nimmt die Möglichkeit zum Einsatz netzdienlicher Dienstleistungen und damit fallen sie als Stellhebel bei der Unterstützung im Netzausbau weg.

Weitere Merkmale die im Rahmen ihrer Realisierung in unterschiedlichem Maße durch Ordnungspolitische Rahmenbedingungen beeinflusst werden lassen sich durch den Installationsort, die Installationsart, und Installationsleistung beschreiben. Gebäudeintegrierte Anlagen befinden sich auf Dächern oder in Glasfassaden mit zumeist kleinerer Leistung. Aufdachanlagen und gerade Freiflächenanlagen können Leistungen bis zu mehreren Megawatt aufweisen und unterliegen daher unterschiedlichen Vorgaben im Zuge der Realisierungs- und Betriebsphase.

Bei regelmäßiger technischer Wartung lassen sich mit einer Betriebsdauer von 20 bis 25 Jahren planbare Stromerträge generieren, wobei für einen wirtschaftlichen Betrieb ein entscheidender Faktor die Dimensionierung der Anlage darstellt [5]. Der Photovoltaikgenerator, der Wechselrichter und ein Monitoringsystem sind drei Bereiche in die sich eine Photovoltaikanlage aus technischer Sicht einteilen lässt.

Der Photovoltaikgenerator übernimmt die Umwandlung des Sonnenlichtes in elektrische Energie und umfasst neben den Photovoltaikmodulen die Gleichstromverkabelung und die Unterkonstruktion. Damit ist er die Hauptkomponente der hauptsächlich für die Energieerzeugung verantwortlich ist und macht ca. 50% der Investitionskosten einer Anlage aus, selbst wenn die Kosten der Photovoltaikmodule stetig sinken. Die Module bestehen aus Solarzellen die mit unterschiedlicher Technologie hergestellt werden und lassen sich in kristalline Solarzellen und Dünnschicht solarzellen unterteilen. Der Photovoltaik-Markt wird derzeit von kristallinen Solarzellen dominiert, die gut 90 % der Weltproduktion ausmachen. Neue Technologien wie organische Solarzellen oder kristalline Solarzellen mit mehreren Bandabständen befinden sich in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung und sind von einer Markteinführung noch unterschiedlich weit entfernt [5].

Die drei Aufgaben eines Wechselrichters sind Umwandlung, Steuerung und Kommunikation. Die Umwandlung ist notwendig, um den vom Photovoltaikgenerator erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln damit er ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann. Der dafür einzusetzende Netzwechselrichter bekommt dafür vom öffentlichen Stromnetz die Frequenz von 50 Hz zur Erzeugung des Wechselstroms vorgegeben. Das unterscheidet ihn im Wesentlichen von einem Inselwechselrichter, der dafür einen internen Taktgeber benötigt. Eine wesentliche Komponente zur Steuerung, Regelung und Systemüberwachung ist ein

MPP-Tracker¹. Er hat die Aufgabe das sich der Photovoltaikgenerator im maximalen Betriebsleistungspunkt befindet, dafür muss dieser Betriebspunkt automatisch gesucht und eingestellt werden.

Die Sonneneinstrahlung und Temperatur unterliegt einer permanenten Änderung, womit sich auch die Lage des Betriebspunktes ändert was eine kontinuierliche Überwachung und Nachregelung erfordert. Ein zumeist im Wechselrichter integriertes Monitoringsystem übernimmt die Überwachung erzeugter Energiemengen, ermittelt Fehlerzustände der Anlage und übermittelt sie an den Anlagenbetreiber.

Die anlagenabhängige Größenordnung der Erzeugungsleistung hat Einfluss auf die Einspeisung ins Stromnetz. Eine einphasige Einspeisung ins Niederspannungsnetz erfolgt bis zu einer Anschlussleistung von 4,6 kVA, oberhalb dieser Leistung muss die Einspeisung dreiphasig erfolgen damit die maximal zulässige Phasenschieflast im Niederspannungsnetz nicht überschritten wird. Anlagen mit einer Größenordnung ab 100 kW_p speisen in das Mittelspannungsnetz ein, was einen Mittelspannungstransformator notwendig macht um die Ausgangsspannung des Wechselrichters auf 20 kV zu transformieren. Unabhängig von der Einspeisung ins Niederspannungs- oder Mittelspannungsnetz, ist die Teilnahme von Photovoltaikanlagen am Netzmanagement. Geregelt werden die erforderlichen Maßnahmen durch den BDEW.

Photovoltaikanlagen nehmen aktiv am Lastmanagement der Netzbetreiber teil und erbringen somit wichtige Systemdienstleistungen für eine sichere und nachhaltige Stromversorgung.

Im Fall des zu betrachtenden Gewerbegebietes sind, wie unter Kapitel 4.2 beschrieben, zunächst nur Aufdach- und Fassadenanlagen zu berücksichtigen. In der Modellannahme soll allerdings die Ausweisung einer Fläche zur Sondernutzung unterstellt werden, sodass dann auch Freiflächenanlagen zu berücksichtigen sind.

3.1.1 Windkraftanlagen

Bei der Betrachtung von Windkraftanlagen wird die Einteilung zunächst vornehmlich in Onshore- und Offshore-Windkraftanlagen vorgenommen und damit werden Windparks verbunden, bestehend aus mehreren Windkraftanlagen an Land bzw. auf hoher See. Unterschiedliche Windkrafttypen lassen sich unterteilen in Langsamläufer, wie der SAVONIUS-Rotor und

¹ Maximum Power Point (MPP) ist der Punkt der Strom-Spannungs-Kennlinie eines Solarmoduls an dem die höchste Leistung erbracht wird.

der DARRIEUS Vertikalachsenrotor und Schnellläufer mit 3-Blatt-, 2-Blatt- und 1-Blatt-Rotor [6]. Technologisch haben sich zunehmend dreiflügelige Windkraftanlagen durchgesetzt, die aufgrund eines größeren Anlaufmomentes auch als Schwachwindanlagen eingesetzt werden können und durch eine niedrige Drehzahl eine geringere Geräuschentwicklung aufweisen [7]. Im wesentlichen besteht eine Windkraftanlage aus einem Fundament, dem Turm, dem Maschinenhaus und dem Rotor. Im Turm befinden sich die Leistungskabel und der elektrische Anschluss (Transformator). Das Maschinenhaus beinhaltet die Rotorwelle, das Getriebe, die Rotorbremse, den Generator und die elektrischen Schaltanlagen und Regelungssysteme. Der Rotor besteht aus der Rotornabe mit Blattverstellmechanismus und den Rotorblättern.

Netzanschlussregeln wie sie von der E-on herausgegeben und von Staaten der EU übernommen worden sind setzen einen Standard für Systeme fest, die mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind. Maßgeblich sind die elektrotechnischen Voraussetzungen zur Überwachung, Sicherung und Ansteuerung der Anlage, sowie die Auslegung der leittechnischen Ausrüstung für einen vollautomatischen Betrieb. Kleine und mittelgroße Windkraftanlagen, wie sie in der weiteren Betrachtung berücksichtigt werden, unterliegen in der elektrotechnischen Ausstattung den gleichen Anforderungen wie die Großwindkraftanlagen. Allerdings sind für Leistungen bis zu hundert Kilowatt elektrotechnische Lösungen üblich die zu einfacheren Systemen in der Ausführung umgesetzt werden [8].

Der Einsatz von Windkraftanlagen im betrachteten Gewerbegebiet ist nur in einem eingeschränkten Umfang und auch nur im Bereich von Kleinwindkraftanlagen möglich.

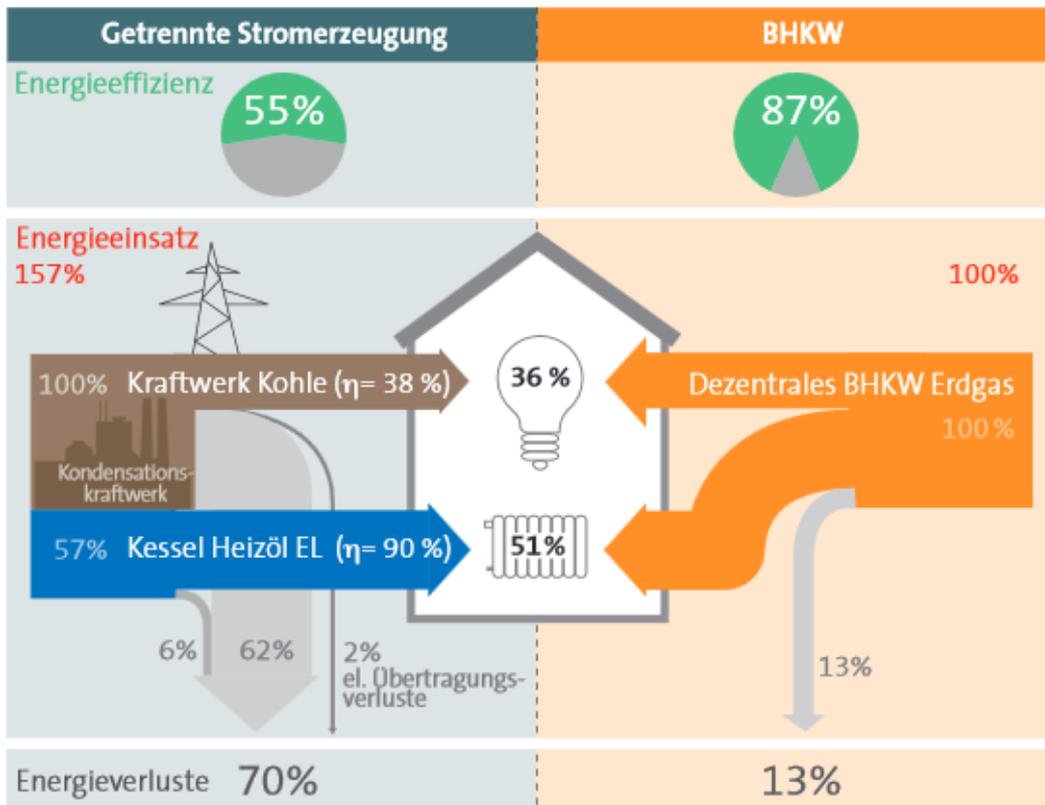
Wann es sich um eine Kleinwindkraftanlage handelt und wie sie sich definiert, ist nicht klar geregelt. Eine Aufstellung der verschiedenen Ansätze soll eine Orientierung geben.

Quelle	Festlegung	Kriterien	Grenzen	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
IEC 61400-2	Norm	Rotorfläche	bis 200m ²	-	-	-
EEG	Gesetz	Nennleistung	bis 50 kW	-	-	-
BWE	Definition	Nennleistung	bis 100 kW	Mikro: 0 – 5kW	Mini: 5-30kW	Mittel: 30 – 100kW
BVKW	Definition	Rotorfläche	bis 200m ²	Mikro: 0 – 1,5kW, max. 6m ²	Klein: 1,5 – 6kW	nach Norm bis 200m ²
IWES	Definition	Rotorfläche & Nennleistung	bis 200m ² max. 50kW	Kategorie XXS: 1,5kW, max.	Kategorie XS: 10kW, max. 40m ²	Kategorie S: 75kW max.200m ²
WEB	Definition	Rotorfläche & Nennleistung	bis ca. 40m ² max. 10kW	-	-	-
BWEA	Definition	Nennleistung	100kW	Micro: 0 – 1,5kW	Small: 1,5 – 15kW	Medium: 15 – 100kW
AWEA	Definition	Nennleistung	100kW	Island: 0 – 0,9kW	Home: 1 – 10kW	Business: 11 – 100kW
EWEA	Definition	Nennleistung	100kW	Pico: 0 – 1kW	Micro: 1 – 7kW	Mini: 7 – 50kW Midi: 50 – 100kW
DWEA	Definitio22888n	Rotorfläche	200m ² / 1.000 m ²	Small (bis 200m ² entspricht etwa max. 50kW)	Medium (201-1000m ² entspricht etwa max. 500kW)	-
BImSchG	Gesetz	Anlagenhöhe	50m	Anlagen kleiner 50m Gesamthöhe brauchen „nur“ Genehmigung nach dem Baurecht des jeweiligen Bundeslandes (teilw. Genehmigungsfrei bis 10m) Anlagen ab 50m Gesamthöhe benötigen eine Genehmigung nach BImSchG (Bundesimmissions- Schutzgesetz)		

Tabelle 1: Definition Kleinwindkraftanlagen [9]

3.1.2 Blockheizkraftwerke

Ein Blockheizkraftwerk beschreibt eine Anlage, die aus einer Verbrennungsmaschine mechanische Energie über einen Generator zu elektrischer Energie umwandelt und die thermische Energie über einen Wärmeträger bereitstellt [10]. Einsatzstoffe zur Energiegewinnung können Gas, Öl, Kohle, Biomasse, oder Müll sein und durch Kraft-Wärme-Kopplung erreichen BHKW einen Wirkungsgrad von über 90%.



Einsparung Primärenergie durch BHKW: 36 %

Abbildung 3: Vergleichsfall Stromerzeugung [11]

Zu den Hauptkomponenten zählt das Antriebsaggregat, zum Einsatz kommen dabei Verbrennungsmotoren, Mikro- und Minigasturbinen, Sterlingmotoren, Dampfmaschinen, Holzvergaser Gasturbinen und die Brennstoffzelle. Im Bereich kleiner und mittlerer Leistungen haben sich modifizierte Otto- und Dieselmotoren etabliert, wie sie in der Serienfertigung von PKW und LKW Anwendung finden. Weitere Komponenten sind der Generator zur Stromerzeugung und der Wärmeüberträger zur Wärmeauskopplung, die Steuerungs- und Regeltechnik, Komponenten wie ein 3-WegeKatalysator zur Minderung von Schadstoffemissionen, die Abgasanlage, Zu- und Ablufteinrichtungen, Schalschutzeinrichtungen und Anschlüsse zur Brennstoffzufuhr und Wärme- und Stromauskopplung.

Von der Größenordnung lassen sich BHKW in Großanlagen mit einer elektrischen Lieferleistung von z.B. $50 \text{ MW}_{\text{elektr.}}$ zum Einsatz in Industrie und kommunaler Versorgung, Mittel-BHKW mit $< 2 \text{ MW}_{\text{elektr.}}$, Mini-BHKW ab $1,5 \text{ kW}_{\text{elektr.}}$ zur Versorgung von Wohnhäusern und Gewerbebetrieben und Micro-BHKW mit einer Leistung $< 1,5 \text{ kW}_{\text{elektr.}}$ unterteilen.

Größenordnung	Anlagentypen	elek. Leistung	Einsatzbereich
Großanlagen	Brennstoffzelle, Dampfmotoren, GuD-Anlagen	> 50 MW _{elektr}	Industrie und kommunale Versorgung
Mittelgroße BHKW	Verbrennungsmotoren, Gasturbinen	< 2 MW _{elektr}	Krankenhäuser, Schwimmbäder, kleinere Industriebetriebe, Nahwärmenetze
Mini-BHKW	Holzvergaser, Stirlingmotoren, Verbrennungsmotoren, Minigasturbinen	= 1,5 kW _{elektr.}	Wohnhäuser, Gewerbebetriebe
Mikro-BHKW	Mikrogasturbinen	< 1,5 kW _{elektr.}	Einfamilienhäuser, Kleingewerbe

Tabelle 2: Größenklassen BHKW

Die Art der Betriebsführung bestimmt sich durch die Erfordernisse der angeschlossenen Verbraucher und kann in einen wärmegeführten oder einen stromgeführten Betrieb unterschieden werden. In Spezialfällen, wie der Einsatz in Krankenhäusern, ist auch eine bedarfsgerechte Kombination möglich. Eine kombinierte Fahrweise bietet sich aber auch durch die Möglichkeit eine unterschiedliche Anzahl an dezentralen BHKW zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenzuschließen. Dazu werden die Anlagen von einer übergeordneten zentralen Stelle überwacht und stromorientiert gesteuert. Je nach Auslastung des Stromnetzes können die angeschlossenen Anlagen dann zu- oder abgeschaltet werden, wobei für die kurzfristige Zwischenspeicherung von Wärme dann ein dezentraler Wärmespeicher benötigt wird.

	Stromgeführt	Wärmegeführt	Kombiniert
Stromverwendung	Nach Bedarf der Verbraucher und wirtschaftlicher Erwägung	Ohne Einschränkung (Eigennutzung und / oder Netzeinspeisung)	Nach Verbraucherbedarf und wirtschaftlicher Erwägung
Wärmeverwendung	Ohne Einschränkung ggf. Zwischenspeicherung oder Notkühlung	Nach Verbraucherbedarf	Nach Verbraucherbedarf ggf. Zwischenspeicherung ggf. stromseitige Einschränkung
Beispiele	Einbindung in ein Fernwärmenetz	Energieversorgung von Gebäuden	Energieversorgung von Krankenhäusern Virtuelle Kraftwerke

Tabelle 3: Betriebsweise BHKW [11]

Das ist relevant für die Auslegung der Anlage, da das BHKW Strom und Wärme als Koppelprodukte stets in einem festen Verhältnis zueinander liefert. Der wärmegeführte Betrieb findet zumeist Anwendung in der Immobilienwirtschaft, wo die Anlage primär auf die Wärmeverbrauchsstruktur der Bewohner abgestellt und der produzierte Strom direkt ins Stromnetz eingespeist oder zum Eigenverbrauch verwendet wird. Stromgeführte Anlagen decken hauptsächlich die elektrische Grundlast ab, wobei die Wärmeproduktion eine sekundäre Rolle spielt. Die nicht genutzte Wärme kann für eine spätere Nutzung in einem Wärmespeicher zwischengepuffert oder über einen Notkühler als Abwärme an die Umgebung abgegeben werden, was allerdings den Wirkungsgrad reduziert. Vor allem Gewerbebetriebe mit einem hohen Energiebedarf nutzen diese Art des Anlagenbetriebes [12].

Um BHKW wirtschaftlich betreiben zu können werden die Anlagen für lange Laufzeiten mit Volllast konzipiert. Dazu ist es notwendig zu bestimmen, welche Wärmemenge innerhalb eines Jahres bereitzustellen ist und wie hoch die maximale Wärmeleistung ausfällt. Als Grundlage dienen die in einem Jahr eingesetzten Brennstoffmengen und der Jahresnutzungsgrad der Kesselanlage aus denen sich die erzeugte Jahreswärmemenge ableiten lässt. Die maximale Wärmeleistung ergibt sich aus einer rechnerischen Ableitung der Jahreswärmemenge unter Berücksichtigung der Tagesmittelwerte der Außentemperaturen eines Jahres. Als Ergebnis ergibt sich eine geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs für ein Referenzjahr.

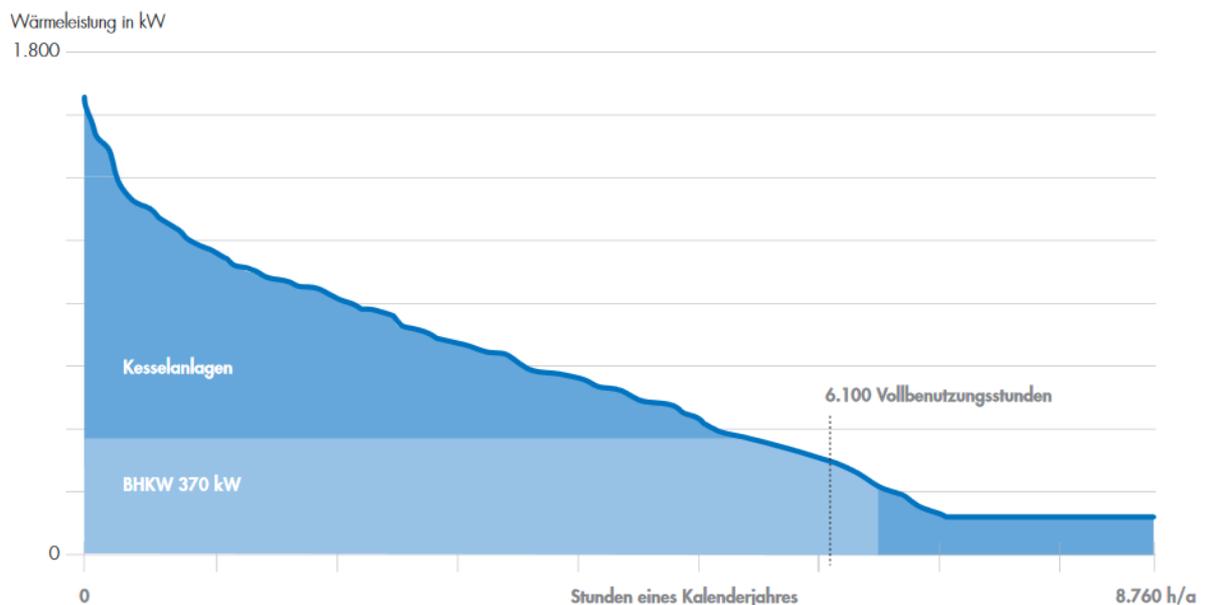


Abbildung 4: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs [13]

Mit Blick auf die Eigenstromversorgung ist auf Basis von Lastganglinien des Strombedarfs abzuleiten, welche Leistungsgröße ein BHKW benötigt. Es gilt einen hohen Anteil des Stromverbrauchs zu decken um damit die Strombezugskosten wesentlich zu reduzieren. Der Tageslastgang in Abbildung 5 zeigt neben der Strombedarfsdeckung durch das BHKW den Teil

der als Kapazitätsüberhang ins öffentliche Netz eingespeist wird und den Anteil der oberhalb der elektrischen Leistung des BHKW aus dem öffentlichen Stromnetz zu beziehen ist.

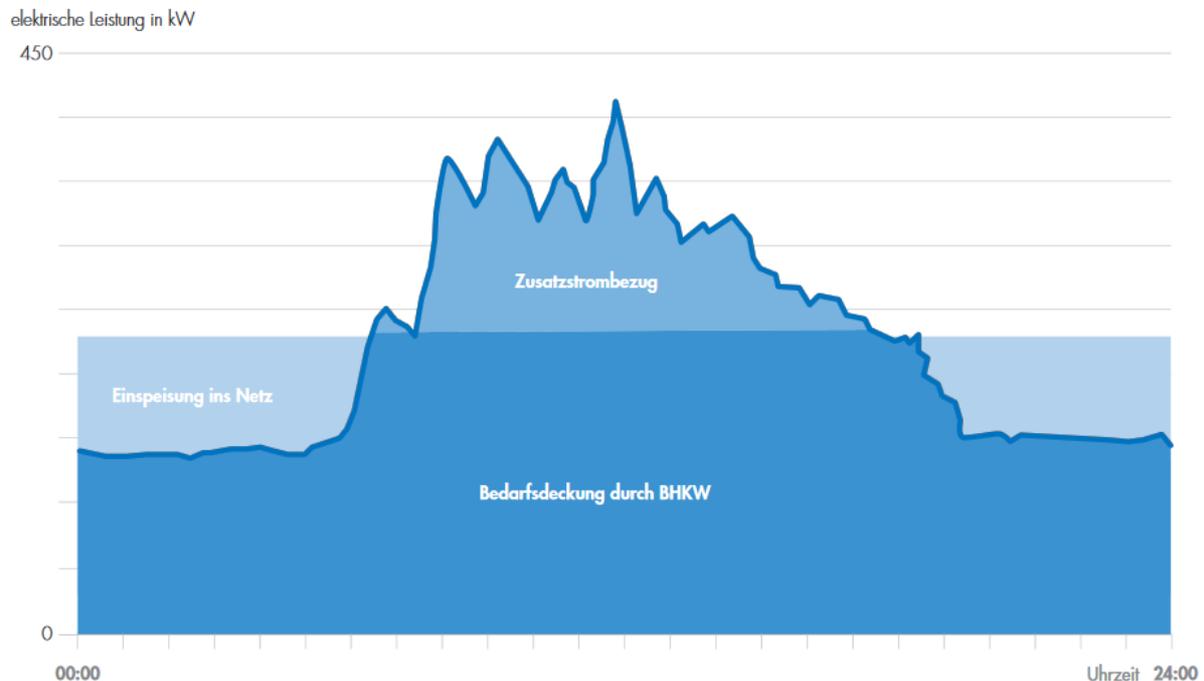


Abbildung 5: Tageslastgang des Strombedarfs [13]

Bei der Ermittlung eines Jahreslastganges kann sich bspw. ergeben, dass 57% des Gesamtstrombedarfs durch den BHKW-Einsatz gedeckt werden können und 22% des erzeugten Stroms in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Residualmenge für den Strombezug aus dem Netz liegt dann bei 21%.

Zur Stromerzeugung lassen sich BHKW mit Generatoren der Synchron- oder Asynchronbauweise einsetzen. Während Asynchrongeneratoren in der Bauart einfacher und daher wartungsärmer und daher kostengünstiger als Synchrongeneratoren sind, benötigen sie beim Start eine Fremderregung durch das angebundene Netz. Anders als der Asynchrongenerator, der aus dem Netz Blindleistung bezieht, kann der Synchrongenerator sowohl Blindleistung beziehen als auch abgeben. Neben der Strombezugskostenreduzierung und Stromüberschusseinspeisung bietet sich aus der Blindleistungskompensation eine weitere Vermarktungsmöglichkeit.

Bei der Anbindung an ein öffentliches Stromnetz ist zu berücksichtigen, dass bei einem Netzparallelbetrieb Anlagen mit kleineren elektrischen Leistungen direkt in das Niederspannungsnetz einspeisen können. Bei mittleren Leistungen erfolgt die Übertragung in der Niederspannungssammelschiene einer Trafostation und bei Generatorleistungen ab ca. 1 MW kommt die Stromeinspeisung in das Mittelspannungsnetz in Betracht [13].

3.2 Verbraucherstruktur

Die Verbraucherstruktur umfasst sämtliche elektrisch betriebenen Anlagen zur Produktion und Weiterverarbeitung von Waren und Dienstleistungen oder in dem Zusammenhang stehende elektrische Anlagen. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen ist in der Verbraucherstruktur im Zusammenhang mit den Ladelösungen zu sehen.

3.2.1 Elektrische Betriebsmittel und Anlagen

Als elektrische Betriebsmittel lassen sich alle Gegenstände bezeichnen, die als Ganzes oder in einzelnen Teilen dem Anwenden elektrischer Energie (Erzeugen, Fortleiten, Verteilen Speichern, Messen, Umsetzen und Verbrauchen) oder dem Übertragen, Verteilen und Verarbeiten von Informationen (Gegenstände der Fernmelde- und Informationstechnik) dienen.

Elektrische Anlagen definieren sich durch den Zusammenschluss elektrischer Betriebsmittel. Zu unterscheiden sind ortsveränderliche und ortsfeste elektrische Betriebsmittel, sowie stationäre und nicht stationäre Anlagen [14].

- **Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel:** Betriebsmittel die während des Betriebes bewegt oder die leicht von einem Platz zum anderen gebracht werden können, während sie an den Versorgungsstromkreis angeschlossen sind.
- **Ortsfeste elektrische Betriebsmittel:** Fest angebrachte Betriebsmittel oder Betriebsmittel, die keine Tragevorrichtung haben und deren Masse so groß ist, dass sie nicht leicht bewegt werden können. Hinzuzählen auch elektrische Betriebsmittel, die vorübergehend fest angebracht sind und über bewegliche Anschlussleitungen betrieben werden.
- **Stationäre Anlagen:** Sind mit ihrer Umgebung fest verbunden, wie Installationen in Gebäuden. Aber auch Installationen in Baustellenwagen, Containern und auf Fahrzeugen sind dazuzurechnen.
- **Nichtstationäre Anlagen:** Kennzeichnen sich dadurch aus, dass sie entsprechend ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch nach dem Einsatz wieder abgebaut (zerlegt) und an einem neuen Einsatzort wieder aufgebaut (zusammengeschaltet) werden. Dazu zählen Anlagen auf Bau- und Montagestellen [15].

Kern der elektrischen Betriebsmittel und Anlagen ist der Motor, er wandelt die aus dem Versorgungsnetz aufgenommene elektrische Energie in mechanische Arbeit um. Zu unterscheiden sind verschiedene Betriebsarten, denn ein Großteil der Motoren arbeitet nicht im Dauerbetrieb sondern in abweichenden Betriebsarten. Nach DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1) lassen sich die Betriebsarten unterscheiden in S1 bis S10 und sind nach ihrer Zuordnung aus Abbildung 6 zu entnehmen.

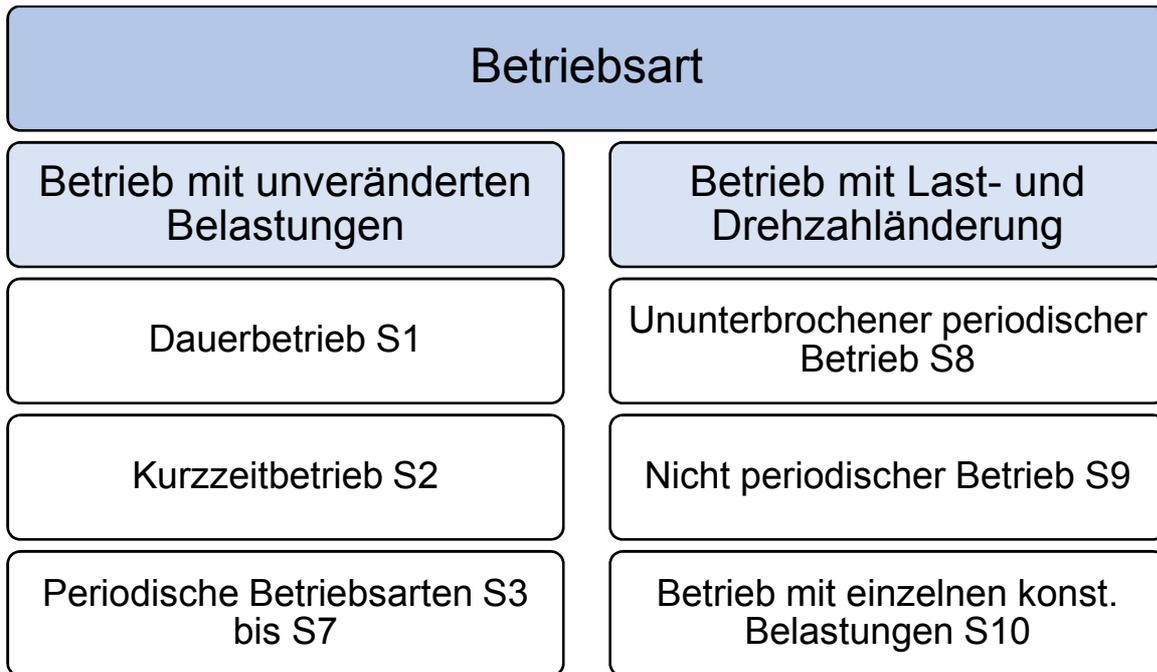


Abbildung 6: Übersicht Betriebsarten

- **Dauerbetrieb S1:** Zeitlich nicht begrenzter Betrieb mit konstanter Belastung. Bei Erreichen des thermischen Beharrungszustandes besteht ein Gleichgewicht zwischen entstehender Verlustwärme und Wärmeabfuhr (Umwälzpumpen, Rolltreppenantriebe, Ventilatoren).
- **Kurzzeitbetrieb S2:** Der Betrieb mit konstanter Belastung ist so kurz, das die Beharrungszeit nicht erreicht wird. In der anschließenden Pause kühlt die Maschine wieder auf die Kühlmitteltemperatur ab. Nach DIN EN 60034-1 lässt sich der Kurzbetrieb in 10 min., 30 min., 60 min. oder 90 min. Betriebszeit unterscheiden (Kühlschrankmotoren, Garagenantriebe).
- **Periodischer Aussetzbetrieb S3 bis S5:** Die Betriebsdauer und Pausen sind kurz. In den Pausen mit Stromloser Wicklung erfolgt keine Abkühlung der Maschine auf die Kühlmitteltemperatur (Kompressorantriebe, Hebezeugmotoren, Werkzeugmaschinen).
- **Dauerbetrieb S6 bis S10:** Betriebsarten bei denen der Dauerbetrieb mit Last- und Drehzahländerungen verbunden ist (Werkzeugmaschinen, Antrieb einer Presse) [16].

3.2.2 Elektrofahrzeuge

Elektromobilität hat dazu geführt das eine etablierte Branche mit ihrer gewachsenen Zulieferstruktur einem bislang ungewohnten Innovationszwang gegenübersteht. Bislang war der konventionelle Verbrennungsmotor die führende Antriebstechnologie mit dem Fokus auf Weiterentwicklung und Optimierung, der eine wesentliche Markteintrittshürde darstellt und kaum Konkurrenz durch neue Marktteilnehmer befürchten ließ. Mit den neuen Herausforderungen durch sich verändernde Wertschöpfungsketten treten innovative Start-ups und unternehmerische Newcomer am Markt auf. Es entstehen neue Allianzen zu denen Unternehmen aus der Energiebranche genauso gehören, wie Firmen aus der IKT-Branche.

Die neue Antriebstechnologie ist der elektrifizierte Antriebsstrang zu deren Hauptkomponenten die Batterie, die elektrische Maschine und die Leistungselektronik gehören. Für die Produktionstechnik liegt die Herausforderung bei den zu erreichenden Qualitätskriterien des Elektromotors und der Batterie, auch sind sie die Komponenten die den wesentlichen Anteil der Herstellungskosten ausmachen [17].

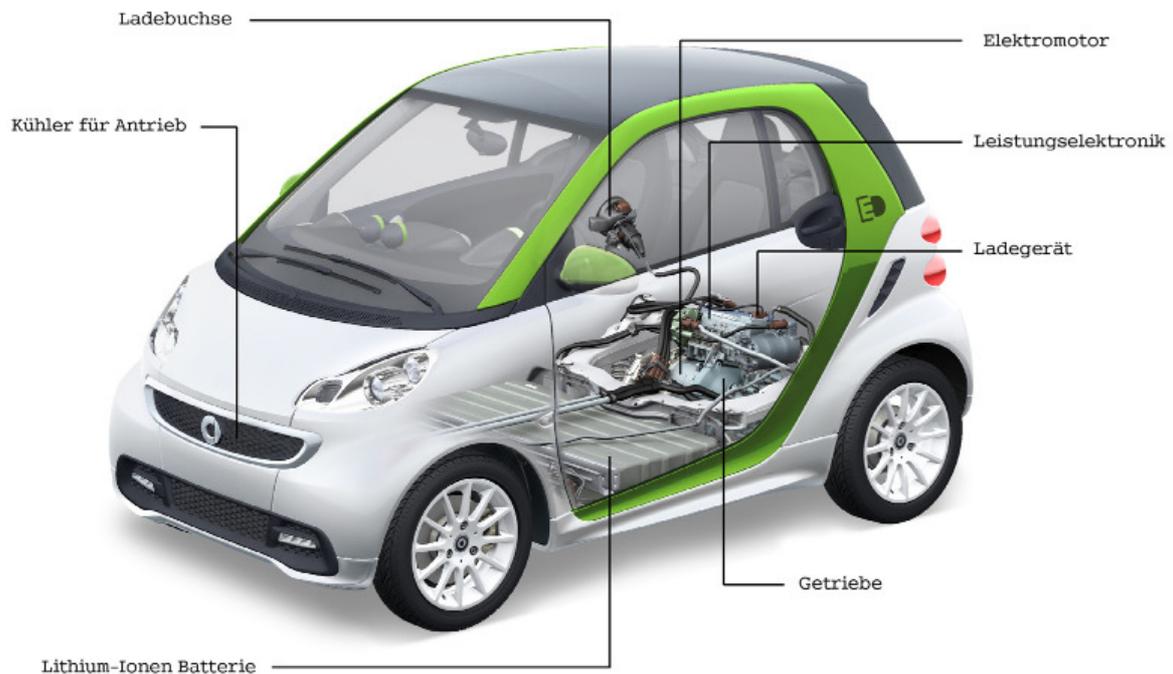


Abbildung 7: Konstruktiver Aufbau des Smart electric drive [18]

Der Elektromotor in Form eines Drehstrommotors wird mit dreiphasigem Wechselstrom betrieben, wobei das Funktionsprinzip auf drei Spulen basiert die im Kreis angeordnet sind. Durch ein im Wechsel erzeugtes magnetisches Feld wird eine Drehbewegung bewirkt, die den Rotor antreibt.

Die Eigenschaften der Batteriesysteme lassen sich an der Energiedichte, Kapazität, Leistungsdichte, dem Wirkungsgrad, der Zyklenfestigkeit und Strombelastbarkeit sowie einzelner Spannungswerte wie Ladeschlussspannung und Entlade-Schlussspannung festmachen. Als wichtige Eigenschaften sollen die Energiedichte, Leistungsdichte und Zyklenfestigkeit näher betrachtet werden.

Als Maß für die Effizienz der Energiespeicherung und damit beeinflussend auf das mitzuführende Eigengewicht ist die Energiedichte. Sie wird in Wattstunden pro Volumeneinheit in Liter (Wh/l) oder Wattstunden pro Masseinheit in Kilogramm (Wh/kg) angegeben. Ein Li-Ionen-Batteriesystem hat mit einem Energiegehalt von 20 kWh bspw. ein Gewicht von 180g, eine hoher Wert der Energiedichte lässt einen Rückschluss auf die Reichweite zu, beschreibt aber in erster Linie die gespeicherte Energiemenge in einer Batterie.

$$\text{Reichweite}_{\max} = \text{Energiedichte (Wh/kg)} \times \text{Masse der Batterie (kg)}$$

Die Leistungsdichte bringt zu Ausdruck in welchem Umfang elektrische Energie bezogen auf die Masse oder das Volumen aus der Batterie entnommen werden kann. Eine hohe Leistungsentnahme ist wichtig für das Beschleunigungsvermögen und die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs. Da Energiedichte und Leistungsdichte konträr zueinander sein können, kann die Optimierung eines Wertes eine negative Auswirkung auf den anderen Wert haben. Es ist somit auf das richtige Verhältnis zueinander zu achten, das nach Anwendungsfall unterschiedlich ausfallen kann.

Die Zyklenfestigkeit beschreibt die maximal mögliche Anzahl von Lade- und Entladevorgängen bis zum deutlichen Kapazitätsverlust. Je größer die Zahl der Ladezyklen bei bestehender Kapazität, umso höher ist die Lebensdauer einer Batterie.

Die Aufgabe der Leistungselektronik liegt im Steuern, das verlustarme Umformen und das Schalten von elektrischer Leistung. Im elektrischen Antriebsstrang wird mit Hilfe eines Wechselrichters, auch Inverter genannt, die von der Batterie zugeführte Gleichspannung in Wechselspannung für den Betrieb des Elektromotors umgewandelt [17]. Mit seiner elektronischen Regelung und Überwachung des Elektromotors sorgt er für eine sichere und anforderungsgerechte Drehmomentversorgung des E-Antriebsstrangs.

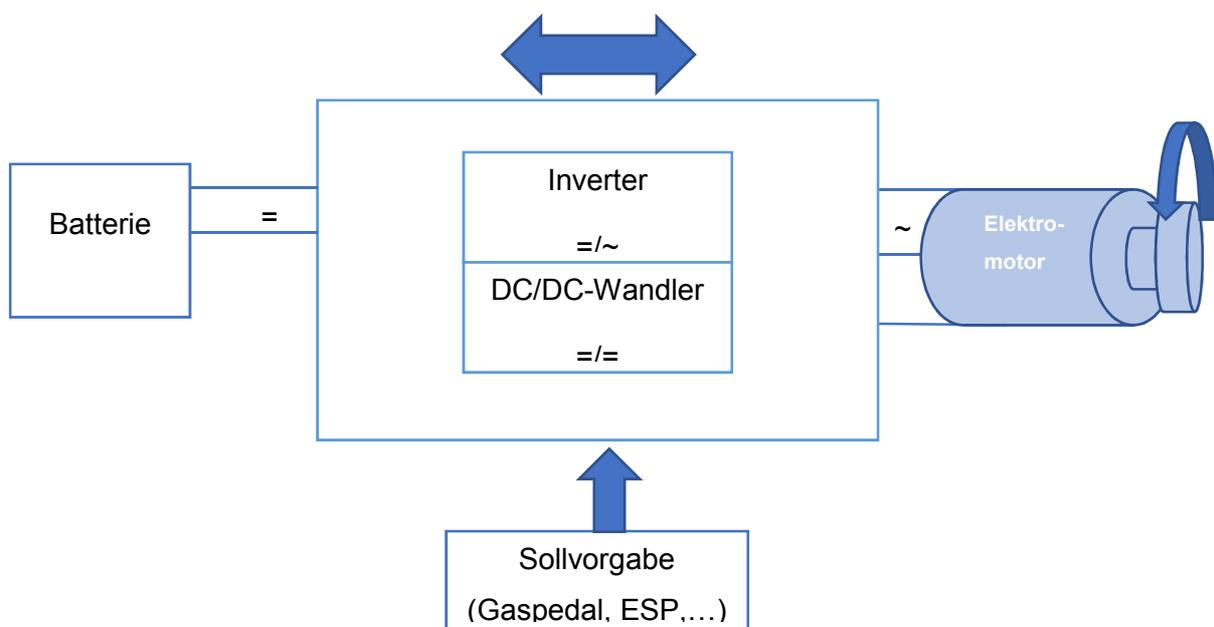


Abbildung 8: Leistungselektronik im elektrischen Antriebsstrang

Der im allgemeinen Sprachgebrauch verwendete Begriff des Elektrofahrzeugs ist zu unterscheiden in rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV = Battery-Electric-Vehicle) und Fahrzeuge mit einem weiteren Energiewandler (HEV = Hybrid-Electric-Vehicle), zumeist in Form eines klassischen Verbrennungsmotors. Hybrid Fahrzeuge lassen sich nach dem Anteil des elektrischen Antriebs in drei weitere Kategorien einteilen. Man spricht von Microhybrid, wenn eine elektrische Zusatzmaschine nicht dem Vortrieb dient aber etwa mit einer Start-Stopp-Automatik einen Beitrag zur Kraftstoffeinsparung leistet. Ein Mildhybrid dient ebenfalls der Unterstützung beim Start, dient aber auch beim Vortrieb durch elektrische Beschleunigungsunterstützung. Der Vollhybrid ist mit seinem Leistungsvermögen in der Lage Distanzen rein elektrisch zurückzulegen. Werden die genannten Hybrid-Antriebe ausschließlich über den Verbrennungsmotor geladen, wird der elektrische Energiespeicher bei einem Plug-In-Hybrid (PHEV) separat an einem externen Stromnetz geladen. PHEV fahren überwiegend elektrisch und der Verbrennungsmotor wirkt hier nur unterstützend, indem er erst anspringt wenn die Batterie leer ist.

Im Zusammenhang mit elektrischer Antriebsleistung ist auch die Brennstoffzelle zu nennen. Die Brennstoffzelle ist ein elektrochemischer Energiewandler, der chemische Energie ohne Umwandlung in Wärme und Kraft in elektrische Energie verwandelt. Aus Wasserstoff und Sauerstoff wird unter Freigabe von Energie Wasser, wobei die freigesetzte Energie für den Elektroantrieb verwendet wird. Fahrzeuge mit Brennstoffzellen entnehmen dabei den Sauerstoff aus der Umgebung und führen nur den Wasserstoff mit sich, womit eine längere Ladezeit entfällt [19].

Das Einsatzgebiet von Elektrofahrzeugen liegt neben dem individuellen Stadtverkehr im Rahmen von Sharing-Angeboten im städtischen Lieferverkehr und im Rahmen gewerblicher Flotten. Durch den innerstädtischen Einsatz von Elektrofahrzeugen reduziert sich nicht die Anzahl der Fahrzeuge aber der CO₂-Ausstoss sinkt deutlich. Obwohl man aktuell betonen muss das es nur zu einer örtlichen Verlagerung des CO₂-Ausstoss kommt, solange der Strom zum Betrieb der Fahrzeuge nicht CO₂-Neutral produziert wird. Städte ohne Kraftwerke in unmittelbarer Nähe werden zu Lasten von Städten mit Kraftwerkstandorten die Vorteile einer CO₂-Reduzierung spüren.

Auf dem deutschen Markt stehen für die einzelnen Fahrzeugklassen, vom Kleinwagen bis zur Oberklasse, verschiedene Fahrzeugtypen zur Verfügung. Auch im Bereich Transporter und Nutzfahrzeuge wird das Angebot zunehmend größer, wie eine Zusammenfassung im Anhang zeigt.

3.2.3 Ladeinfrastruktur

Betrachtet man die Ladeinfrastruktur stellt sich die Frage nach den unterschiedlichen Ladeverfahren die sich zunächst in kabelgebundene und kabellose Verfahren unterscheiden lassen. Während das kabelgebundene Laden eine weitere Differenzierung über die Verwendung der Stromform zulässt, also das Laden mit Wechselstrom (AC Laden) und das Laden mit Gleichstrom (DC Laden), unterscheiden sich die kabellosen Verfahren durch ihr Konzept.

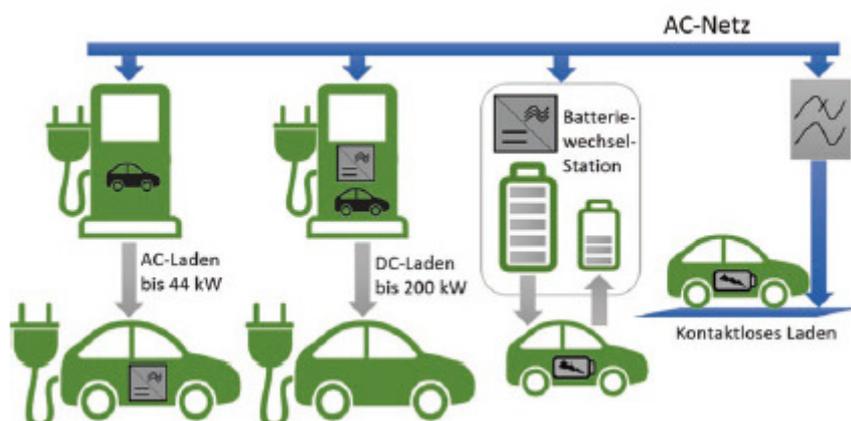


Abbildung 9: Unterschiedliche Ladeverfahren [20]

Bei der Anwendung von AC-Ladeverfahren sind Ladeleistungen bis 44 kW zu erwarten, wobei das Fahrzeug mit dem ein- oder dreiphasigen Wechselstromnetz über eine Ladeleitung mit einem Ladesystem verbunden ist. Die Gleichrichtung erfolgt über ein im Fahrzeug eingebautes Ladegerät welches auch den Ladevorgang der Batterie steuert. Beim Laden mit dem DC-Ladeverfahren sind Ladeleistungen bis 200 kW möglich, perspektivisch ist eine Ladeleistung von 350 kW zu erwarten [21]. Auch beim Laden mit Gleichstrom ist das Fahrzeug über eine Ladeleitung mit der Ladestation verbunden, wobei das Ladegerät in der Ladestation integriert ist und die Ladesteuerung über eine Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladestation erfolgt.

Kabelloses Laden erfolgt durch das Auswechseln der leeren Batterien, in dem sie aus dem Fahrzeug entnommen und durch eine geladene Batterie aus einer Batteriewechselstation ersetzt werden. Eine kommerzielle Umsetzung durch das Start-Up Better Place endete im Jahr 2013 mit der Anmeldung des Insolvenzverfahrens. Hingegen will ein chinesisches Start-Up ab 2020 zunächst Wechselstationen in China installieren und ab 2023 auch in Europa. Deutsche Hersteller wie Mercedes-Benz und BMW stehen dem Konzept skeptisch gegenüber und haben neben der Standardisierung von Breite, Tiefe und Spannungslage der Batterie, der fehlenden Freiheit Zellen parallel oder seriell zu schalten auch das Thema von Garantie- und Haftungsfragen als Schwachpunkte aus gemacht [22]. Eingesetzt wird dieses System

allerdings im kleineren Rahmen bei Pedelecs und E-Bikes aber auch ein kommerzieller Einsatz bei E-Motorrollern erfolgt bereits².

Die Energieübertragung beim kontaktlosen induktiven Laden erfolgt mit Hilfe des Transformatorprinzips. Dabei erzeugt ein Sender mit Stromversorgung ein magnetisches Wechselfeld und schickt dieses an eine Spule. In der zweiten Spule des Empfangsgeräts wird dadurch eine Wechselfeldspannung induziert, diese wird gleichgerichtet und dann dem Verbraucher zugeführt. Da die magnetische Resonanz zwischen beiden Spulen schwach ist, funktioniert die Energieübertragung nur über eine kurze Distanz. Für Elektrofahrzeuge befindet sich diese Technologie in der Entwicklungs- und Standardisierungsphase und ist kommerziell noch nicht großflächig im Einsatz.

In der weiteren Betrachtung wird auf die kabellosen Ladeverfahren nicht weiter eingegangen, da ein kommerzieller Einsatz aktuell nicht möglich ist und somit keine relevante Einflussgröße darstellt³.

Die Betriebsarten der kabelgebundenen Ladeverfahren sind in einer Systemnorm beschrieben und unterscheiden sich zwischen der Verwendung von Haushalts- / Industriesteckdosen und festinstallierten Ladestationen. Eine weitere Unterscheidung ergibt sich aus der Informationsstruktur und/oder Ladeleistung. Aus den Anforderungen die sich an die Ladeleistung ergeben und im Rahmen des Einsatzortes im Gewerbegebiet durch weitere Vorschriften und Verordnungen bedingt sind, kommen nur festinstallierte Ladestationen in Betracht. Der Ort der Aufstellung entscheidet zudem, ob eine Verwendung von Wallboxen (Ladebetriebsart 3) oder Ladesäulen (Ladebetriebsart 4) statt findet. Eine Aufstellung im öffentlichen oder halböffentlichen Raum ist zwingend für den Einsatz von Ladesäulen.

Zur Dimensionierung der notwendigen Anschlussleistung und Bereitstellung der richtigen Ladeinfrastruktur mit der notwendigen Anzahl an Ladepunkten sind Fragen zu beantworten, die im weiteren notwendig sind um unter Kapitel 4.3.2 eine Lastgangermittlung durchzuführen [21].

- Art und Anzahl der zu berücksichtigenden Fahrzeuge am Ladestandort,
- die Ladeleistung der anzuschließenden Fahrzeuge,

2 Die Firma Gogoro setzt in Asien und zunehmend auch in Berlin im großen Stil auf Stationen für den schnellen Batteriewechsel. Dabei befinden sich zwei Austausch-Akkus mit einer Kapazität von 1,3 kWh und einer Reichweite von 90 KM unter der Sitzbank der Roller und lassen sich innerhalb von einer Minute wechseln.

3 Selbst beim Einsatz von Pedelecs und E-Bikes in Form von Lastenrädern oder Dienstfahrrädern ist die erwartete Last aus dem Ladevorgang der Wechselbatterien auf der Betrachtungsebene vernachlässigbar.

- der zu erwartende durchschnittliche Ladezeitraum und
- das Ladeverhalten der Fahrzeugbesitzer

Antworten zu diesen Fragen lassen sich aus den Ausführungen zu den Elektrofahrzeugen unter Kapitel 3.2.2 und der Datengrundlage unter Kapitel 4.3 ableiten und finden ihre Verwendung in der Modellierung.

Die Beantwortung nach dem Ladezeitraum legt im Zusammenhang mit der notwendigen Verfügbarkeitsquote der zur Verfügung stehen Fahrzeuge fest, ob von einer Normalladung ≤ 22 kW oder einer Schnellladung > 22 kW auszugehen ist. Zu bedenken ist die Erwartung dass aufgrund der fortschreitenden Batterieentwicklung in den nächsten Jahren immer höhere Ladeströme möglich werden, welche die typischen Ladezeiten in die Größenordnung regulärer Tankzeiten für Benzin und Diesel rücken lässt [23]. Dieser Betrachtungsansatz spielt neben der kostenintensiveren Ladeinfrastruktur eine Rolle bei der Betrachtung der Netzkapazität.

Ein Lastmanagement der Ladesäulen führt dazu, dass der Bedarf an Anschlussleistung reduziert und dadurch Netzverstärkungsmaßnahmen oder Netzausbaumaßnahmen unterlassen werden können. Es werden dabei unterschiedliche Parameter für die Ladevorgänge festgelegt wie eine vorgegebene Maximalleistung oder eine Priorisierung der Ladevorgänge. Dabei kann in Abhängigkeit der Einsatz- und Routenplanung jedes Fahrzeug individuell geladen und zum gewünschten Zeitpunkt bereitgestellt werden. Darüber hinaus kann die Nutzung regenerativer Energien verbessert und Leistungsspitzen geglättet werden. Bei einer Kopplung mit Marktsignalen besteht die Möglichkeit Preisspitzen zu nutzen, um zu günstigen Preisen Strom zu beziehen oder zu hohen Preisen Strom abzugeben.

3.3 Speicherstruktur

Bei der Betrachtung einer möglichen Speicherstruktur finden Pumpspeicher, die im deutschen Stromversorgungsnetz zur Netzstabilität eingesetzt werden genauso wenig Berücksichtigung wie große Wärmespeicher die insbesondere von öffentlichen KWK-Betreibern eingesetzt werden, um Strompreisschwankungen auszugleichen [24]. Auch auf weitere verschiedene Speicherformen die sich unter dem Begriff Power-to-X zusammenfassen lassen, wie Power-to-Gas, wird nicht näher eingegangen.

Betrachtet werden Batteriespeicher die eine Anwendung im Regelenergiemarkt finden und/oder dazu dienen die Eigenversorgungsquote im Gewerbe und bei privaten Haushalten zu erhöhen. Diese Funktionen können auch Akkumulatoren, Batterien eines Elektroautos, übernehmen, sofern die Ladeeinheit über ein entsprechendes Steuersystem verfügt.

Nach einem Faktenpapier des Bundesverband Energiespeicher ergibt sich für Deutschland ein Batteriespeicherpotenzial, welches in Tabelle 4 zusammengefasst wird.

Anwendung	Leistung (GW)	Kapazität (GWh)
Hausspeicher	40	120
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	23	46
Regelreserve	5	10
E-Mobile (inkl. Hybride)	125	250
Summe Batteriespeicher	193	426

Tabelle 4: Batteriespeicherpotential in Deutschland [24]

Eine Batterie ist ein elektrochemischer Energiespeicher, der aus einer Vielzahl in Reihe geschalteten galvanischen Zellen besteht, untergebracht in einem Gehäuse. Beim Ladevorgang einer Batterie wird die zugeführte elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt und gespeichert, bezeichnet als Reduktions-Oxidations-Reaktion oder kurz Redoxreaktion. Bei dieser elektrochemischen Reaktion, werden bei einem Stoff A Elektronen abgegeben (Oxidation), die von einem anderen Stoff aufgenommen werden (Reduktion). Da Elektronen nicht direkt gespeichert werden können, müssen sie immer in eine andere Energieform umgewandelt werden. Diese Umwandlung findet in einer galvanischen Zelle statt. Verbaut sind in dieser galvanischen Zelle zwei Elektroden, die sich in einem ionisch leitenden Elektrolyt befinden. Zwischen der (positiv geladenen) Kathode und der (negativ geladenen) Anode fließt der Elektronenstrom, wobei ein nicht leitender Separator die Elektroden voneinander trennt um einen Kurzschluss zu verhindern. Passiert werden kann der Separator lediglich von dem Ionenstrom. Wird ein Verbraucher angeschlossen, was im Fall eines Elektroautos den Elektromotor darstellt, kommt es zu einer Prozessumkehr bei dem elektrische Energie freigegeben wird. Mit der Folge der Bewegung des Elektroautos.

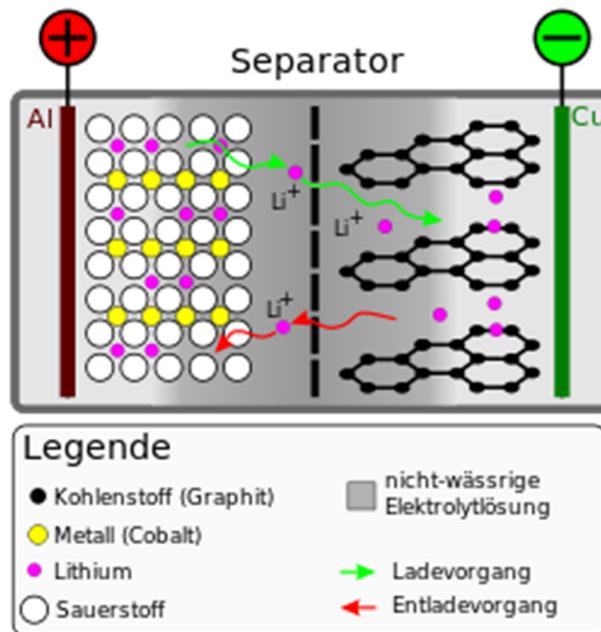


Abbildung 10: Schematischer Aufbau einer Lithium-Ionen-Zelle [25]

Der Leistungsumfang von Stromspeichern lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- **Speicherung:** Bedarfsgerechte Speicherung und Abgabe von Energie führt zu einer zeitlichen und räumlichen Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch. Dabei kann es sich um eine Kurzzeit- oder Langzeitspeicherung handeln.
- **Leistungsänderung:** Sowohl im Einspeicher- als auch im Ausspeicherprozess eignen sich Batteriespeicher für eine schnelle und große Leistungsänderung, auch ramping genannt. Sie dienen damit der Ausregelung großer Residuallastgradienten, also der Restnachfrage am Strommarkt die von regelbaren Kraftwerken gedeckt werden muss.
- **Auktionierte Systemdienstleistungen am Regelenergiemarkt:** Lieferung von Primärregelleistung, Sekundenregelleistung und Minutenreserve zum Ausgleich von Leistungsschwankungen im Stromnetz.
- **Systemdienliche Leistungen auf Basis bilateraler Verträge:** Lieferung von Blindleistung, Kurzschlussleistung und Ermöglichung von Spannungshaltung, Netzengpass-Management (Redispatch) und Versorgungsaufbau (Schwarzstartfähigkeit).
- **Peak Shaving:** Glättung von Einspeisespitzen bei Strom aus z.B. PV-Anlagen durch Zwischenspeicherung.

Der Begriff des Speichers ist in der energierechtlichen Betrachtung bislang nicht klar definiert. Während das Energiewirtschaftsgesetz in §3, Nummer 9 EnWG nur den Erdgasspeicher berücksichtigt, wird in der Ladesäulenverordnung der Energiespeicher zwar definiert aber beschränkt sich in seiner Auslegung nur auf das Elektromobil. Andere Sektoren finden in der Aussage „die Bauteile des Kraftfahrzeugantriebes, die die jeweiligen Formen von Energie speichern, welche zur Fortbewegung des Kraftfahrzeuges genutzt werden“ keine Berücksichtigung.

Aufgrund der unklaren energiewirtschaftlichen Einordnung von Energiespeichern wird der Stromspeicher in dieser Konsequenz wirtschaftlich benachteiligt. Stromspeicher sind nach geltendem Recht bei der Einspeicherung als Letztverbraucher zu betrachten und werden bei der Ausspeicherung als Erzeuger angesehen. Das führt zu verschiedenen Abgabe- und Umlageverpflichtungen, welche sich auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Weitere rechtliche Unterschiede ergeben sich aus dem Umstand, ob der Strom:

- aus einer Eigenerzeugungs- oder Eigenversorgungsanlage stammt.
- aus dem öffentlichen Netz bezogen wird.
- eingespeichert und anschließend ins öffentliche Netz eingespeist wird.

Ebenso spielt eine Rolle, ob der Stromspeicher aus einer oder mehreren EE-Anlagen geladen wird und welche installierte Leistung besteht.

Einspeicherung von Strom aus Eigenerzeugungsanlagen, Bestandsanlagen die bereits vor dem 1. August 2014 Strom zum Selbstverbrauch erzeugt haben, und Einspeicherung von Strom aus Eigenversorgungsanlagen, alle Anlagen die ab dem 1. August 2014 installiert wurden, unterliegen einer komplizierten Regelung. Eigenerzeugungsanlagen sind von der EEG-Umlage befreit, während Eigenversorgungsanlagen die volle EEG-Umlage bezahlen, sofern es sich nicht um KWK-Anlagen oder EE-Anlagen handelt.

Strom der aus dem öffentlichen Netz bezogen und eingespeichert wird gilt als Letztverbrauch und unterliegt damit grundsätzlich allen Letztverbraucherabgaben:

- EEG-Umlage
- Stromsteuer
- KWK-Umlage
- Umlage nach §-19
- Konzessionsabgabe
- Offshore-Haftungsumlage

Für verschiedene Unternehmen, zumeist aus der Industrie, bestehen Sonder- und Ausnahmeregelungen die zu einer deutlichen Betragsreduzierung führen können.

Einspeisung oder Wiedereinspeisung von Strom ins öffentliche Netz haben keine Belastung durch Steuern und Umlagen zur Folge aber der Verbraucher dieses Stroms hat als Letztverbraucher die Abgaben zu leisten. Das kann bei einem Bezug aus dem öffentlichen Netz und einer späteren Einspeisung ins öffentliche Netz zu einer Doppelbelastung bei unterschiedlichen Verbrauchern führen.

Bei der Nutzung des öffentlichen Netzes fallen zusätzlich Netzentgelte an, die vom Netzbetreiber jährlich veröffentlicht werden. Bei der Eigenversorgung fallen diese Netzentgelte und

auch Konzessionsabgaben nicht an, sofern das öffentliche Netz nicht in Anspruch genommen wird. Darüber hinaus entfällt für Anlagen bis 2 MW die Pflicht zur Zahlung der Stromsteuer.

Es lassen sich weitere energierechtliche Konstellationen definieren auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, da jeder Fall nahezu individuell zu betrachten ist.

3.4 Lastprofile

Lastprofile bilden die Grundlage zur Berechnung der Netzentgelte zur Refinanzierung der Netzinfrastruktur und zur Abrechnung des Stromkunden, sowie der Ermittlung der Stromsteuer. Der Verbraucher wird mit den Kosten der Bereitstellung und Lieferung der elektrischen Energie belastet, wobei die Spitzenleistung (maximale Leistung) als grobes Maß für den Beitrag zu den benötigten Erzeugungs- und Netzkapazitäten aus dem jeweiligen Lastprofil entnommen werden kann. Da Lastspitzen in Zeiten eines allgemeinen hohen Verbrauchs zu hohen Kosten führen können, nehmen große Verbraucher einen strukturierten Einkauf vor. Dabei wird eine Grundlast in Form gleichbleibender Anteile als Band eingekauft. Die verbleibenden Anteile werden in Lastblöcke aufgeteilt und kurzfristige Lasten durch Zukäufe an der Strombörse gedeckt.

Die Notwendigkeit zur Ermittlung von Lastprofilen liegt aber vor allem darin, Fahrpläne für die am folgenden Tag zu erwartende Netzlast aufzustellen. Für Lieferanten und Netzbetreiber ist es zwingend, da bei tatsächlicher Lieferung an den Kunden die Synchronität von Einspeisung und Abnahme gewährleistet sein muss. Entsprechend sind Fahrpläne der Erzeugungskapazitäten abzuleiten, was bei Zunahme regenerativer Erzeugungsanlagen die Anforderungen an die Prognosefähigkeit und –zuverlässigkeit verstärkt.

Unterscheiden lassen sich Standardlastprofile (SLP) und die Registrierte Leistungsmessung (RLM). Das Standardlastprofil wird auf Verbraucher mit einem Jahresverbrauch unter 100.000 kWh angewendet, eine registrierende Leistungsmessung ergibt sich bei einem Jahresstromverbrauch von über 100.000 kWh aus der Verpflichtung nach der Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV). Abhängig von der Verbrauchseinordnung sind die Verbrauchstellen mit den jeweiligen Stromzählern ausgestattet. SLP-Zähler konnten in der Vergangenheit nicht fernausgelesen werden, was sich im Zuge des Messstellenbetriebes zunehmend ändert. Die monatliche Abrechnung der Stromverbräuche erfolgt daher über Abschläge auf Basis prognostizierter Mengen anhand eines zugeordneten Lastprofils. Mit Ermittlung der echten Verbrauchs- und Leistungswerte durch jährliche Ablesung wird eine Endabrechnung vorgenommen, die je nach Abweichung des hinterlegten Standardlastprofils zu einer Erstat-

tung oder Nachzahlung führen kann. RLM-Verbraucher dienen zur Sicherstellung der Netzstabilität, woraus sich auch entsprechende Anforderungen an die Leistungsmessung ergeben. Eine Lastgangermittlung erfolgt in einer Zeitauflösung von 15 Minuten, wobei die Daten automatisch über Mobilfunk, Internet oder das Stromnetz fernausgelesen und dem Netzbetreiber übermittelt werden. Aus den erfassten Leistungsmittelwerten lässt sich ein individuelles Lastprofil für den jeweiligen Kunden ermitteln und der Stromanbieter ist auf Basis der monatlich vorliegenden Daten in der Lage eine „scharfe“, also eine auf korrekt gemessenen Daten basierende Monatsabrechnung zu erstellen.

Prognosen basieren auf Erfahrungs- und Vergleichswerten der Vergangenheit, wesentliche Einflüsse auf das Lastprofil sind das Benutzerverhalten, die eingesetzte Technik, die Zeit und Umweltfaktoren [26].

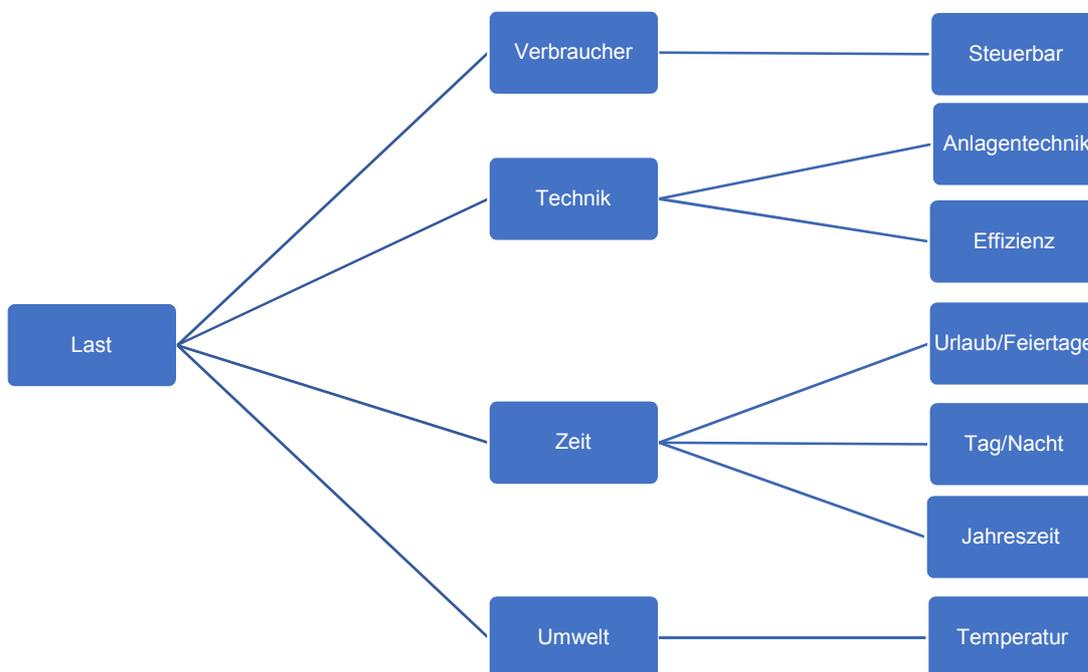


Abbildung 11: Einflussfaktoren auf Lastprofile

Zur Profilerstellung kann auf das synthetische oder analytische Verfahren zurückgegriffen werden. Bei synthetischen Standardlastprofilen ist für die Allokation die Menge relevant, welche sich bei der Zugrundelegung der Abnahmeprofile unter Heranziehung der Allokationstemperatur am Tag D-1 für den Liefertag D ergibt. Das synthetische Lastprofil basiert damit auf statistisch ermittelten Standardverbrauchsmengen [27].

In der weiteren Betrachtung liegen keine individuell gemessenen Lastgänge vor, es werden daher die repräsentativen Lastprofile des VDEW zugrunde gelegt. Dabei wird grundsätzlich von drei Abnehmergruppen ausgegangen aus denen sich Profile für Haushaltskunden, Gewerbe und Landwirtschaft ergeben [28].

Für das Gewerbe liegen weitere Charakteristische Profile vor und werden im Anhang beschrieben (Abbildung 8 bis 14).

3.5 Stromnetzstruktur und intelligente Netze

Das Stromnetz stellt die Verbindung unterschiedlicher Erzeuger und Verbraucher über verschiedene Netzebenen dar. Als Erzeuger gelten fossile Kraftwerke, regenerative Erzeugungsanlagen wie Photovoltaik und Windenergieanlagen, sowie Transformatoren. Verbraucher sind alle Stromabnehmer wie Privathaushalte, GHD- und Industrie-Unternehmen aber auch Speicher. In der Regel bestehen Verbundnetze über verschiedene Netzebenen zur Verbindung der Erzeugungs- und Verbrauchstruktur über eine große Fläche. Besteht bei einem Stromnetz keine Verbindung zu einem anderen Netz, spricht man von einem Inselnetz. Inselnetze kommen in der Praxis vereinzelt in dünn besiedelten Regionen oder eben auf Inseln vor und arbeiten autark ohne Verbindung zu einem angrenzenden Verbundnetz. Das europäische Stromnetz ist ein Verbundsystem aufgeteilt in fünf Verbünde [29]:

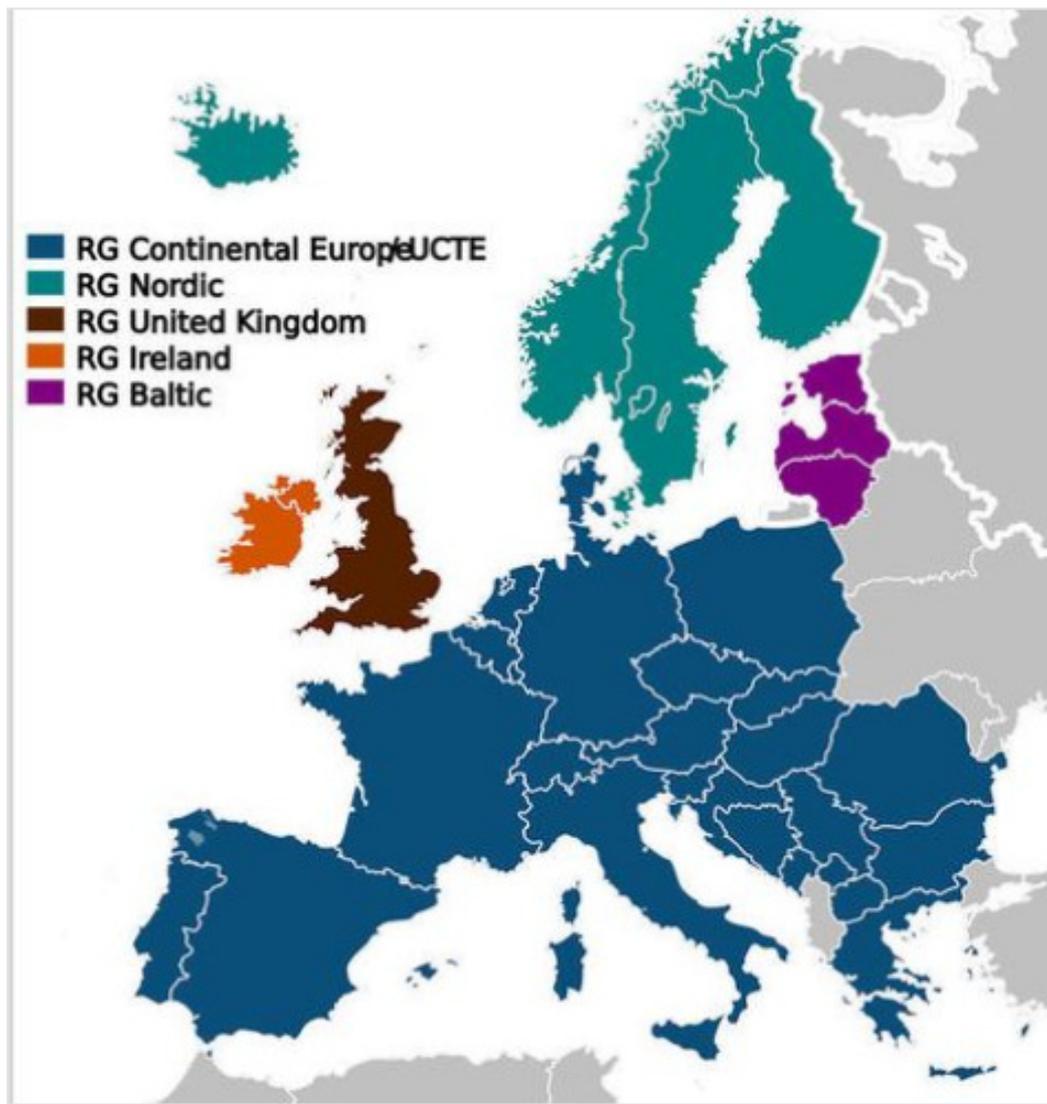


Abbildung 12: Kontinentaleuropäisches Verbundnetz

Um die im Verbundsystem befindlichen Erzeuger elektrisch zusammenzuschalten ist es erforderlich dass sie mit identischer Frequenz und Phasenlage laufen. Die Netzfrequenz (49,8 Hz bis 50,2 Hz) und Spannung (+/- 10 % Abweichung) darf sich nur innerhalb eines engen Toleranzbereiches bewegen, was in den Aufgabenbereich der Übertragungsnetzbetreiber fällt die zur Steuerung die Regelleistung vorhalten. In Deutschland sind es die vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB): 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH und TransnetBW GmbH, die für das schematisch dargestellte Netz verantwortlich sind, wobei sie auf die Zusammenarbeit mit einer Vielzahl an Verteilnetzbetreiber (VNB) angewiesen sind.

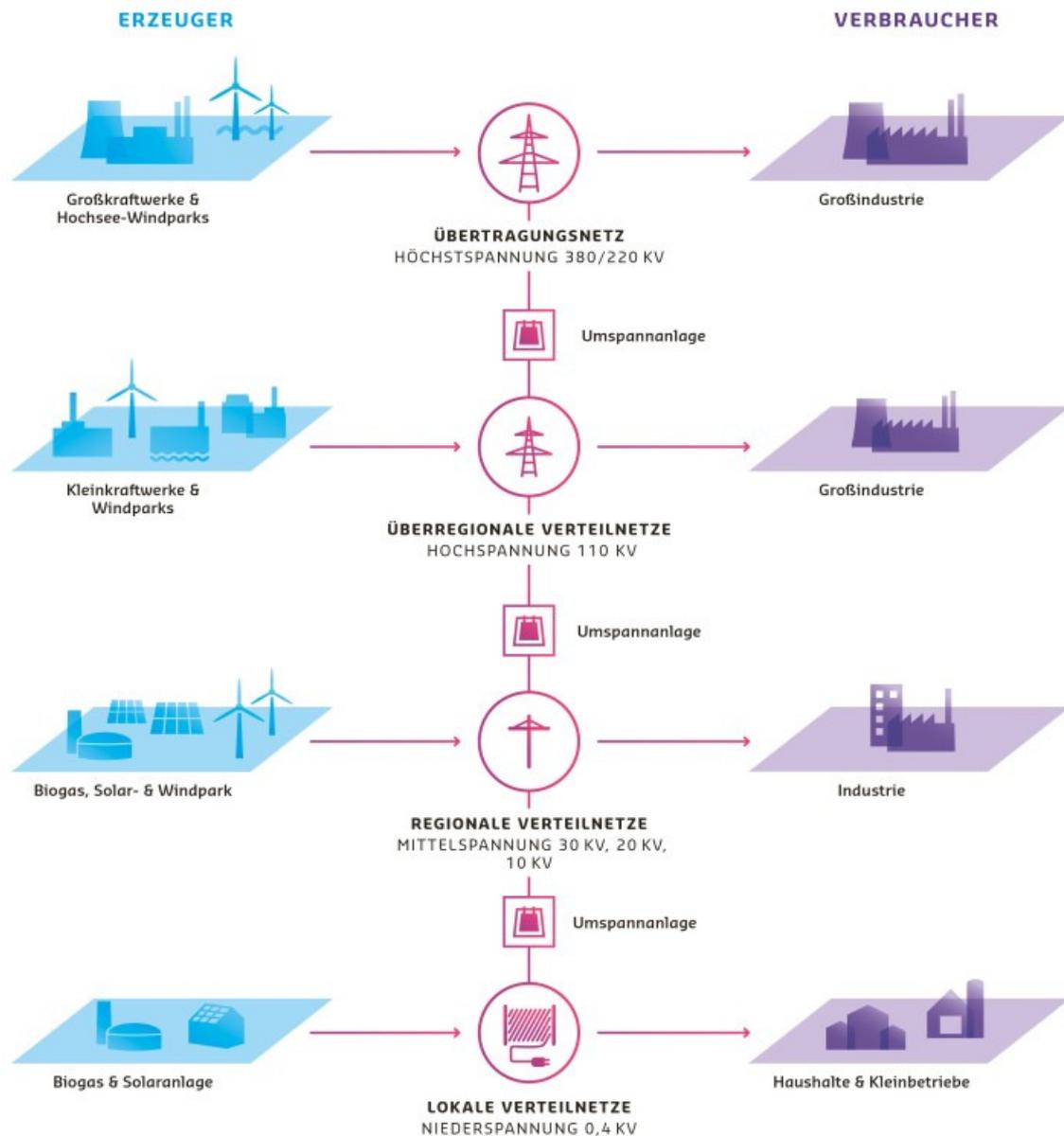


Abbildung 13: Netzstruktur und Spannungsebenen Deutschland [30]

In der weiteren Betrachtung liegt der Fokus auf der Mittel- bzw. Niederspannungsebene, welches in der zuführenden Diskussion als vorgelagertes Verteilnetz zu definieren ist.

Smart Grids werden auch als intelligente Netze bezeichnet und können in gewissen Grenzen den Energieverbrauch steuern und so zu einer Entlastung des Netzes beisteuern. In der Vergangenheit gab es im Stromnetz nur eine Richtung, vom Erzeuger über die Verteilstufen zum Verbraucher. Heute sind aus den Verbrauchern auch Erzeuger geworden die dem Netz nicht nur Strom entnehmen, sondern auch einspeisen. Dieser Anstieg von kleinen Energieerzeugern aus Photovoltaik, Windkraftanlagen und BHKW-Anlagen die auf der Nieder- und Mittelspannungsebene in das Stromnetz einspeisen ändern das Verhalten der Netze. Aber nicht

nur die Variation der Flussrichtung, auch Lastsituation und Wetterlage haben einen Einfluss auf das Stromnetz. Abhängig von der vorliegenden Situation kann das Netz entlastet oder überlastet werden. Mit einer regelbaren Ortsnetzstation die eine Steuerung der Lastflüsse ermöglicht wird aus einem Verteilnetz ein Smart Grid. Unter Einbindung von Smart Meter (intelligenten Stromzählern) und weiteren Steuereinheiten kann das intelligente Netz noch effizienter betrieben werden und der lokale Verbrauch von vor Ort erzeugtem Strom erhöht werden. Ein solches Vorgehen hilft den Ausbau der Übertragungsnetzstruktur sinnvoll zu unterstützen und den Aufwand zur Netzsteuerung zu reduzieren. Überregionale Kosten für den Netzausbau und für Regelenergie lassen sich auf die lokale Ebene verschieben und damit Investitionen auslösen.

3.6 Kommunikationsnetz und Energiemanagementsysteme (IKT)

Neben definierten Erzeugungsanlagen, steuerbaren Abnahmestrukturen und Speichern bilden intelligente Anwendungen eine weitere Komponente in den lokalen Stromversorgungs-lösungen [31].

Wie die Weiterentwicklung eines intelligenten Stromnetzes aussehen kann, soll an einem Forschungs- und Entwicklungsprojekte verdeutlicht werden, welches das Unternehmen innogy SE in drei Demonstrationsnetzen in zwei Bundesländern mit ca. 280 teilnehmenden Haushalten umgesetzt hat [32].

Der Smart Operator ist eine intelligente Box des innogy-Verteilnetzbetreibers Westnetz, die in die regelbare Trafostation des Ortsnetzes verbaut wurde. Erfasst werden kontinuierlich Verbrauchs-, Erzeugungs- und Wetterdaten aus denen Prognosen über die Einspeisung und den Verbrauch des Stroms im Verteilnetz entwickelt werden. Mitarbeiter der RWTH Aachen haben dafür einen selbstlernenden Algorithmus entwickelt, der bei einem Überangebot an erneuerbaren Energien die Nutzung oder Speicherung vor Ort koordiniert wodurch der Stromfluss optimiert und das Netz stabilisiert wird. Die Datenbasis liefern unterschiedliche mit dem Smart Operator verbundene Komponenten und Systeme [33].

- **Regelbarer Ortsnetztrafo:** Der in einer Transformatorstation eingebaute Trafo regelt die Spannungsschwankungen im Verteilnetz aus, indem die Spannung in der Station mit dem vom Smart Operator übermittelten Sollwert verglichen wird.
- **Niederspannungsschalter:** Enthalten in den Niederspannungsschränken des Verteilnetzes werden sie vom Smart Operator ferngesteuert und dienen der besseren Verteilung der Energie in Teilbereichen des Netzes.
- **Batteriespeicher:** Dienen zur Speicherung von überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien und werden bei Bedarf ins Verteilnetz zurückgespeist.

- **Stromladesäulen:** Da das Laden von Elektroautos kurzfristig eine hohe Stromlast benötigt, müssen Ladesäulen und Wallboxen effizient und intelligent im Verteilnetz integriert werden. Bei einem Überangebot von Strom aus erneuerbaren Energien können Elektroautos zusätzlich zu den vorrangig genutzten Batteriespeichern zur Aufnahme von Strom verwendet werden. Der Smart Operator übernimmt dann die Koordination des Lade-/Entladevorganges.
- **Intelligente Stromzähler (Smart Meter):** Digitale Stromzähler messen kontinuierlich den Stromverbrauch und melden ihn in anonymisierter Form an den Smart Operator.
- **Kommunikationsnetz:** Die Kommunikation zwischen den Komponenten kann über das örtliche Glasfasernetz oder über Powerline Communication erfolgen, wobei die bestehende Stromleitung zur Datenübertragung genutzt wird.

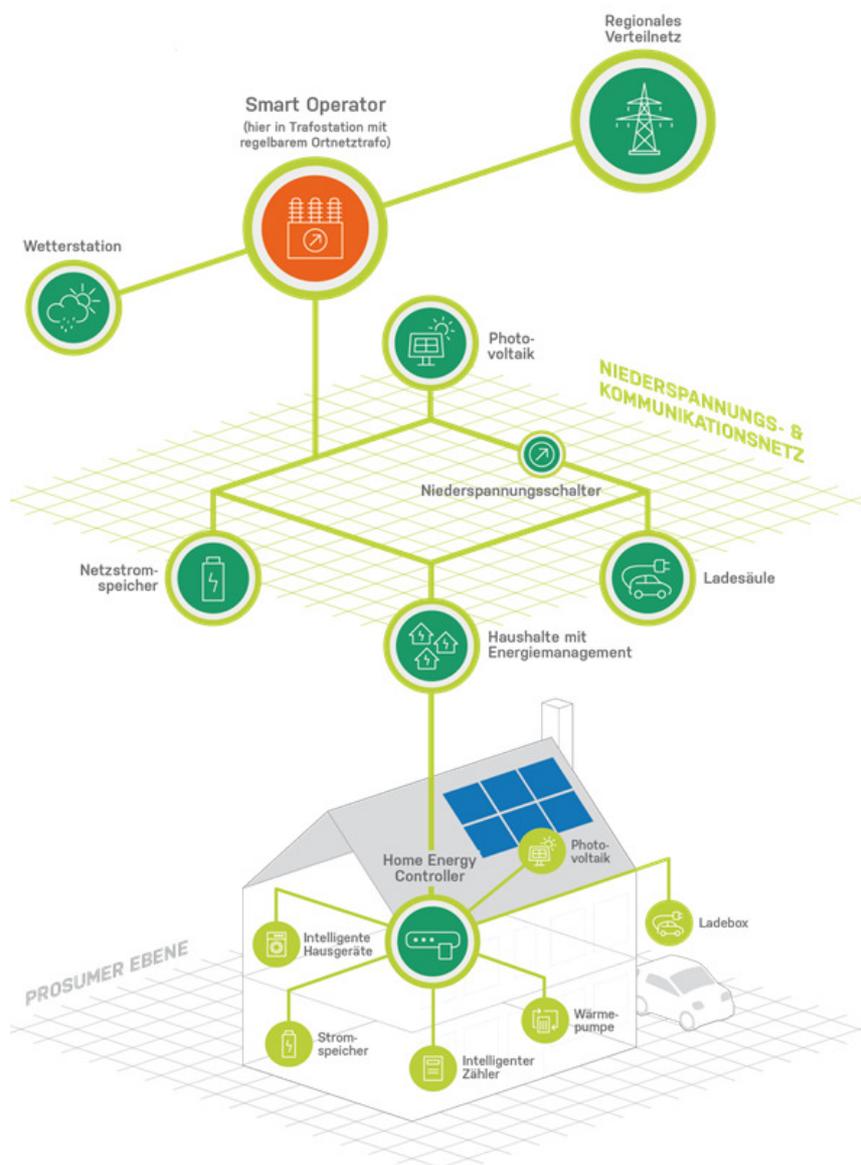


Abbildung 14: Kommunikations- und Energiemanagementsystem [33]

3.7 Ordnungspolitische Einflussfaktoren und Anforderungen

Bei der Umsetzung von Projekten im öffentlichen Raum gilt es immer entsprechende Gesetze und Verordnungen einzuhalten. Bewegt man sich im Rahmen von Energieversorgungssystemen gilt es eine Vielzahl dieser Gesetze und Verordnungen, welche ständigen Anpassungen unterworfen sind, zu beachten. Einige relevante Gesetzesmaßnahmen, wie die Ladesäulenverordnung, sind noch in der Entstehungsphase und lassen die Auswirkungen nur erahnen.

Gesetze und Verordnungen sind unterschiedliche Normentypen, wobei Gesetze vom parlamentarischen Gesetzgeber erlassen und Verordnungen von der Regierung auf Grundlage einer durch ein förmliches Gesetz erteilten Ermächtigung erlassen werden.

Neben dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und dem Stromsteuergesetz (StromStG) sind das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) und das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) die bedeutenden Gesetze bei der Umsetzung Sektor übergreifender Projekte.

Gesetz	Inhalt	Thematische Zuordnung
Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)	Definiert die Rahmenbedingungen für eine sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche und umweltverträgliche Versorgung mit Strom und Gas. Es reguliert die Elektrizitäts- und Gasversorgungsnetze, um einen wirksamen und unverfälschten Wettbewerb zu gewährleisten. Es setzt zugleich das Europäische Gemeinschaftsrecht auf dem Gebiet der leitungsgebundenen Energieversorgung um.	Netze
Stromsteuergesetz (StromStG)	Regelung der Besteuerung von Strom sowie auch der Ermäßigung oder der Befreiung von der Steuer unter bestimmten Voraussetzungen.	Einspeisung
Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)	Regelt den Einbau und Betrieb intelligenter Messsysteme ("Smart Meter") sowie die energiewirtschaftliche Kommunikation von Messwerten.	Energiemanagement
Elektromobilitätsgesetz (EmoG)	Regelt die bevorrechtigte Teilnahme von Elektrofahrzeugen am Straßenverkehr, um deren Verwendung zur Verringerung klima- und umweltschädlicher Auswirkungen des motorisierten Individualverkehrs zu fördern.	Elektromobilität

Tabelle 5: Beschreibung Gesetze

Die Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV), Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV), Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) und Ladesäulenverordnung (LSV) sind weitere gesetzgrundlagen die es zu berücksichtigen gilt und in Tabelle 6 inhaltlich beschrieben sind.

Verordnung	Inhalt	Thematische Zuordnung
Ladesäulenverordnung (LSV)	Regelung technischer Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile.	Ladeinfrastruktur
Niederspannungsanschlussverordnung (NAV)	Regelt die allgemeinen Bedingungen, zu denen die Netzbetreiber Letztverbraucher an ihr Niederspannungsnetz anzuschließen und den Anschluss zur Entnahme von Elektrizität zur Verfügung zu stellen haben. Umfasst werden Bestimmungen über den Netzanschluss sowie der Anschlussnutzung und enthält Vorgaben zum Inhalt des Netzanschlussvertrages.	Netz

Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)	Durch die Verordnung wird die Methode zur Bestimmung der Entgelte für den Zugang zu den Übertragungs- und Verteilnetzen (Netzentgelte), für die Durchleitung von Strom zu den Verbrauchern sowie für dezentrale Einspeisung geregelt.	Netz
Stromnetzzugangsverordnung (StromNZV)	Es werden die Bedingungen für die Einspeisung von elektrischer Energie in die Stromnetze sowie die zeitgleiche Entnahme von Strom an räumlich davon entfernten Entnahmestellen der Elektrizitätsversorgungsnetze geregelt. Darüber hinaus werden die Grundsätze zu Ausgleichsleistungen und dem Bilanzkreismanagement geregelt.	Netz
Garagenverordnung der Bundesländer		Ladeinfrastruktur
Mittelspannung- bzw. Niederspannungsrichtlinie des BDEW	Maßnahmen zur Einspeisung ist Mittel- und Niederspannungsnetz durch Photovoltaikanlagen	Photovoltaikanlagen

Tabelle 6: Beschreibung Verordnungen

Normen sind Regeln, Leitlinien oder Merkmale die durch eine anerkannte Organisation oder deren Normengremien formuliert, herausgegeben und angewendet werden. Relevante Beispiele finden sich in Tabelle 7.

NORM	Inhalt	Thematische Zuordnung
DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1)	In der Systemnorm sind die unterschiedlichen Ladebetriebsarten für kabelgebundene Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen, Pedelecs, E-Bikes, etc. definiert.	Ladeinfrastruktur
DIN VDE 0100-420	In bestimmten Gewerbe- und Industriebereichen sind aus Gründen des Brandschutzes Ladestationen nicht zulässig, was vor allem feuergefährdete Betriebsstätten, explosionsgefährdete oder explosiv-stoffgefährdete Bereiche betrifft.	Ladeinfrastruktur

Tabelle 7: Beschreibung Normen

4. Geographische Einordnung und Datengrundlage

Beschrieben werden Rahmenbedingungen und die Zusammensetzung im Gewerbegebiet auf deren Grundlage Daten abgeleitet und interpretiert, sowie Annahmen getroffen werden.

4.1 Geographische Einordnung

Das betrachtete Gewerbegebiet befindet sich östlich der Stadt Bargteheide innerhalb des Landkreises Stormarn im Bundesland Schleswig-Holstein. Es liegt verkehrsgünstig an den Autobahnen A1 und A21 in der Nähe der Städte Hamburg, Lübeck, Kiel und damit mitten im Kerngebiet der Metropolregion Hamburg, wo sich die Achsen der nordeuropäischen Wirtschaftswege kreuzen.



Abbildung 15: Gewerbegebiet Langenhorst [34]

Projektiert, entwickelt, erschlossen und vermarktet werden die Flächen von der Wirtschafts- und Aufbaugesellschaft Stormarn mbH (WAS). Als Wirtschaftsförderer mit Sitz in Bad Oldesloe unterstützt die WAS regionale Projekte der Gewerbeflächenentwicklung im Norden der Metropolregion Hamburg, damit Produktion, Dienstleistung, Handel und Handwerk wachsen können.

Fertigstellung	Herbst 1999
Größe des Gewerbegebietes (netto)	Rd. 173.000 m ²
Gebietsausweisung	GE
Grundflächenzahl	0,8
Geschossflächenzahl	1,3
Gebäudehöhe	10,0 / 14,0 m bzw. 18,0 m
Gewerbesteuerhebesatz	330%

Tabelle 8: Gewerbeansiedlung in Zahlen [35]

Angesiedelt haben sich Gewerbebetriebe aus Dienstleistung, Handel, Handwerk und Industrie mit teilweise nationalen und internationalen Kundenbeziehungen.

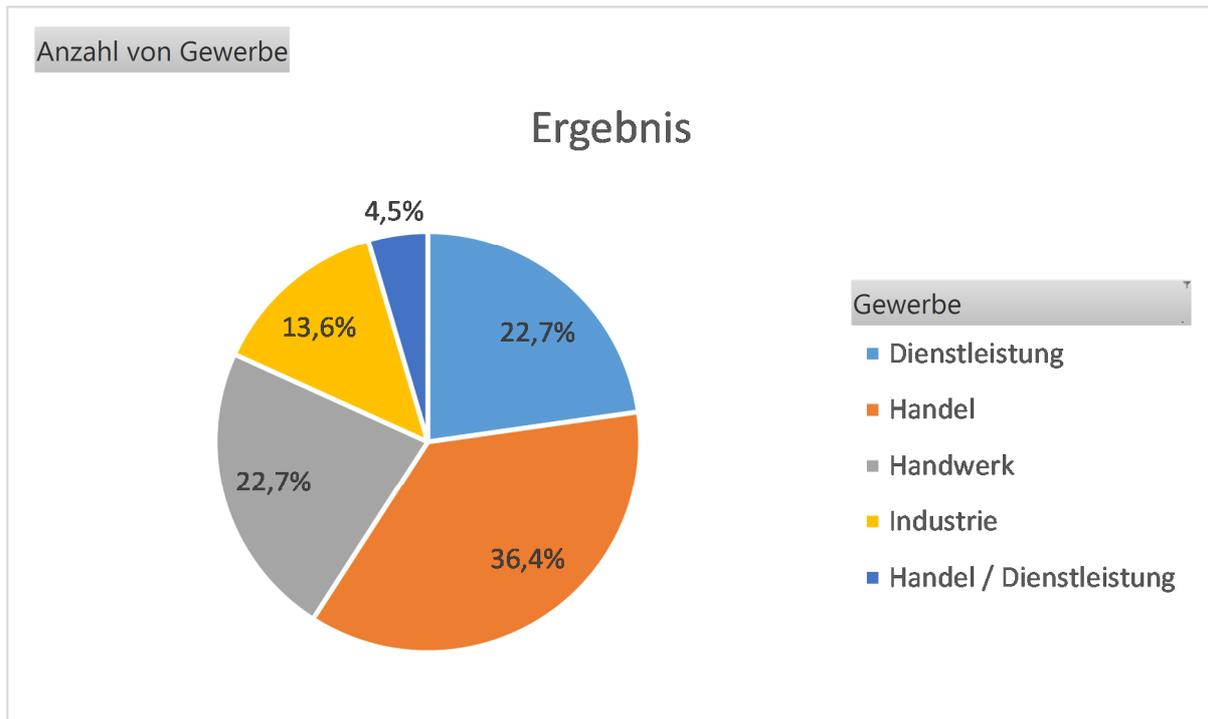


Abbildung 16: Verteilung Gewerbe

4.2 Baurechtliche Vorgaben

Mit der Ausweisung eines Gewerbegebietes erfolgen Festlegungen in einem Bebauungsplan, welcher durch die jeweilige Gemeinde festgelegt wird, die auf Planungen im Bestand wesentlichen Einfluss haben können. Festsetzungen wie Nutzungsarten, Gebäudehöhen oder Flächennutzung geben einen vorhandenen Rahmen vor und lassen sich im Nachgang nur schwer ändern, da jede Änderung kommunalpolitisch beschlossen werden muss. In welchem Umfang die aktuellen baurechtlichen Vorgaben Einfluss auf eine Konzeptlösung haben zeigt sich bei der Annahme der potentiellen Erzeugungsleistung.

Festsetzungen im Bebauungsplan zum Gewerbegebiet Langenhorst:

Bezeichnung	Festsetzung
Gebietausweisung	Uneingeschränkte Gewerbegebiete
Grundflächenzahl	0,8
Geschoßflächenzahl	1,3
Bebauung	3-geschossig
Max. zulässige Gebäude- und Anlagenhöhe	15,0 m
Ausnahme für technische Anlagen als untergeordnete Bauteile	Überschreitung der Gebäudehöhe von 15,0 m um 2,0 m
Hauptversorgungsleitung	110 kV-Freileitung
Höhenbegrenzung unterhalb der 110 kV-Freileitung	7,0 m
Grünflächen	Erhaltung von Knicks und Biotopflächen
Kompensationsflächen	Innerhalb des Plangebietes

Tabelle 9: Bebauungsplan der Stadt Bargteheide [36] [37]

Aus der Planzeichnung zum Bebauungsplan Nr. 5c "Langenhorst" wird ersichtlich, welche Rahmenbedingungen sich aus den Festsetzungen im Bebauungsplan ergeben. Das Gewerbegebiet ist umfasst von Ausgleichsflächen die keine bauliche Nutzung nach §11 (2) BauNVO⁴ zulassen, da eine Ausweisung dieser Flächen als Sondernutzung nicht zulässig ist.

Eine Möglichkeit Flächen zur Sondernutzung auszuweisen besteht nur darin, ausgewiesene Gewerbeflächen umzuwidmen.

4.3 Datengrundlage

Ein hoher Anteil des Strombedarfs soll vor Ort durch lokale Erzeugung abgedeckt werden, mit dem Ziel das vorgelagerte Netz in einem geringen Maß in Anspruch nehmen zu müssen. Es gilt nachweisbar CO₂ zu reduzieren unter anderem durch den Einsatz von Elektromobilität. Bei einer Projektplanung zur Entwicklung eines Gewerbegebietes ist es im ersten Schritt notwendig den möglichen Strombedarf abzuschätzen, die Erzeugungskapazitäten zu bestimmen, um dann aus den sich ergebenden Erzeugungs- und Lastprofilen eine relevante Speichergröße festzulegen. Bei einem Bestandsprojekt ist die Bedarfsstruktur bereits festgelegt und auch eine Erzeugungsstruktur individuell vorhanden. Durch Optimierung der Bedarfsstruktur und Ergänzung der Erzeugungskapazitäten, ggf. unter Einbeziehung von Speicherkapazitäten, sollen auch im Bestand Lösungsansätze aufgezeigt werden.

Aus der Zusammensetzung der Gewerbeansiedlung soll die Verbrauchsleistung ermittelt werden. Liegen keine gemessenen Lastgänge wie in Kapitel 3.4 beschrieben vor, ist es notwendig zunächst charakteristische Lastgänge im Gewerbe zugrunde zu legen aus denen sich der jeweilige Lastgang für den Gewerbebetrieb ableiten lässt. Handelt es sich z.B. um einen produzierenden Gewerbebetrieb, ist eine höhere Verbrauchsleistung anzunehmen als bei einem Dienstleistungsbetrieb. Nach dem gleichen Muster soll auch die Verbrauchsleistung für die Elektromobilität abgeleitet werden, wobei hier für das produzierende Gewerbe ein geringere Verbrauchsleistung zu erwarten ist aufgrund der Fuhrparkstruktur und Fuhrparknutzung. Für ein Dienstleistungsunternehmen des Sanitärhandwerks ist aufgrund seines Geschäftszwecks auf einen Fuhrpark mit werktäglicher Nutzung unter Einsatz einer Routenplanung mit einer größeren Verbrauchsleistung abzustellen.

⁴ §11 (2) BauNVO beschreibt die Zweckbestimmung und die Art der Nutzung sonstiger Sondergebiete. Als sonstige Sondergebiete gelten Gebiete für Anlagen, die der Erforschung, Entwicklung oder Nutzung erneuerbarer Energien, wie Wind- und Sonnenenergie, dienen. [11]

4.3.1 Erzeugungsleistung

Wie in Kap. 3 einleitend beschrieben, sind die Erzeugungskapazitäten limitiert auf Photovoltaik, Windkraft und BHKW. Neben zwei potentiellen Freiflächen zur Nutzung von Photovoltaikanlagen bieten die Gebäudedächer aufgrund ihrer geringen Neigung, zumeist Flachdächer, die Möglichkeit zum Einsatz von Aufdachanlagen. Kleinwindkraftanlagen können nur punktuell eingesetzt werden, wobei der Verlauf einer 110 kV-Freileitung einen limitierenden Faktor bildet. Bei einer Neuplanung kann unter Berücksichtigung der potentiellen Wärmeabnahme über ein Groß-BHKW nachgedacht werden, was den Aufbau eines Wärmenetzes bedeutet. Im Bestand erscheint daher nur eine Ergänzung oder Erweiterung der individuellen Erzeugungsanlagen als sinnvoll. Wie bei der Photovoltaik und der Windkraft, soll auch bei den BHKW ein Potential angenommen und zugrunde gelegt werden, das die Ableitung auf eine anzunehmende Erzeugungsleistung zulässt.

Um für die Photovoltaikanlagen eine Ertragsprognose erstellen zu können, sind der Standort, die Anlagengüte und die Verschattungsverluste einzuschätzen [38]. Der Standort der Anlage bestimmt die Ausrichtungsmöglichkeiten und ist damit maßgeblich für das Ertragspotential. Mit der Lage des Gewerbegebietes bietet sich sowohl für Freiflächenanlagen als auch für Aufdachanlagen eine Südausrichtung an.

4.3.2 Verbrauchsleistung

Um die Verbrauchsleistung im Gewerbegebiet in Summe zu ermitteln, ist es notwendig die individuelle Verbrauchsleistung der ansässigen Unternehmen abzuschätzen. Wie in Kapitel 3.4 erläutert bestehen Repräsentative Lastprofile, welche sich den Unternehmen in Abhängigkeit der Branchenzugehörigkeit und Ihrem Betriebszweck zuordnen lassen. Neben der individuellen Zuordnung der Lastprofile kann auch auf eine Ausarbeitung des VDEW zurückgegriffen werden, in der Lastprofile zu Kundengruppen geschlüsselt werden [39].

Aus Tabelle 13: Zuordnung Lastprofile ist zu entnehmen, dass 14 Unternehmen (63 %) dem repräsentativen Lastprofil G1 zuzuordnen sind. Obwohl die berücksichtigten Unternehmen unterschiedlichen Branchen angehören und sich auch die Gewerbezuordnung unterscheidet, verbindet sie ein typischer Verbrauch zwischen 8 und 18 Uhr an Werktagen und ein geringer Verbrauch am Wochenende. Kindergärten (GW02) und Werbeagenturen (GW04) die dem Dienstleistungsgewerbe entsprechen haben den charakteristischen Verbrauch wie Autowerkstätten (GW03) oder eine Tischlerei (GW18) aus dem Handwerk. Weiteren 5 Unternehmen (23 %) lässt sich ein Verbrauchsprofil zuordnen, welches sowohl die Werktage als auch die Samstage berücksichtigt und die im überwiegenden Anteil über ein Ladengeschäft verfügen. Mit einem Anteil von je 5 % wird ein Unternehmen (GW08) dem Profil G3 mit einem relativ

gleichmäßigem Verbrauch zugeordnet, ein Unternehmen (GW22) dem Profil G5 mit einem Schwerpunktverbrauch in den Morgenstunden zugeordnet und ein Unternehmen (GW12) dem Profil (G0) zugeordnet. Im letzten Fall der Zuordnung entspricht das Lastprofil einem gewichteten Mittelwert der Gesamtgruppe repräsentativer Lastprofile, da eine genaue Zuordnung zu einem der Gewerbeprofile G1 bis G6 schwer vorzunehmen ist.

<u>Zuordnung</u>	<u>Branche</u>	<u>Gewerbe</u>	<u>Repräs. Lastprofil</u>
GW01	Pharmazeutische Erzeugnisse	Großhandel	G1
GW02	Kindergärten	Dienstleistung	G1
GW03	Autowerkstätten	Handwerk	G1
GW04	Werbeagenturen	Dienstleistung	G1
GW05	Baustoffhandel	Handel	G4
GW06	Speditionen	Dienstleistung	G1
GW07	Elektrofachmarkt	Handel	G4
GW08	Einzelhandel	Handel	G3
GW09	Elektrotechnik	Handel / Dienstleistung	G1
GW10	Industriebürsten	Industrie	G1
GW11	Lampen	Handel	G1
GW12	Medizinischer Fachbedarf	Industrie	G0
GW13	Metallwarenhändler	Handel	G1
GW14	Kfz	Handwerk	G1
GW15	Abfallwirtschaft, Recycling, Entsorgung	Dienstleistung	G4
GW16	Fachärzte für Arbeitsmedizin	Dienstleistung	G1
GW17	Öfen und Kamine	Handwerk	G4
GW18	Tischlereien	Handwerk	G1
GW19	Lüftung, Heizungen	Handwerk	G1
GW20	Fachhandel für Gummierzeugnisse	Industrie	G1
GW21	Natursteine	Handel	G4
GW22	Logistik	Handel	G5

Tabelle 10: Zuordnung Lastprofile

Nach Zuordnung der Lastprofile werden den Unternehmen die spezifischen Stromverbräuche zugewiesen. Als Grundlage dient dabei der Bericht des Umwelt Bundesamtes mit einer Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 – 2014. Enthalten ist der spezifische Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014, wobei in der weiteren Betrachtung das Kalenderjahr 2014 Anwendung gefunden hat. Den ermittelten spezifischen Stromverbrauchswerten liegen dabei folgende BZE zugrunde:

- Gruppe 1-4, 6-10 und 12: kWh/Erwerbstätigen;
- Gruppe 5: Krankenhäuser: kWh/Planbett;
- Gruppe 5: Schulen/Universitäten: kWh/Schüler bzw. Student;

- Gruppe 5: Bäder: kWh/m² Wasserfläche;
- Gruppe 11: kWh/Verkehrseinheit (ab 2004) [36].

Bei den im Gewerbegebiet angesiedelten Unternehmen kommt als BZE jeweils die Anzahl der Erwerbstätigen/Schüler zur Anwendung. Durch Multiplikation der BZE mit dem spezifischen Verbrauch [kWh/BZE] ergibt sich der Jahresverbrauch pro Unternehmen, wie Tabelle 14 zu entnehmen ist. In Summe ergibt sich ein Jahresverbrauch für das betrachtete Gewerbegebiet von 1.045.344 kWh/a, was bei einem Jahresverbrauch eines 2 Personenhaushaltes von 2.700 kWh/a 387 Haushalten entspricht.

<u>Zuordnung</u>	<u>Gruppe</u>	<u>Split</u>	<u>BZE - Anzahl</u>	<u>Spezifischer Verbrauch</u> <u>[kWh/BZE]</u>	<u>kWh/a</u>
GW01	4	27-Großhandel nonfood	45	2.930	131.850
GW02	5	22-Schulen	75	280	21.000
GW03	3	2-KFZ-Gewerbe	10	4.360	43.600
GW04	2	17-Verlagsgewerbe	20	2.659	53.180
GW05	4	27-Großhandel nonfood	9	2.930	26.370
GW06	12	34-Spedition, Lagerei	32	1.101	35.232
GW07	4	25-Einzelhandel nonfood	33	3.746	123.618
GW08	4	24-Einzelhandel food	15	6.348	95.220
GW09	2	18-Sonstige betr. Dienstleistung	10	1.716	17.160
GW10	4	27-Großhandel nonfood	20	2.930	58.600
GW11	2	18-Sonstige betr. Dienstleistung	40	1.716	68.640
GW12	4	27-Großhandel nonfood	19	2.930	55.670
GW13	4	29-Handelsvermittlung	20	2.429	48.580
GW14	2	18-Sonstige betr. Dienstleistung	1	1.716	1.716
GW15	10	11-Gartenbau	4	2.085	8.340
GW16	2	18-Sonstige betr. Dienstleistung	5	1.716	8.580
GW17	4	25-Einzelhandel nonfood	7	3.764	26.348
GW18	3	3-Holzgewerbe	10	3.531	35.310
GW19	2	18-Sonstige betr. Dienstleistung	10	1.716	17.160
GW20	3	1-Metallgewerbe	9	4.066	36.594
GW21	4	25-Einzelhandel nonfood	6	3.746	22.476
GW22	12	34-Spedition, Lagerei	100	1.101	110.100

Tabelle 11: Stromverbrauch Unternehmen

Um den Verbrauch aus Elektromobilität zu ermitteln, werden den Unternehmen aus den im Anhang dargestellten Fahrzeugmodellen Fahrzeuge zugeordnet, um über den spezifischen Verbrauch und die Fahrleistung den Jahresverbrauch abzuschätzen. Aus dem Jahresver-

brauch soll dann eine Lastkurve für die Ladeleistung ermittelt werden. Aus den neun Fahrzeugklassen wird je ein als repräsentativ bewertetes Modell ausgewählt, wie die folgende Tabelle 15 zeigt.

Modellbezeichnung	Fahrzeugklasse	Leistung in kW	Elektrische Reichweite in km	Verbrauch in kWh/100 km	Max. Geschwindigkeit in km/h	Batterie Kapazität in kWh/Ah
BMW i3 33 kWh	Kleinwagen	125	312	12,7	150	27,2
VW E-Golf	Kompaktklasse	85	190	12,7	140	24,2
Renault Fluence Z.E.	Mittelklasse	70	185	14	135	22
Iveco Daily Electric 80 EV	Nutzfahrzeug	80	294	38	80	28,2
Hyundai Kona Elektro (150 kWh)	Obere Mittelklasse	150	482	14,3	167	64
Opel Ampera-e	Oberklasse	150	520	16	145	60
Jaguar I-Pace S	SUV	294	420	21,2	200	90
Mercedes-Benz eVito	Transporter	84	150	27,6	120	41,4
Kia Soul EV PLAY	Untere Mittelklasse	81,4	250	14,3	145	27

Tabelle 12: Repräsentativ bewertete Fahrzeugmodelle

Auswahlkriterien sind bei den PKW, Kleinwagen bis SUV, neben der elektrischen Reichweite der Bekanntheitsgrad der Marke. Der Bekanntheitsgrad wird als Indikator für eine hohe Einsatzwahrscheinlichkeit angesehen, sodass in der weiteren Ableitung mit realitätsnahen Werten gearbeitet wird. Die Auswahl in den Klassen Transporter und Nutzfahrzeug entspricht der Auffassung, dass die Fahrzeugmarken Mercedes (Transporter) und Iveco (Nutzfahrzeug) als repräsentativ anzusehen sind.

Die Anzahl der Fahrzeuge in Tabelle 16 wird aus der Anzahl der Mitarbeiter abgeleitet, die Fahrzeugklasse entspricht dem wesentlichen Geschäftszweck des betrachteten Unternehmens. So kommen bei einem Handwerksunternehmen aus der Branche Lüftung, Sanitär Transporter zum Einsatz, während in einem Dienstleistungsunternehmen der Werbebranche Fahrzeuge der Mittelklasse anzunehmen sind.

Zur Ermittlung der jährlichen Fahrleistung pro Fahrzeug werden für Kfz nach individueller Einschätzung tägliche Fahrleistungen zwischen 50 km und 200 km angenommen, Transporter und Nutzfahrzeuge einheitlich 75 km. Die Anzahl der Arbeitstage von 251⁵ pro Jahr werden um 10 Arbeitstage reduziert, um eine durchschnittliche Ausfallzeit der Fahrzeuge zu berücksichtigen.

Jährliche Fahrleistung pro Fahrzeug = (Anzahl Arbeitstage – Ausfallzeit der Fahrzeuge) x Fahrleistung

Der Verbrauch pro Fahrzeug ergibt sich durch die Multiplikation der jährlichen Fahrleistung mit dem spezifischen Verbrauch pro 100 km:

Verbrauch kWh/a = Jährliche Fahrleistung pro Fahrzeug x Spez. Verbrauch / 100

Über die Zugeordnete Anzahl der Fahrzeuge nach Fahrzeugklasse ergibt sich in Summe die jährliche Fahrleistung und die des Verbrauchs.

<u>Zuordnung</u>	<u>Fahrzeugklasse</u>	<u>Anzahl Fahrzeuge</u>	<u>Jährliche Fahrleistung km</u>	<u>Spezifischer Verbrauch [kWh/km]</u>	<u>kWh/a</u>
GW01	Kompaktklasse	5	180.750	12,7 / 100	22.955
	Obere Mittelklasse	5	241.000	14,3 / 100	34.463
	Oberklasse	2	96.400	16 / 100	15.424
GW02	-	-	-	-	-
GW03	Kompaktklasse	2	24.100	12,7 / 100	3.061
	Mittelklasse	1	24.100	14 / 100	3.374
GW04	Kompaktklasse	5	120.500	12,7 / 100	15.304
	Oberklasse	2	96.400	16 / 100	15.424
GW05	Mittelklasse	2	72.300	14 / 100	10.339
GW06	Kompaktklasse	2	72.300	12,7 / 100	9.182
	Oberklasse	1	48.200	16 / 100	7.712
GW07	Transporter	10	180.750	27,6 / 100	49.887
	Nutzfahrzeug	5	90.375	38 / 100	34.343
GW08	-	-	-	-	-
GW09	Kompaktklasse	2	72.300	12,7 / 100	9.182
	Obere Mittelklasse	1	36.150	14,3 / 100	5.169
GW10	Mittelklasse	3	120.500	14 / 100	16.870
	Oberklasse	5	144.600	16 / 100	23.136
GW11	Kompaktklasse	5	180.750	12,7 / 100	22.955
	Mittelklasse	5	180.750	14 / 100	25.305
	Oberklasse	2	96.400	16 / 100	15.424
GW12	Mittelklasse	5	180.750	14 / 100	25.305
	Oberklasse	2	96.400	16 / 100	15.424
GW13	Kompaktklasse	3	108.450	12,7 / 100	13.773
	Oberklasse	2	96.400	16 / 100	15.424
GW14	Mittelklasse	1	36.150	14 / 100	5.061
GW15	-	-	-	-	-
GW16	Mittelklasse	3	108.450	14 / 100	15.183
	Oberklasse	1	48.200	16 / 100	7.712
GW17	Kleinwagen	1	12.050	12,7 / 100	1.530

⁵ Die Anzahl der Arbeitstage in Schleswig-Holstein im Jahr 2018 beträgt 251 Tage. Sie errechnen sich aus 365 Kalendertagen abzüglich 52 Samstagen, 52 Sonntagen sowie 10 gesetzlichen Feiertagen in Schleswig-Holstein, die nicht auf ein Wochenende fallen.

GW18	Kleinwagen	1	12.050	12,7 / 100	1.530
	Transporter	2	36.150	27,6 / 100	9.977
GW19	Transporter	6	108.450	27,6 / 100	29.932
GW20	Kompaktklasse	2	72.300	12,7 / 100	9.182
	Oberklasse	1	48.200	16 / 100	7.712
GW21	Kleinwagen	1	12.050	12,7 / 100	1.530
	Transporter	1	18.075	27,6 / 100	4.989
GW22	-	-	-	-	-

Tabelle 13: Verbrauchsermittlung E-Fahrzeuge

Die Summe der ermittelten Verbräuche ergibt 503.773 kWh/a und damit ungefähr die Hälfte der für die Verbrauchsleistung der Gewerbebetriebe errechneten 1.045.344 kWh/a.

5. Modellierung einer Konzeptlösung

Kerngedanke ist die Eigenstromproduktion durch BHKW, Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen auf Hallendächern und Betriebsgebäuden, um mithilfe intelligenter Steuerung den Letztverbraucher (Gewerbetreibenden) durch günstige Stromgestehungskosten zu motivieren den konventionellen Fuhrpark auf E-Mobilität umzustellen.

Aufgrund der räumlichen Konzentration von Unternehmen in einem Gewerbegebiet bestehen unterschiedliche Optionen, kooperative Geschäftsmodelle im Energiebereich zur Beschaffung, Erzeugung und Verteilung zu entwickeln.

Drei Geschäftsmodelle werden vorgestellt, ihre Interessensgruppe definiert und wesentliche Punkte benannt.

1. Kommunale Projektgesellschaft

- Kommunalpolitik, Wirtschaftsförderungsgesellschaft und regionale Stadtwerke errichten und/oder betreiben die notwendige Erzeugungs-, Lade-, Speicher- und Verteilungsinfrastruktur (Stromnetz).
- Die Kommunalpolitik erstellt im Rahmen des Konzeptes einen zielgerichteten Bebauungsplan und generiert Fördermittel.
- Im Rahmen der Entwicklungs- und Vermarktungsphase sorgt die Wirtschaftsförderungsgesellschaft für eine langfristige Infrastrukturnutzungsvereinbarung, um mit einer hohen Nutzungsquote die Wirtschaftlichkeit zu realisieren.
- Die Stadtwerke garantieren die personelle, technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit zum Betrieb der Infrastruktur und stellen die störungsfreie Lieferung von Strom sicher.

- Die Gewerbetreibenden zahlen ein vereinbartes Entgelt für den Strombezug pro kWh und verzichten bspw. auf Gewerbesteuvorteile im Rahmen der Infrastrukturnutzungsvereinbarung. Das Entgelt setzt sich dabei in der Regel aus einem Grundpreis und einem Arbeitspreis zusammen. Verschiedene Entgelte aus Abrechnungsleistungen und Baukostenzuschüsse in der Investitionsphase können dabei hinzukommen.
- Es wird auf eine langfristige Kundenbindung abgezielt und sichert den Rückfluss der Investitionsmaßnahmen ins öffentliche Verteilnetz. Zusätzlich können Dienstleistungsentgelte generiert werden und ein „grünes“ Gewerbegebiet bietet neben ökologischen Vorteilen einen langfristigen Imagegewinn.

2. Kooperationsgesellschaft zur Infrastrukturnutzung

- Die im Gewerbegebiet ansässigen Unternehmen gründen eine Kooperationsgesellschaft mit dem Ziel der Nutzung einer gemeinsamen Infrastruktur
- Sie stellen Stromerzeugungsanlagen und/oder Flächen, wie Hallen- und Gebäudedächer zum Aufbau von Photovoltaikanlagen zur Verfügung
- Eine gemeinsame Betriebsfläche dient der Nutzung einer Ladeinfrastruktur für E-Mobilität
- Stromeinkauf und –verkauf, der Handel mit Residualmengen, erfolgt über einen Dienstleister
- Technische Betreuung der Energieerzeugungsanlagen und Ladeinfrastruktur im Rahmen einer Betriebsführung durch Dritte
- Neben den Strombezugskosten entstehen Investitions- und Dienstleistungskosten
- Es werden die Interessen der Gewerbetreibenden in einer gemeinsamen Gesellschaft gebündelt, um Skaleneffekte im Energiehandel zu erzielen. Bei einer registrierten Leistungsmessung (RLM-Zähler) ist nach §19 StromNEV ist eine individuelle Netzentgeltberechnung und damit Reduzierung möglich.

3. Infrastruktur-Contracting

- Die im Gewerbegebiet ansässigen Unternehmen beauftragen einen fremden Dritten mit der Errichtung und/oder den Betrieb der notwendigen Erzeugungs-, Lade-, Speicher- und Verteilungsinfrastruktur (Stromnetz).
- Der Contractor garantiert die personelle, technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit zum Betrieb der Infrastruktur, die sich vor allem aus dem

Stromnetzbetrieb ergibt. Diese sind bei einem geografisch begrenzten Stromversorgungsnetz der Allgemeinen Versorgung höher als bei einem geschlossenen Verteilnetz, „Arealnetz“, nach Definition des §110 EnWG und muss den Anforderungen zur Genehmigung nach §4 EnWG genügen.

- Kostenreduzierungen aus der Netzentgeltregulierung die im Zusammenhang mit einem Arealnetz entstehen, dienen dem wirtschaftlichen Betrieb der Infrastruktur.
- Der Contractor stellt die störungsfreie Lieferung von Strom sicher.
- Die Gewerbetreibenden zahlen über einen vereinbarten Zeitraum ein vereinbartes Entgelt zur Nutzung der Infrastruktur und dem Strombezug. Das Entgelt setzt sich dabei in der Regel aus einem Grundpreis und einem Arbeitspreis zusammen. Verschiedene Entgelte aus Abrechnungsleistungen und Baukostenzuschüsse in der Investitionsphase können dabei hinzukommen.
- Es ist der Aufbau eines Arealnetzes anzustreben, um durch reduzierte Netznutzungsentgelte und weiterer Abgaben die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Die Interessen der Gewerbetreibenden kommen in einem individuellen Contractingvertrag zum Ausdruck.

Die drei genannten Modelle werden in Tabelle 17 zur qualitativen Betrachtung gegenübergestellt und im Anschluss näher erläutert. Ein quantitativer Blick wird auf das als Infrastruktur-Contracting bezeichnete Modell geworfen, da sich hier nach Auffassung des Verfassers ein wirtschaftlich tragbares Geschäftsmodell am ehesten entwickeln kann. Bei den Modellen 1 und 2 sind nicht nur unterschiedliche Interessenslagen der Gruppenmitglieder zu berücksichtigen, es spielen auch rechtliche Anforderungen eine limitierende Rolle.

Einflussfaktor	Kommunaler Betrieb	Kooperationsgesellschaft	Contracting
Gesellschaftsform	Projektgesellschaft	Genossenschaft, Verein	Dienstleistungsvergabe
Infrastruktur			
Erzeugungsanlagen	Eigentum	Pacht	Eigentum
Stromnetz	Eigentum	-	Eigentum
Ladeinfrastruktur	Eigentum	Eigentum	Eigentum
Speicherlösungen	Eigentum	Eigentum	Eigentum
Betriebsgelände	-	Eigentum	-
Dienstleistung			
Anlagenbetrieb	Eigenbetrieb	Dritte	Eigenbetrieb
Stromnetzbetrieb	Eigenbetrieb	Dritte	Eigenbetrieb
Energiebeschaffung	Eigenbetrieb	Dritte	Eigenbetrieb
Energiedatenmanagement	Eigenbetrieb	Dritte	Eigenbetrieb
Strompreisbestandteile (2018) [39] [40]			
Stromgestehungskosten	X	X	X
Umsatzsteuer	X	X	X
Stromsteuern	X	X	-
	2,05 ct/kWh	2,05 ct/kWh	
Netznutzungsentgelt	X	X	-

	6,88 ct/kWh + GP	6,88 ct/kWh + GP	
Messstellenbetrieb	X	X	-
	0,31 ct/kWh + GP	0,31 ct/kWh + GP	
Konzessionsabgabe	X	X	-
	1,32 bis 2,39 ct/kWh	1,32 bis 2,39 ct/kWh	
EEG-Umlage	X	X	-
	6,792 ct/kWh	6,792 ct/kWh	
KWKG-Umlage	X	X	-
	0,345 ct/kWh	0,345 ct/kWh	
§19 Strom-Netzentgeltverordnung	X	X	-
	0,370 ct/kWh	0,370 ct/kWh	
Offshore-Haftungsumlage	X	X	-
	0,037 ct/kWh	0,037 ct/kWh	
Umlage abschaltbare Lasten (§18 AbLaV)	X	X	X
	0,011 ct/kWh	0,011 ct/kWh	0,011 ct/kWh

Tabelle 14: Modellvergleich

Kommunale Projektgesellschaft

Die drei betrachteten Modelle verfolgen unterschiedliche Interessen, was sich auch in der Wahl einer möglichen Gesellschaftsform ausdrückt. Bei einem Zusammenschluss von kommunalen Unternehmen liegt das Interesse darin eine Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, welche die Ansiedlung von Gewerbebetrieben fördert. Schaffung von Arbeitsplätzen und Bindung von Know-How wirkt sich mit seinen positiven Begleiterscheinungen auf die regionale Entwicklung aus. Da die Hauptaufgabe in der Infrastrukturbereitstellung liegt, bietet es sich an eine Projektgesellschaft in der Rechtsformen: Gesellschaft des bürgerlichen Rechts (GbR) zu gründen, welche zeitlich begrenzt ist und nach Abschluss des Gründungszweckes wieder aufgelöst wird [43]. Nach § 705 BGB ergibt sich für die Gesellschafter aus dem Gesellschaftsvertrag eine Verpflichtung zur Erreichung eines gemeinsamen Zweckes, hier der Aufbau einer definierten Infrastruktur.

Zur Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen kann auf Fördermaßnahmen von Bund und Ländern zurückgegriffen werden, die privatwirtschaftlichen Unternehmen nicht oder nicht im vollen Umfang zugänglich sind. So wird im Amtsblatt für Schleswig-Holstein 2018 unter Auswahl- und Förderungsgrundsätze und Regeln für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Landesprogramms Wirtschaft (AFG LPW) unter Pkt. 6.3 zur Förderhöhe geschrieben, dass sich eine Erhöhung der Förderquote bei einer GRW-Förderung nach dem jeweils geltenden Koordinierungsrahmen richtet. Eine Erhöhung der Quote auf bis zu 90% für wirtschaftsnahe Infrastrukturvorhaben sind möglich, sofern folgende Voraussetzungen erfüllt werden [38]:

- die geförderte Infrastrukturmaßnahme wird im Rahmen einer interkommunalen Kooperation durchgeführt,
- die geförderte Infrastrukturmaßnahme fügt sich in eine regionale Entwicklungsstrategie ein,

- Altstandorte (Industrie-, Gewerbe-, Konversions- oder Verkehrsflächen) werden revitalisiert.

Auch gibt es durch Bund und Länder unterstützte Gesellschaften, wie die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH (EKSH), die es sich unter anderem zur Aufgabe gemacht haben, kommunale Energieprojekte in Form von Förderungen zu unterstützen.

Mit Abschluss zur Herstellung der Infrastruktur geht der Betrieb sowie die weitere Bereitstellung von Dienstleistungen auf ein der Kommune nahestehendes Unternehmen, bspw. Stadtwerk, oder einem fremden Dritten über. Aus der Übernahme ergeben sich die Pflichten zum technischen Betrieb und zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben, die sich vor allem aus dem Netzbetrieb ergeben. In Abhängigkeit zum Betreiberkonzept ergeben sich für die Kommune Konzessionserträge aus der Infrastrukturbereitstellung, für den Betreiber Dienstleistungsentgelte und ggf. Erträge aus dem Stromhandel.

Kooperationsgesellschaft zur Infrastrukturnutzung

Das alleinige Ziel der Kooperationsgesellschaft besteht darin eine gemeinsame Infrastruktur zu schaffen und zu betreiben, unabhängig vom originären Geschäftszweck der Einzelunternehmen. Eine Personen- oder Kapitalgesellschaft wie die einer GmbH bietet sich in diesem Fall nicht an, da der rechtliche, organisatorische und finanzielle Aufwand dem Wunsch nach Unabhängigkeit der Einzelunternehmen entgegensteht.

Die Gründung eines Vereins bietet sich für eine Kooperation möglicherweise an, allerdings ist eine rechtliche Umsetzung eingehend zu prüfen. Aus § 21 BGB lässt sich keine Vereinsgründung ableiten, da es sich hier um einen nicht wirtschaftlichen Verein handelt. Der Geschäftszweck darf also nicht auf einen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb ausgerichtet sein, was im Fall der gemeinsamen Infrastrukturnutzung schwer zu widerlegen sein dürfte. Hingegen ergibt sich aus dem § 22 BGB eine Möglichkeit zur Vereinsgründung. Dabei handelt es sich um einen Verein dessen Zweck auf einen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb gerichtet ist. Da hier keine besonderen bundesgesetzlichen Vorschriften bestehen erfolgt die Rechtsfähigkeit durch staatliche Verleihung, die dem Land zusteht in dessen Gebiet der Verein seinen Sitz hat [43]. Von einer Verweigerung der Genehmigung ist in den meisten Fällen auszugehen, sofern der Antragssteller kein Bauer oder Waldbesitzer ist [45].

Eine Alternative bietet daher das Modell der Genossenschaft, welches zum einen in der Wohnungswirtschaft seit Jahrzehnten zur Anwendung kommt aber auch im Rahmen von Energiegenossenschaften ein zunehmend bevorzugtes Konzept darstellt. Unter Genossenschaften sind Vereinigungen einer unterschiedlichen Anzahl an Mitgliedern mit einem ge-

meinsamen wirtschaftlichen Interesse zu verstehen [46]. Dieses gemeinschaftliche Wirtschaftsinteresse, welches den bindenden Selbsthilfeszweck definiert, lässt damit nur eine eingeschränkte Wirtschaftstätigkeit zu. Genossenschaften gelten nach § 17 GenG als Kaufleute im Sinne des HGB und erhalten damit Kaufmanns-Eigenschaften wie sie etwa der GmbH zustehen. Die Genossenschaft bietet, ähnlich dem Verein, die Möglichkeit zu einem häufigen Mitgliederwechsel, da Ein- und Austritte in der Regel durch entsprechende Willenserklärungen vollzogen werden können. Als Vor- und Nachteile einer Genossenschaftslösung sind zu nennen:

Vorteile:

- Kaufmannseigenschaft nach dem GenG,
- Haftung mit dem Gesellschaftsvermögen⁶ ohne vorgeschriebene Mindesthaftungssumme,
- Keine Personenabhängigkeit für den Fortbestand einer Genossenschaft, im Gegensatz zu einer GbR,
- Unbürokratische Mitgliederwechsel durch entsprechende Willenserklärung.

Nachteile:

- Bindung an den Selbsthilfeszweck und damit Einschränkung der Wirtschaftstätigkeit,
- Austritt aus der Genossenschaft in der Regel zum Geschäftsjahresende,
- Umfangreiche Buchführungs- und Prüfungspflichten, analog denen von Kapitalgesellschaften.

Das Modell einer Kooperationsgesellschaft setzt eine gemeinsame Ideologie wie sie bei Wohnungsbaugenossenschaften und Energiegenossenschaften zu finden ist voraus oder eine wirtschaftliche Zielsetzung die sich bei Einzelhandelsgesellschaften aus der Bündelung von Marktinteressen in einer Einkaufsgesellschaft ergibt.

Die Genossenschaftsmitglieder können eine Lade- und Speicherinfrastruktur auf einem gemeinsamen Betriebsgelände sowie Flächen zur Pacht für Stromerzeugungsanlagen auf dem eigenen Betriebsgelände, mit dem Ziel (Selbsthilfeszweck der Genossenschaft) der Umstellung des konventionellen Fuhrpark auf E-Mobilität, zur Verfügung stellen. Bei der Nutzung eines bestehenden Stromversorgungsnetzes fallen Netzentgelte, Umlagen und Konzessionsabgaben an die neben den Investitionskosten zu berücksichtigen sind.

⁶ Das Gesellschaftsvermögen setzt sich zumeist aus den Einlagen der Mitglieder, also deren Genossenschaftsanteilen zusammen.

Infrastruktur-Contracting

Contracting ist ein Begriff der sich in der Energiewirtschaft im Rahmen der Liberalisierung des Energiemarktes entwickelt hat. In der DIN-Norm 8930-5 wird Contracting als eine zeitlich und räumlich abgegrenzte Übertragung von Aufgaben der Energiebereitstellung und Energielieferung an einen spezialisierten Dritten definiert [47]. Unterschieden werden die vier Formen:

- Energieliefer-Contracting
- Einspar-Contracting
- Finanzierungs-Contracting
- Technisches Anlagenmanagement oder auch Betriebsführungs-Contracting

Ziel ist es die Energie- und Kosteneffizienz von Gebäuden oder Produktionsbetrieben nachhaltig zu verbessern. Zunehmend ist die klassische Unterteilung in der Praxis nicht mehr eindeutig vorzunehmen, da sich Mischformen aus unterschiedlichen Leistungspaketen entwickeln. Verschiedene Contractoren oder dem Contracting nahstehende Dienstleister bietet kombinierbare Leistungspakete an, welche sich höchstens noch über die in den Contracting-Verträgen erfassten Leistungen und Medien abgrenzen und zuordnen lassen.

5.1 (Infrastruktur-) Contracting als Modellansatz

Im weiteren Vorgehen wird auf die Umsetzungsmöglichkeiten im Rahmen des Contracting eingegangen. Mögliche Leistungspakte sollen aus den unter Kapitel 4 beschriebenen Rahmendaten abgeleitet und technische sowie rechtliche Aspekte betrachtet werden.

Die Aussagen des Modellansatzes beinhalten folgende Sachverhalte:

- Entscheidungsgrundlage,
- Umsetzungstauglichkeit,
- Individueller Lösungsvorschlag.

Andererseits enthalten sie keine Aussagen zu:

- Präzisen technischen Umsetzung,
- Simulationsverläufen auf Basis dokumentierter Werte,
- Repräsentativer Inhalte,
- Wirtschaftlichen Umsetzung.

5.2 Ermittlung Stromlastgänge

Auf Basis der in Kapitel 4 erhobenen Jahreswerte für die Erzeugung und den Verbrauch werden zunächst Lastgangverläufe ermittelt. Die unterschiedliche Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur erfordert es zunächst Einzellastgänge zu berechnen. Für die Berechnung werden die ermittelten Jahreswerte in kWh mit einem individuellen Profilwert auf Basis eines 15-Minuten Intervalls verteilt. Das bedeutet pro Lastgang ergeben sich 35.040 Datensätze:

$$4 \text{ Intervalle pro Std.} \times 24 \text{ Std. pro Tag} \times 365 \text{ Tage} = \text{Anzahl Datensätze pro Lastgang}$$

Da Lastgänge wie in Kapitel 3.4 beschrieben Schwankungen unterliegen, werden im Rahmen der Modellierung Intervalle hinterlegt die auf gemessenen und veröffentlichten Werten basieren. Um auf Grundlage einer möglichst repräsentativen Verteilung zu argumentieren werden Datenquellen herangezogen, welche die lokalen Klima- und Wetterdaten ebenso berücksichtigen wie Feiertage die Einfluss auf den Verbrauch haben. Die einzelnen Lastgänge werden addiert und ergeben jeweils für die Erzeugung und den Verbrauch einen Summenlastgang. Durch das übereinanderlegen der Summenlastgänge ergeben sich Lastspitzen aus denen sich ableiten lässt in, welchem Umfang Strom zusätzlich bezogen oder eingespeist werden muss. Handelt es sich bei den Residualmengen um eine relevante Größenordnung wird mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse der Einsatz eines Speichers geprüft.

5.2.1 Lastgänge der Erzeugung

Die Lastgänge der Erzeugung setzen sich aus dem Einsatz von Photovoltaikanlagen, Kleinwindkraftanlagen und BHKW zusammen. Die Erzeugungsleistung von 1.351 MWh/a liegt um 306 MWh/a über der Verbrauchsleistung von 1.045 MWh/a.

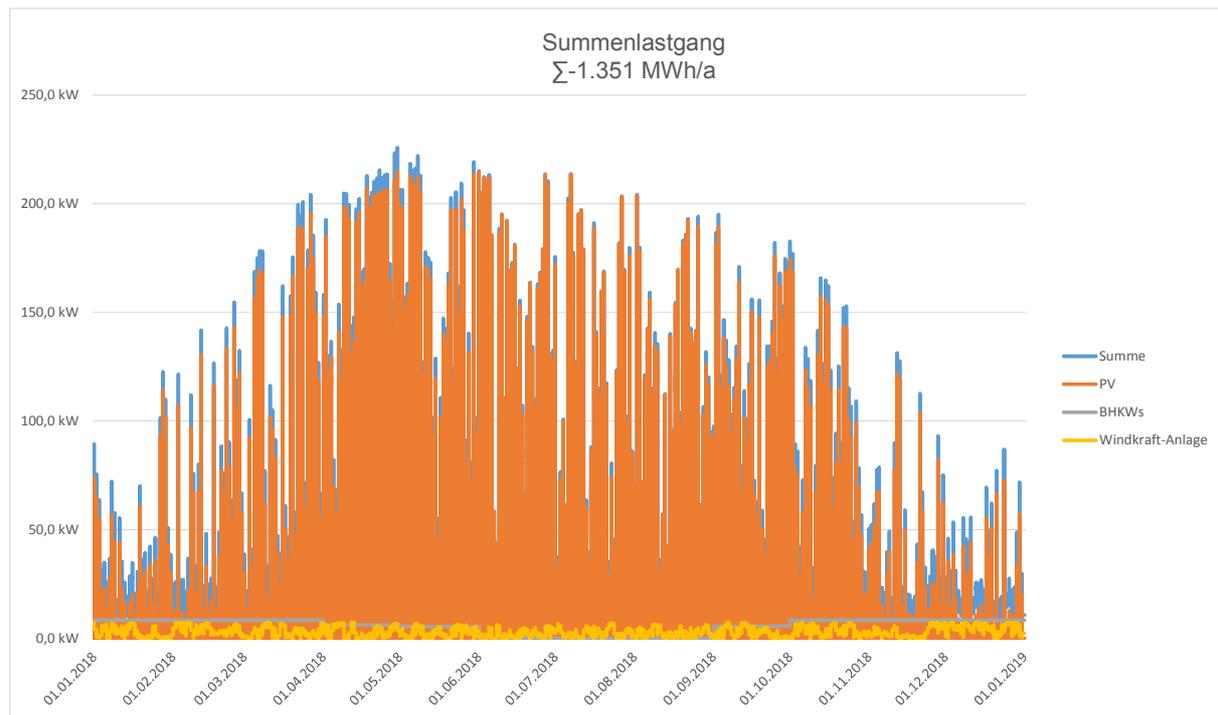


Abbildung 17: Erzeugungslastgang aus PV, Windkraftanlagen, BHKW

Bei der Ermittlung der Lastgänge sind für die Photovoltaik 931 Volllaststunden, die Windkraftanlage 2.698 Volllaststunden und die BHKW 6.552 Volllaststunden angenommen worden. Aufgrund der zugrunde gelegten Anlagendimensionierung ergibt sich daraus für die einzelnen Erzeugungsarten folgende Leistung:

Erzeugungsart	Erzeugungsleistung
Photovoltaik	1.057 MWh/a
Windkraftanlage	98 MWh/a
BHKW	196 MWh/a
Summe	1.351 MWh/a

Tabelle 15: Erzeugungsleistung nach Erzeugungsart

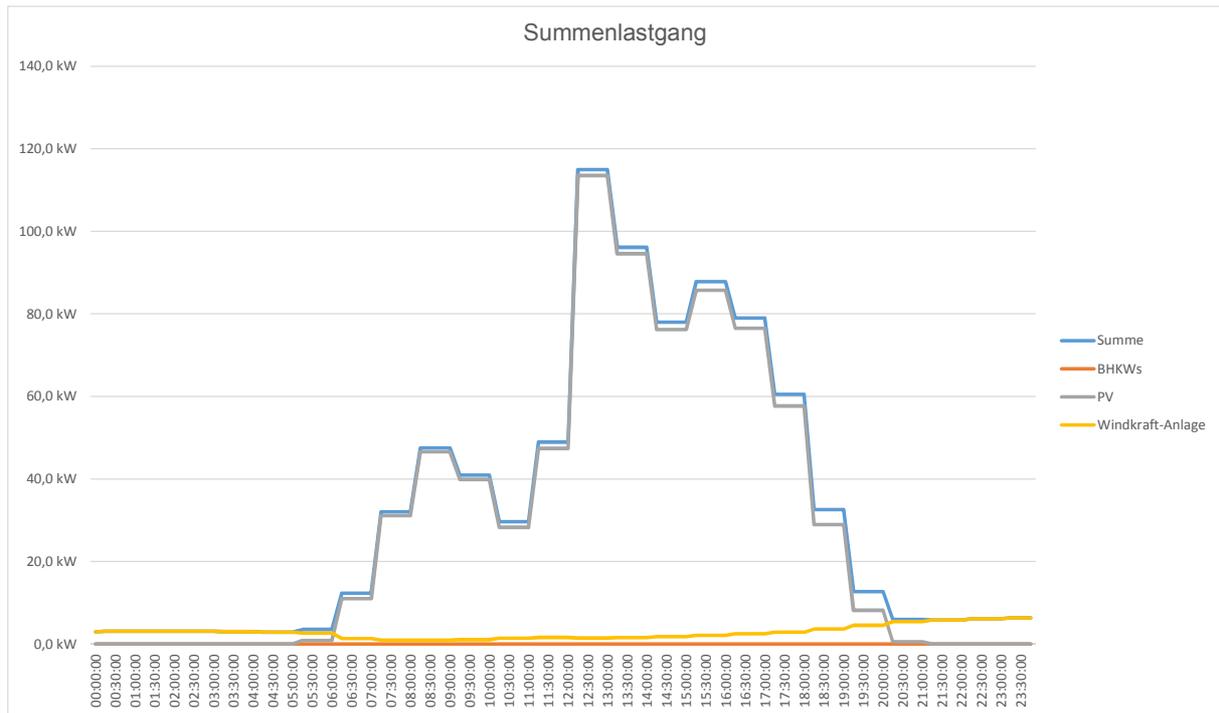


Abbildung 18: Tageslastgang Erzeugung 08.08.2018

Im Vergleich der Abbildungen 18 und 19 lässt sich erkennen, dass in den Sommermonaten kein Einsatz der BHKW vorgesehen ist. Da die Anlagen wärmegeführt betrieben werden, ist ein Einsatz in diesem Zeitraum nicht notwendig.

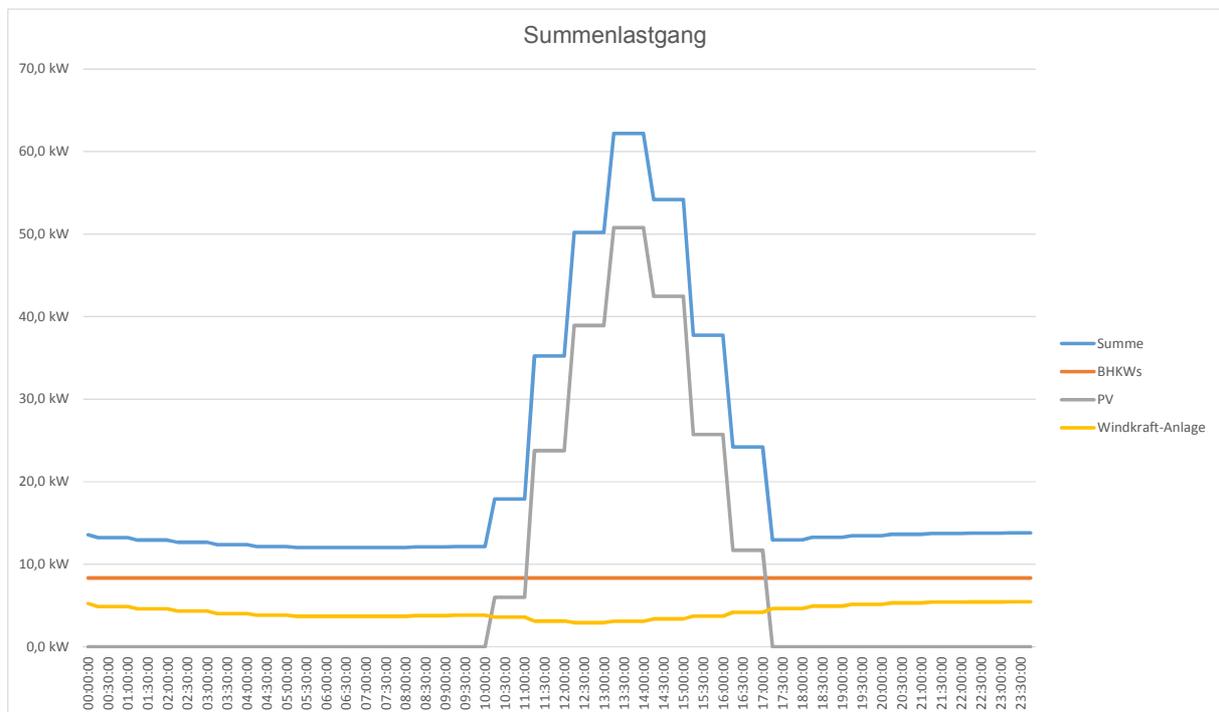


Abbildung 19: Tageslastgang Erzeugung 19.12.2018

5.2.2 Verbrauchslastgänge

Zur Ermittlung der Lastgangstruktur im betrachteten Gewerbegebiet werden die ermittelten und in Tabelle 14 abgebildeten Stromverbräuche mit dem Verlauf hinterlegt, der sich für das jeweils zugeordnete Lastprofil aus Tabelle 13 ergibt. Dabei findet eine Verteilung Anwendung wie sie von der EnergieNetz Mitte GmbH für das Jahr 2018 veröffentlicht worden ist [48]. Die verwendeten Daten beziehen sich auf das Bundesland Niedersachsen, sind aber im Rahmen der Modellierung hinreichend genau und auf das in Schleswig-Holstein liegende Gewerbegebiet anzuwenden. Feiertage die Einfluss auf die Verteilung der Lastgänge haben sind nahezu identisch und unterliegen in ihrer Anzahl nicht dem Abweichungspotential wie bspw. im Vergleich mit dem Bundesland Bayern.

Am Beispiel der Zuordnungsnummer GW 18 bildet sich ein Lastgang ab, der mit einem Verbrauch von 35.310 kWh/a und einer Zuordnung zum repräsentativen Lastprofil G1 der Abbildung 20 entspricht.

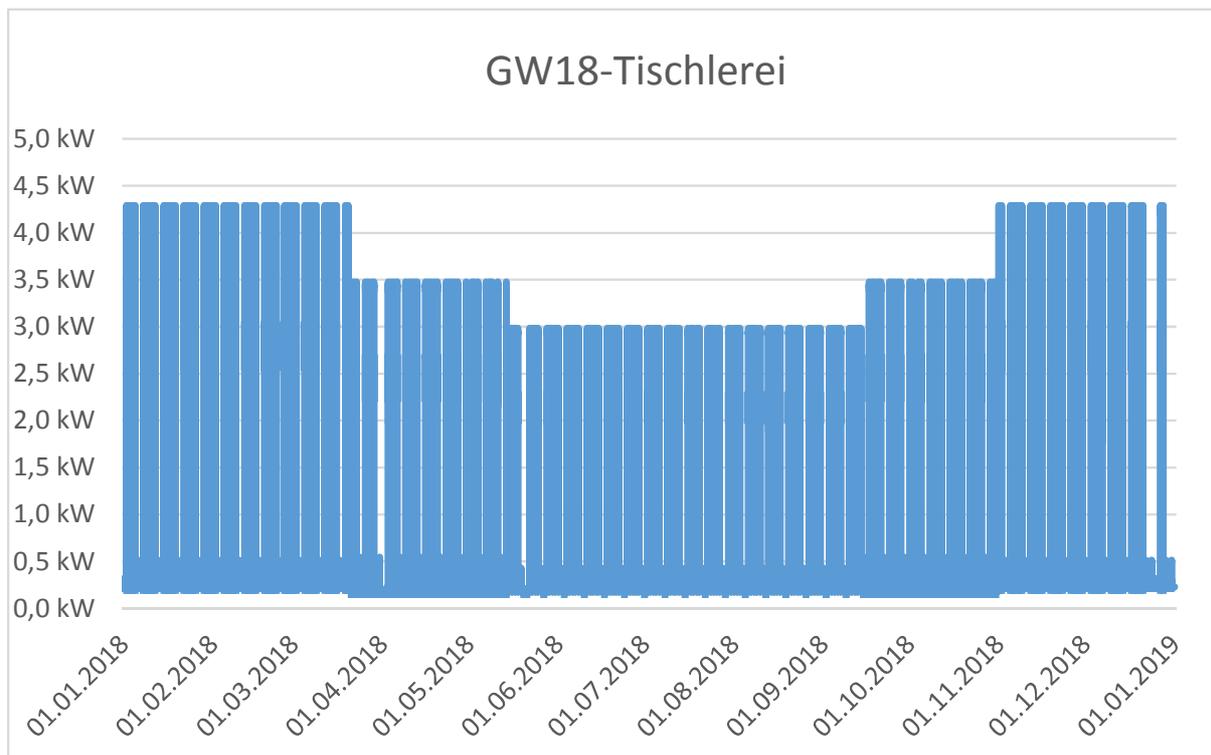


Abbildung 20: Lastgang einer Tischlerei mit repräsentativen Lastprofil G1

Mit Zuordnung des Lastprofil G1 ergibt sich für die Zuordnungsnummer 18 ein Lastgang der ein Gewerbe repräsentiert, welches seinen Verbrauch an Werktagen zwischen 8 und 18 Uhr aufweist mit einem geringen Verbrauchsanteil am Wochenende. Dieses Profil findet u.a. Anwendung auf Dienstleistungsunternehmen wie Arzt-Praxen und Büros und obwohl die Tätigkeit und der Strombedarf so unterschiedlich sind, besteht die gleiche Charakteristik. Der Ein-

satz von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen des täglichen Anforderungsprofils der Tätigkeiten, im Falle einer Tischlerei Maschinen zur Holzverarbeitung, bilden im betrachteten Fall einen Basislastgang von 2,7 MWh pro Monat ab. Die Witterungsverhältnisse im Winter und in der Übergangszeit (Frühling / Herbst) führen zu einem zusätzlichen Verbrauch von bis zu 912 kWh pro Monat für Allgemeinstrom, bedingt durch den Einsatz von Lichtquellen in den Morgen- und Abendstunden oder Heizstrahlern in den Hallen.

Im Vergleich ergibt sich für die Zuordnungsnummer GW12 mit dem Lastprofil G0 ein Lastgang wie er Abbildung 21 zeigt:

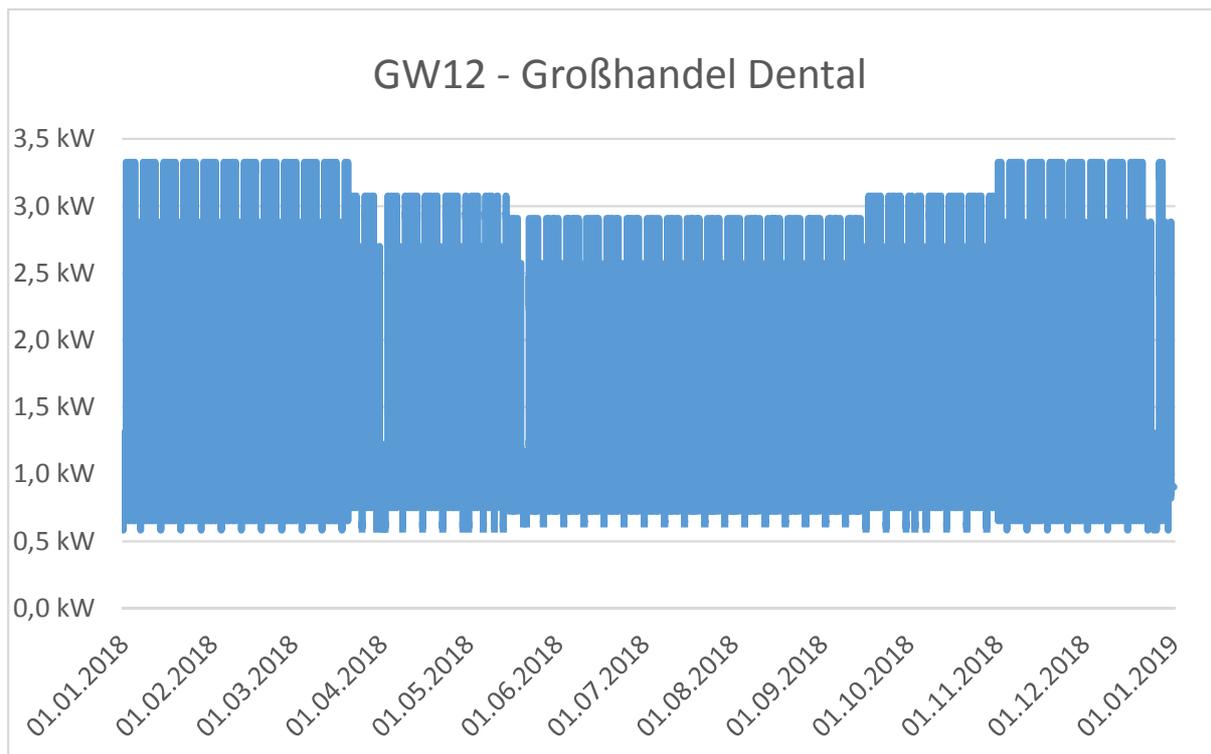


Abbildung 21: Lastgang mit einem Lastprofil G0

Das gewählte Lastprofil G0 – Gewerbe allgemein stellt einen gewichteten Mittelwert der Gesamtgruppe aus der VDEW-Messung von 1986/87 dar und findet Anwendung, da eine Zuordnung zu den Gewerbeprofilen G1 bis G6 nicht den anzunehmenden Lastverlauf repräsentiert. Bei der Zuordnungsnummer GW12 handelt es sich um einen Gewerbebetrieb der medizinische Produkte produziert und vertreibt. Es wird unterstellt, dass die technischen Anlagen in Dauerlast betrieben werden und nur am Wochenende und an Feiertagen außer Betrieb sind. Der Jahresverbrauch von 55.670 kWh verteilt sich mit einer durchschnittlichen Leistung von 2,7 kW pro Intervall relativ konstant über das Jahr, was zu einem Basislastgang von 4,5 MWh/pro Monat führt. Leichte Abweichungen in der Spitze ergeben sich hier wie im beschriebenen Profil G1 aus dem zusätzlichen Verbrauch in der Winter- und Übergangszeit.

Werden die Lastgänge der einzelnen 22 Gewerbebetrieb übereinandergelegt, ergibt sich ein Summenlastgang aus dem Betriebsablauf wie er in Abbildung 22 dargestellt ist.

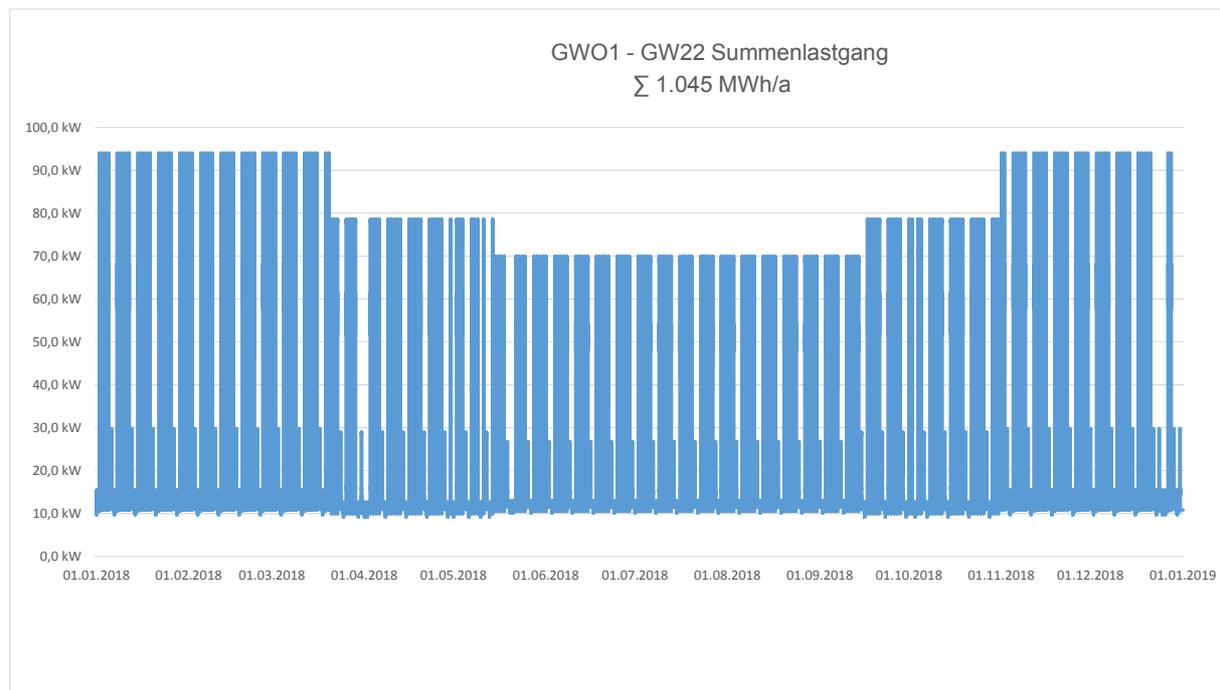


Abbildung 22: Summenlastgang Gewerbeeinheiten

Der Verlauf des Summenlastgangs entspricht in seiner Darstellung dem Einzellastgang, wie er sich in Abbildung 20 für eine Tischlerei ergibt. Wie aus der Zuordnung der Lastprofile in Tabelle 13 zu entnehmen ist, sind 64% dem Profil G1 zugeordnet, mit entsprechendem Einfluss auf den Summenlastgang.

Der so ermittelte Summenlastgang bildet den eigentlichen Betriebsablauf ab der in seiner Charakteristik konstant bleibt und somit nahezu präzise auf die Folgejahre fortgeschrieben werden kann, sofern sich die Zusammensetzung der Gewerbetreibenden nicht wesentlich ändert. Um den gesamten Stromverbrauch im Gewerbegebiet zu ermitteln wird ein weiterer Lastgang erstellt, der sich aus der Struktur der Ladevorgänge ergibt. Durch ein Zusammenlegen der dann vorliegenden Lastgänge ergibt sich ein Summenlastgang für den potentiellen Gesamtverbrauch im Gewerbegebiet.

Erwartet wird ein Verlauf der sich Wochentags in der Zeit ab 18 Uhr aufbaut und gegen 8 Uhr morgens sein Minimum erreicht. Die Wochenenden und Feiertage können mit einem entsprechenden Lastmanagement im Tagesverlauf genutzt werden, um auf Strompreisschwankungen zu reagieren, was innerhalb der Woche nur in den Abend- und frühen Morgenstunden möglich ist. Zur Erstellung eines Lastgangs der den Fuhrpark aus Elektrofahrzeugen abbildet, sind folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Arten von Fahrzeugen sind vorhanden:
 - PKW,
 - Transporter,
 - Kleinlaster,
 - LKW,
 - Spezialfahrzeuge?
2. Welche Fahrzeugarten lassen sich sinnvoll auf Elektromobilität umstellen?
3. Wie hoch ist die tägliche Laufleistung und wird diese durch die Reichweite der eingesetzten Fahrzeuge abgedeckt?
4. Zu welchen Zeitpunkten müssen die Fahrzeuge betriebsbereit sein?
5. Wie schnell und zu welchen Zeiten müssen Autos laden?

In Tabelle 13 ist die Branchenzugehörigkeit der im Gewerbegebiet ansässigen Unternehmen enthalten. In der weiteren Betrachtung wurde, zusammengefasst in Tabelle 16, bereits eine Zuordnung der Fahrzeugarten über die Fahrzeugklassen vorgenommen. Obwohl alle namenhaften Hersteller bereits Elektro-LKW entwickeln handelt es sich bei ihrem Einsatz zunächst noch um Pilotprojekte und werden daher im Zusammenhang mit der Spedition nicht berücksichtigt. Spezialfahrzeuge finden in dem betrachteten Gewerbegebiet aufgrund der Gewerbetätigkeit keine Anwendung.

Die Fragen 1 und 2 lassen sich damit wie folgt beantworten:

Im Gewerbegebiet sind alle Fahrzeugarten vom PKW bis zum LKW in unterschiedlichen Fahrzeugklassen vorhanden, mit der Ausnahme von Spezialfahrzeugen. Eine Umstellung auf Elektromobilität erscheint für die Fahrzeugarten vom PKW bis zum Kleinlaster eine realistische Option zu sein, da PKW bereits Reichweiten von bis zu 520 Kilometer aufweisen und auch Transporter und Kleinlaster mit Reichweiten von bis zu 290 Kilometer eine durchschnittliche Route von 75 Kilometer abdecken (siehe: Tabelle 18 im Anhang). Eine Umstellung von LKW auf Elektromobilität erscheint aus den bereits erwähnten Gründen mittelfristig keine Option zu sein.

Die Frage drei nach der täglichen Laufleistung und der damit abzudeckenden Reichweite stellt sich aufgrund der ausgewählten Fahrzeugarten und ihrer Reichweitenleistung im Grunde nicht mehr. Vielmehr stellt sich die Frage in welchen zeitlichen Abständen die Fahrzeuge mindestens geladen werden müssen. Im Zusammenhang mit einem Lademanage-

ment tritt aber auch die Beantwortung dieser Frage in den Hintergrund, da die Fahrzeuge immer so geladen werden, dass sie im Rahmen ihrer Routenplanung einsatzbereit zur Verfügung stehen.

Da sich die Fahrzeuge werktags ab 8 Uhr im Einsatz befinden und spätestens ab 20 Uhr auf dem Betriebsgelände abgestellt sind ergibt sich eine Ladezeit von 12 Stunden. Da aufgrund des Einsatzortes festinstallierte Ladestationen zur Anwendung kommen müssen, wird die Verwendung von Wallboxen mit einer Ladeleistung von 22 kW unterstellt. Alternativ wird eine Ladeleistung von 11 kW betrachtet, um zu prüfen in welchem Umfang die max. Ladezeit belastet wird.

Die Ladezeit berechnet sich aus der Division von Batteriekapazität durch Ladeleistung, wobei diese während des Ladevorgangs nicht konstant sein muss sondern in Abhängigkeit vom Zustand der Batterie limitiert sein kann. Daher werden als Reserve in der Berechnung 30 Minuten hinzuaddiert.

$$\text{Ladezeit}_{\text{norm}} = \text{Batteriekapazität} / \text{Ladeleistung}$$

$$\text{Ladezeit}_{\text{Reserv}} = \text{Ladezeit}_{\text{norm}} + \text{Reserve}$$

Modellbezeichnung	Fahrzeugklasse	Batterie Kapazität in kWh/Ah	Leistung in kW	Ladezeit _{norm}	Ladezeit _{Reserv}	Leistung in kW	Ladezeit _{norm}	Ladezeit _{Reserv}
BMW i3 33 kWh	Kleinwagen	27,2	11	02:30	03:00	22	01:15	01:45
VW E-Golf	Kompaktklasse	24,2	11	02:15	02:45	22	01:10	01:40
Renault Fluence Z.E.	Mittelklasse	22	11	02:00	02:30	22	01:00	01:30
Iveco Daily Electric 80 EV	Nutzfahrzeug	28,2	11	02:30	03:00	22	01:15	01:45
Hyundai Kona Elektro (150 kWh)	Obere Mittelklasse	64	11	05:50	06:20	22	03:00	03:30
Opel Ampera-e	Oberklasse	60	11	05:25	05:55	22	02:40	03:10
Jaguar I-Pace S	SUV	90	11	08:15	08:45	22	04:00	04:30
Mercedes-Benz eVito	Transporter	41,4	11	03:45	04:15	22	01:50	02:20
Kia Soul EV PLAY	Untere Mittelklasse	27	11	02:20	02:50	22	01:15	01:45

Tabelle 16: Ladezeiten der als repräsentativ bewertete Fahrzeugmodelle bei einer Ladeleistung von 11kW und 22 kW

Wie der Tabelle 15 zu entnehmen ist und womit sich auch eine Antwort auf Frage fünf geben lässt, besteht selbst bei einer Ladeleistung von 11 kW eine Inanspruchnahme von max. $\frac{3}{4}$ der zur Verfügung stehenden Ladezeit von 12 Stunden.

Zur Ermittlung der Ladeleistung wird der errechnete und in Tabelle 16 enthaltende Verbrauch pro Gewerbeinheit zugrunde gelegt. Unter Verwendung des Lastprofils G1N, bei dem der

Profilwert im Zeitraum von 8:30 Uhr bis 19 Uhr auf die Zeit zwischen 19 Uhr und 8:30 Uhr verschoben wird, ergeben sich individuelle Lastgänge in Abhängigkeit der Anzahl und Art der eingesetzten Fahrzeuge. Abbildung 23 zeigt die Verläufe des sich daraus ergebenden Lastgangs für einen Zeitraum von 24 Stunden mit dem hinterlegten Tagesprofil vom 08.08.2018.

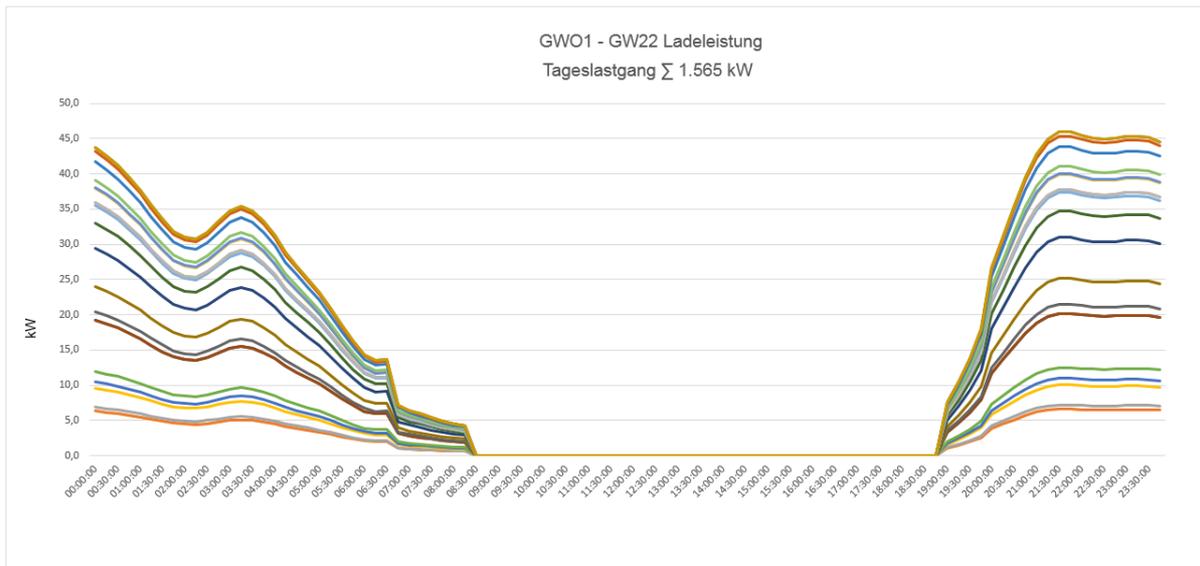


Abbildung 23: Lastprofil der einzelnen Gewerbebetriebe

Durch Addition der summierten Lastgänge als 15 Minuten-Intervall für den Betriebsablauf und die Ladeleistung ergibt sich für den 08.08.2018 ein Summenlastgang wie er in Abbildung 24 dargestellt ist.

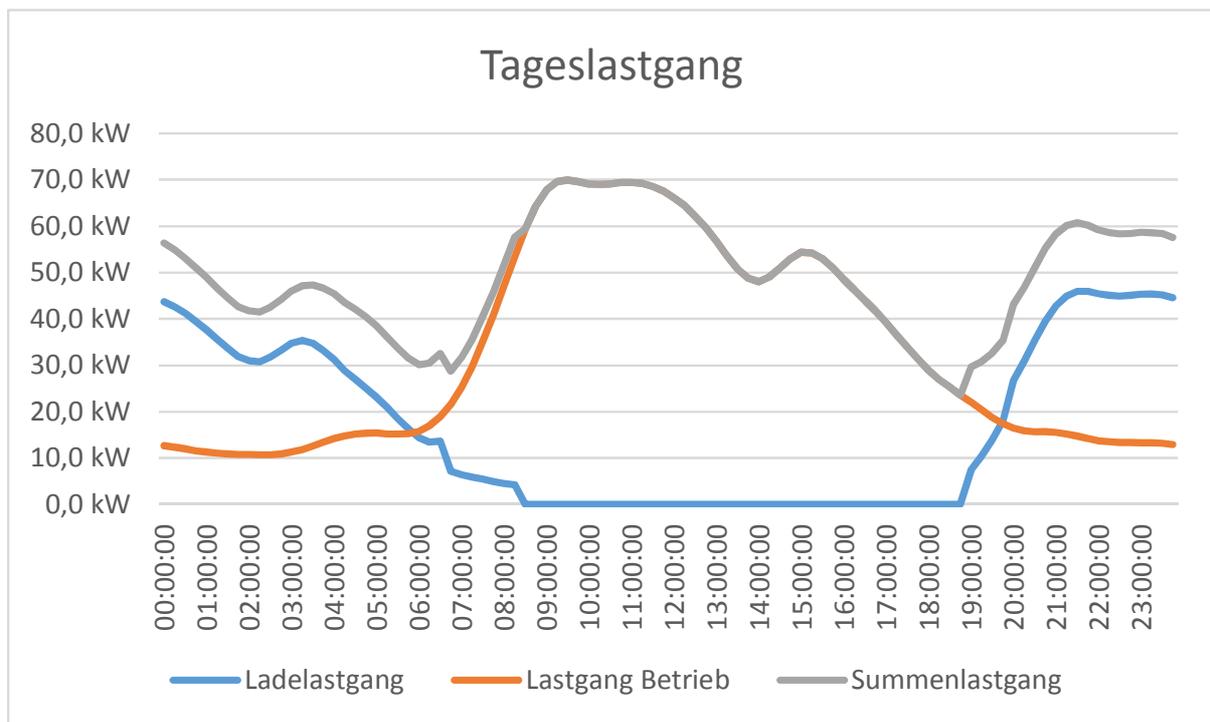


Abbildung 24: Tageslastgang Laden und Gewerbe 08.08.2018

Betrachtet man dagegen den Summenlastgang für den 19.12.2018, ebenfalls ein Mittwoch, lässt sich eine deutliche Verschiebung und steilerer Anstieg der Lastgangkurve für den Betriebsablauf erkennen.

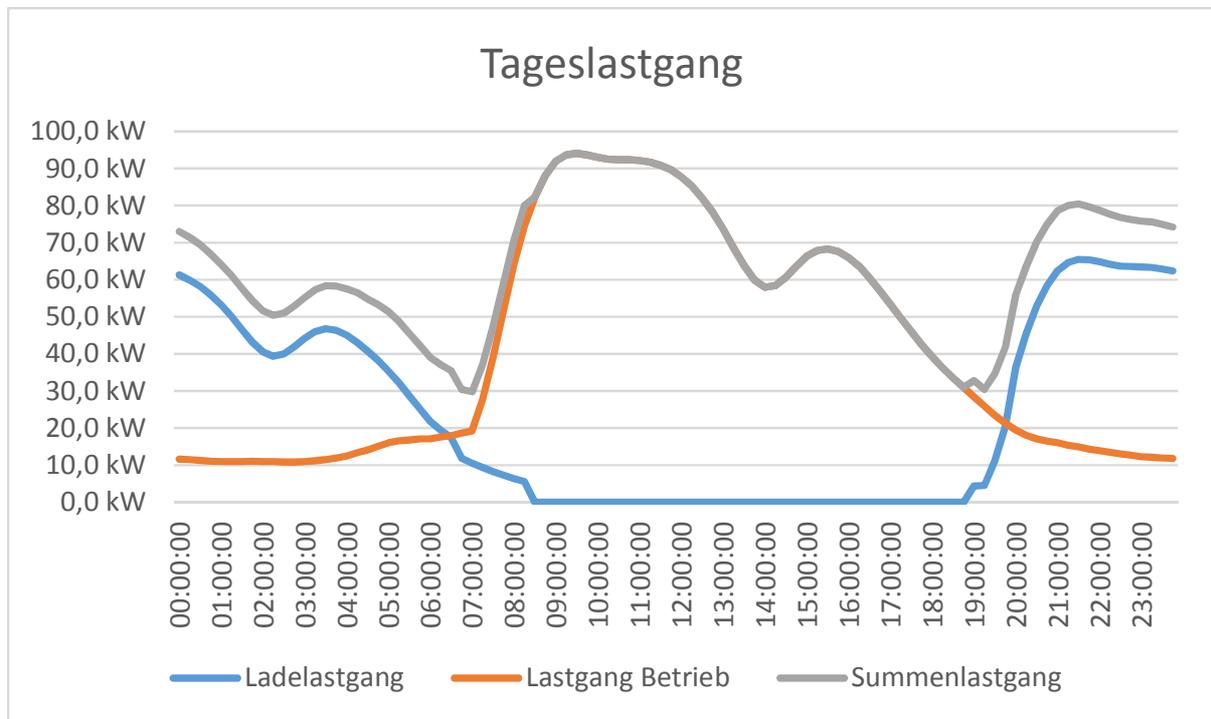


Abbildung 25: Tageslastgang Laden und Gewerbe 19.12.2018

Aber auch der Ladelastrang berücksichtigt die veränderten Witterungsverhältnisse und die damit höheren Leistungsansprüche.

Im Jahresverlauf ergibt sich das bekannte Bild, dargestellt in Abbildung 26, wie es bereits im Jahreslastgang in Abbildung 22 für die Gewerbeeinheiten entstanden ist.

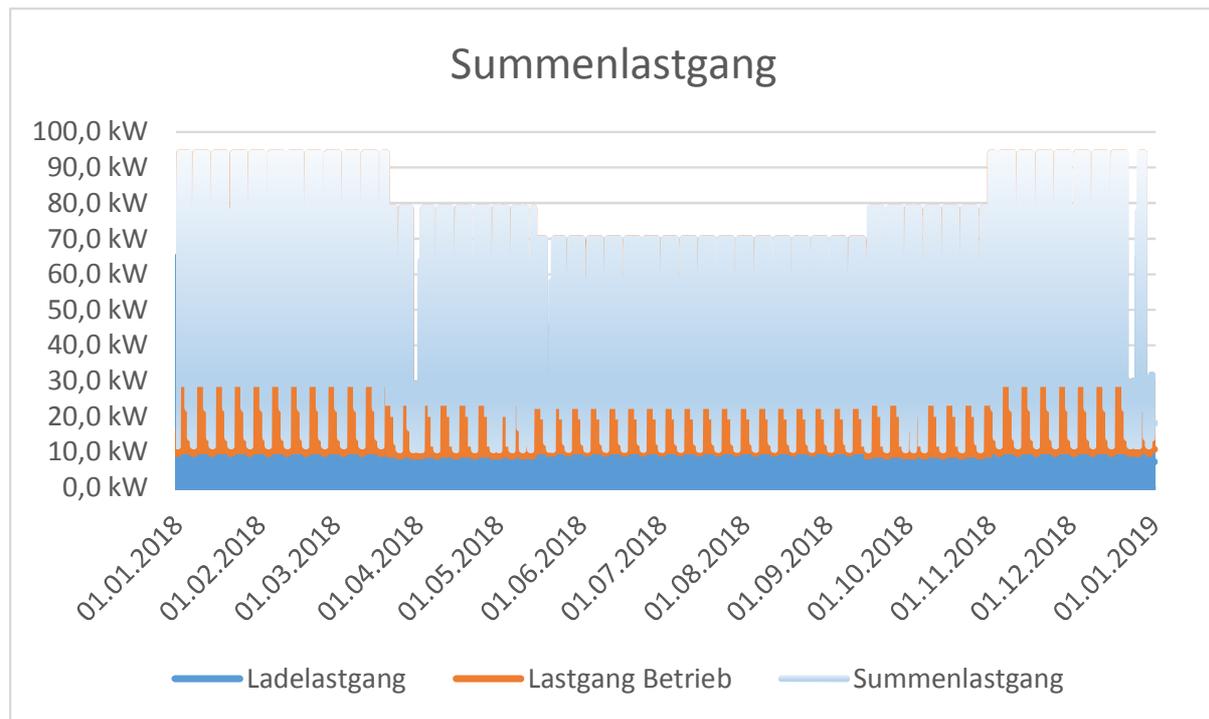


Abbildung 26: Summenlastgang aus Ladelastgang und Lastgang Gewerbebetriebe

5.2.3 Nutzungspotential aus dezentraler Stromerzeugung

Durch ein übereinanderlegen der Summenlastgänge aus Erzeugung und Verbrauch zeigt sich das der verbrauchsorientierte Lastfluss durch eine dezentrale Erzeugung in den Sommermonaten überlagert wird und damit eine Überkapazität an Strom zur Verfügung steht, während in den Wintermonaten eine Unterdeckung und somit zusätzlicher Strombedarf vorhanden ist.

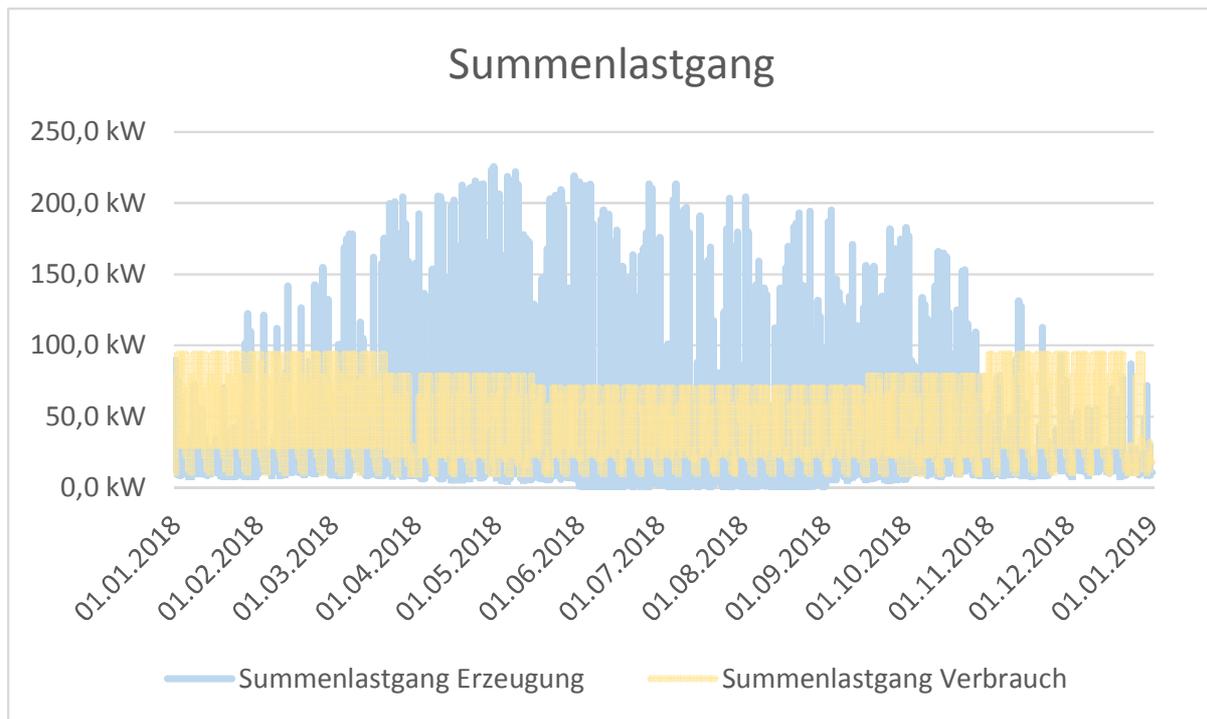


Abbildung 27: Jahreslastgang aus Erzeugung und Verbrauch

Deutlich wird die Diskrepanz aus Erzeugung und Verbrauch im Vergleich der Tageslastgänge für den 08.08.2018 in Abbildung 26 und den 19.12.2018 in Abbildung 27.

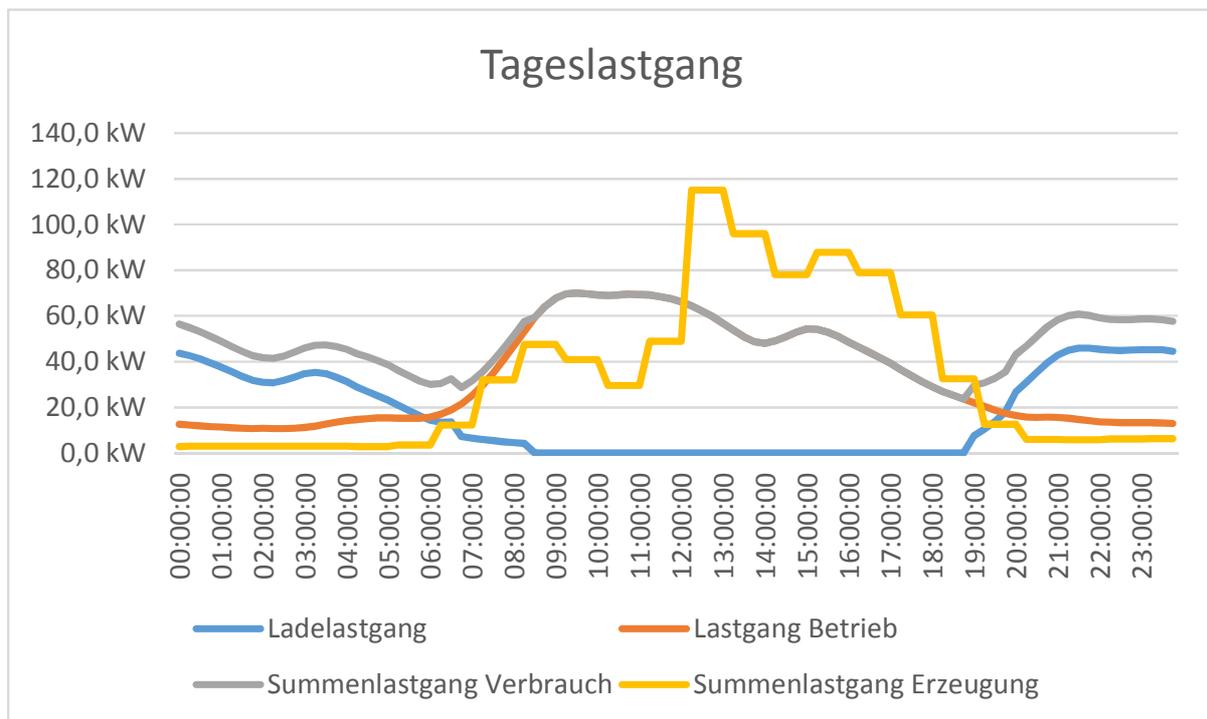


Abbildung 28: Tageslastgang aus Erzeugung und Verbrauch 08.08.2018

Während in den Sommermonaten der Einsatz einer Speicherlösung den Kapazitätsbedarf zur Ladung des Fuhrparks abdecken kann, besteht in den Wintermonaten kein Anwendungsfall. Der Einsatz einer Speicherlösung ist damit nicht von Bedeutung.

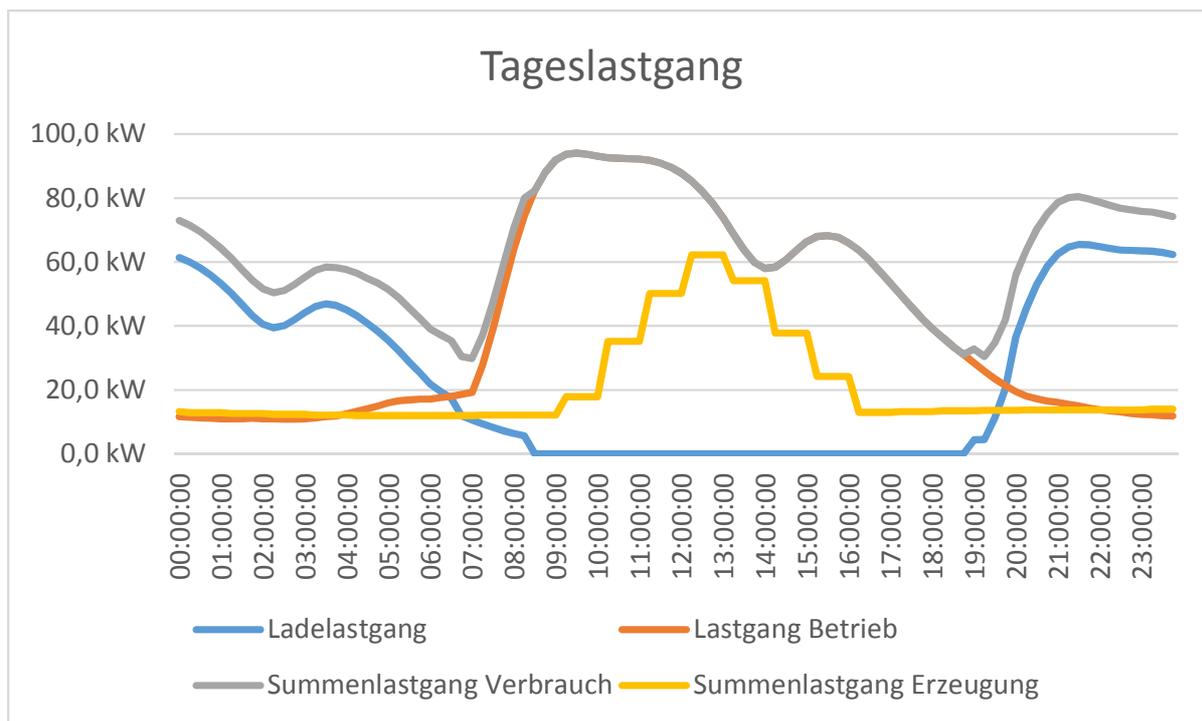


Abbildung 29: Tageslastgang aus Erzeugung und Verbrauch 19.12.2018

Ein mögliches Absatzpotential der Überkapazitäten in den Sommermonaten besteht in der Belieferung von öffentlich zugänglichen Ladesäulen im direkten Umfeld.

5.3 Leistungspakete im Rahmen einer Contractinglösung

Die Netzinfrastruktur mit ihrer technischen Auslegung, rechtlichen Einordnung und einem verpflichtenden Energiemanagement nimmt im Rahmen einer wirtschaftlichen Betrachtung eine Schlüsselstellung ein. Die Netzstruktur muss so ausgelegt sein das Spitzen auf Ebene der Ein- und Ausspeisung keine negativen Auswirkungen auf den Netzbetrieb haben. Ein intelligentes Energiemanagementsystem, wie in Kapitel 3.6 beschrieben, kann Spitzen glätten wodurch sich Netzausbaukosten reduzieren lassen oder im Fall eines bestehenden Netzes Netzverstärkungsmaßnahmen unterlassen werden können. Ein Gewerbegebiet, welches sich in der Entwicklung befindet, ist einem Netzentwicklungsplan zu entwerfen. Obwohl bei einem zu erschließenden Gebiet eine höhere Unsicherheit in Bezug auf die tatsächliche Entwicklung vorliegt, kann über ein Nutzungskonzept die Ansiedlung im Gewerbegebiet gesteuert werden. Für die Entwicklung eines maßgeschneiderten Infrastrukturkonzeptes kann sich dieses Risiko als Chance erweisen. Anders verhält es sich, wie in dem Fall des betrachteten Gebietes. Es ist voll erschlossen und die wesentlichen Einspeise- und Abnahmestrukturen sind bekannt. Anhand einer Datenerhebung aus gemessenen Lastgängen kann eine genaue Abnahmestruktur entwickelt und mit der bestehenden und ggf. zu ergänzenden Erzeugungsstruktur in Abstimmung gebracht werden.

Die Objektnetzausnahme ist wesentlich für einen wirtschaftlichen Betrieb mit dezentraler Energieerzeugungs- und Energieabnahmestruktur bei der sich die Frage der Netzeinordnung nach § 110 EnWG stellt. Lässt sich keine Objektnetzausnahme erkennen, finden grundsätzlich alle regulatorischen Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes ihre Anwendung [49]. Neben der Erfüllung der nachweisbaren Fähigkeit zum Netzbetrieb gelten Pflichten zur informationellen und buchhalterischen Entflechtung, zum Netzanschluss und Netzzugangsgewährung sowie zur Genehmigung von Erlösobergrenzen im Rahmen der Anreizregulierung.

Während der Einsatz von Speicherlösungen und Energiemanagementsystemen einerseits die Stromnetzkosten reduzieren kann, kann die Vernetzung mit den Energiemärkten die Möglichkeit bieten netzunterstützend zu agieren und damit eine zusätzliche Einnahmequelle zu generieren. So kann die Speicherlösung in Zeiten hoher Lasten zusätzlichen Strom einspeisen und im anderen Fall Strom speichern. Auch bietet die Ladeinfrastruktur Potential netzentlastend zu wirken.

Während der Netzbetrieb eines geschlossenen Verteilnetzes zur Reduzierung von Stromkostenbestandteilen in Form von Umlagen und Steuern führen kann, lassen sich Dienstleistungserträge aus der Wartung und dem Betrieb der Erzeugungsanlagen generieren. Auf Grundlage der vorliegenden Daten aus dem Energiedatenmanagement lassen sich Prognosen ableiten, die es ermöglichen am Markt Chancen zu nutzen ohne das Risiko wesentlich zu erhöhen.

6. Zusammenfassung

In der Zusammenfassung soll noch einmal ein Fazit zum Anwendungsfall des Gewerbegebietes gezogen und ein Ausblick auf mögliche Entwicklungschancen gegeben werden.

6.1 Fazit

Die Umsetzung eines integrierten Infrastrukturmodells in dem betrachteten Gewerbegebiet in Bargteheide lässt aufgrund der bislang gewonnenen Erkenntnisse keinen wirtschaftlichen Lösungsansatz erkennen. Die vorliegenden Rahmenbedingungen bieten keinen Gestaltungsspielraum eine Erzeugungsstruktur aus regenerativen Anlagen zu schaffen, die es ermöglichen einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Für sich alleine betrachtet lassen sich auch nicht die notwendigen Skaleneffekte erreichen, die zur Kostendeckung der beschriebenen Infrastruktur notwendig sind. Die Höhe der zu erwartenden Investitionsmaßnahmen in die Erzeugungs-, Netz- und Ladeinfrastruktur auf der einen Seite, sowie den Kosten notwendiger Softwarelösungen und dem entsprechenden Know-How auf der anderen Seite stehen zu niedrige Mengenvolumen im Strom gegenüber. Die zu erwartenden Einsparpotentiale aus reduzierten Netzkosten und geringere Stromgestehungskosten werden durch die

notwendigen operativen Kosten überkompensiert. Auch ergibt sich kein entsprechendes Volumen aus der Infrastruktur das es erlaubt am Strommarkt als Marktteilnehmer agieren zu können.

6.2 Ausblick

Die Energiewende und Mobilitätswende bedeutet ein Umdenken von bestehenden Strukturen. Dieses umdenken muss in allen Bereichen des wirtschaftlichen und rechtlichen Zusammenwirkens erfolgen und nicht zuletzt in den Köpfen der einzelnen Personen. Ökonomisch und ökologisch ist kein Sinn darin zu erkennen Strom aus Windkraft im Norden und Sonnenenergie im Süden zu produzieren, um ihn dann zu unterschiedlichen Zeitpunkten in die jeweils entgegengesetzte Richtung zu transportieren. Der Umbau auf Elektromobilität ist dort sinnvoll, wo er durch den Einsatz von regenerativ erzeugtem Strom erfolgt. Solange Kohlestrom Elektroautos antreibt kommt es zu einem Trugbild durch die Verschiebung von CO₂ Emissionen, die unter dem Strich sogar zu einem CO₂ Anstieg führen kann.

Allerdings geben die Entwicklung in den Bereichen der Energie-, Automobil- und Informationstechnologie ein Zeichen der Hoffnung. Durch Innovationsdruck kommt es zu einer Verschiebung von Markteintrittsbarrieren. Neue Teilnehmer sehen sich in der Lage mit marktübergreifenden Konzepten Veränderungen herbeizuführen die selbst politischen Einflüssen widerstehen können.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II, „Positionspapier IKT für Elektromobilität - aus dem BMWi Förderschwerpunkt IKT für Elektromobilität II: Smart Car - Smart Grid - Smart Traffic,“ Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II, Berlin, 2015.
- [2] P. Ester, „Vision IKT für Elektromobilität im BMWi Förderprogramm IKT für Elektromobilität II: Smart Car - Smart Grid - Smart Traffic Szenarien, Basisinnovationen und Expertenbewertung,“ Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II, Berlin, 2016.
- [3] ZfK Zeitung für kommunale Wirtschaft, „Smart Quarter in der Karlsruher Oststadt: ZfK Zeitung für kommunale Wirtschaft,“ VKU Verlag GmbH München/Berlin, 11 Oktobetr 2017. [Online]. Available: <https://www.zfk.de/artikel/smart-quarter-in-der-karlsruher-oststadt-2017-10-11/>. [Zugriff am 7 Januar 2019].
- [4] V. Wesselak und S. Voswinckel, Photovoltaik - Wie Sonne zu Strom wird, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2016.
- [5] H. Watter, Regenerative Energiesysteme - Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- [6] G. Brauner, Energiesysteme: regenerativ und dezentral - Strategien für die Energiewende, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.
- [7] E. Hau, Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit, Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.
- [8] Wolf Power Systems - Dreyer & Bosse / Blockheizkraftwerke, „Blockheizkraftwerke,“ Wolf Power Systems, Wolfhagen, 2016.
- [9] W. Nowak und J. Arthkamp, „BHKW-Fibel,“ ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. , Berlin, 2015.
- [10] K. Tkotz, Fachkunde Elektrotechnik, Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel, 2014.
- [11] W. Nowak und J. Arthkamp, „BHKW-Grundlagen,“ Rationeller Erdgaseinsatz Manfred Eichenherr, Hamburg, 2010.

- [12] Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), DGUV
Vorschrift 3 - Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, Hamburg: Berufsgenossenschaft
für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), 2015.
- [13] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., „DIN VDE 0100-
200,“ VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., Frankfurt am
Main, 2006.
- [14] K. Tkotz, Fachkunde Elektrotechnik, Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel, 2014.
- [15] A. Kampker, Elektromobilproduktion, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014.
- [16] A. Karle, Elektromobilität - Grundlagen und Praxis, München: Carl Hanser Verlag, 2015.
- [17] Deutsches CleanTech Institut, „Band 4 eMobilität - CleanTech-Branche - Treiber im
Fokus,“ DCTI GmbH, Bonn, 2010.
- [18] P. Komarnicki, J. Haubrock und Z. A. Styczynski, Elektromobilität und
Sektorenkopplung Infrastruktur- und Systemkomponenten, Berlin: Springer Vieweg,
2018.
- [19] DKE/AK EMOBILITY.60, „Der Technische Leitfaden - Ladeinfrastruktur Elektromobilität
Version 2,“ DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik, Frankfurt am Main,
2016.
- [20] D. P. Ester, „Vision IKT für Elektromobilität - Szenarien, Basisinnovationen und
Expertenbewertung,“ Geschäftsstelle der Begleitforschung IKT für Elektromobilität II,
Berlin, 2016.
- [21] Bundesverband Energiespeicher e.V. , „Faktenpapier Energiespeicher - Rechtsrahmen,
Geschäftsmodelle, Forderungen,“ Bundesverband Energiespeicher e.V. ; Deutscher
Industrie- und Handelskammertag, Berlin, 2016.
- [22] MVV Energie AG, „Batterie, Elektromobilität, Mannheim, Ladeinfrastruktur,
Technologie, Elektroauto, Autos - mvv, Mannheim, Deutschland - MVV Mannheim,“
MVV Energie AG, [Online]. Available: <https://elektromobilitaet.mvv.de/batterie>. [Zugriff
am 27 12 2018].
- [23] G. Brauner, Energiesysteme:regenerativ und dezentral. Strategien für die
Energiewende, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.

- [24] F. Schnorr und H. Hinze, Erstellung von Lastprognosen für den elektrischen Strombedarf von Einfamilienhäusern, Berlin: Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 2014.
- [25] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., „BDEW/VKU/GEODE-Leitfaden; Abwicklung von Standardlastprofilen Gas,“ BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin, 2018.
- [26] H. Meier, C. Fünfgeld, T. Adam und B. Schieferdecker, „Repräsentative VDEW-Lastprofile,“ VDEW, Frankfurt (Main), 1999.
- [27] FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH, „Struktur des Stromnetzes,“ FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH, 18 Juni 2015. [Online]. Available: <http://forschung-stromnetze.info/basisinformationen/struktur-des-stromnetzes/inselnetze/>. [Zugriff am 29 Dezember 2018].
- [28] Amprion GmbH, „Der Weg des Stroms vom Kraftwerk zum Verbraucher,“ Amprion GmbH, 9 November 2018. [Online]. Available: <https://www.amprion.net/%C3%9Cbertragungsnetz/Weg-des-Stroms/>. [Zugriff am 29 Dezember 2018].
- [29] K.-D. Maubach, Strom 4.0, Innovation für die deutsche Stromwende, München: Springer Vieweg, 2015.
- [30] innogy SE, „Netzintelligenz zum Anfassen. - Das Smart Operator-Projekt,“ innogy SE, Essen, 2017.
- [31] innogy SE, „Smart Operator - DESIGNETZ,“ innogy SE, 13 Dezember 2018. [Online]. Available: <https://www.designetz.de/blaupause-und-bausteine/netz/smart-operator/>. [Zugriff am 29 Dezember 2018].
- [32] BIS.S Büro für integrierte Stadtplanung - Scharlibbe, „Begründung mit Umweltbericht und zusammenfassende Erklärung zur 5. Änderung des Bebauungsplanes Nr. 5c „Gewerbegebiet Langenhorst“,“ Stadt Bargteheide, Bargteheide, 2011.
- [33] Stadt Bargteheide, *Amtliche Bekanntmachung der Stadt Bargteheide - Bebauungsplan Nr. 5c, 6. vereinfachte Änderung*, Bargteheide: Bau- und Planungsabteilung der Stadt Bargteheide, 2015.

- [34] R. Haselhuhn, Leitfaden Photovoltaische Anlagen, Berlin: DGS-Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie Landesverband Berlin Brandenburg e.V., 2012.
- [35] Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke -VDEW- e.V., „Zuordnung der VDEW-Lastprofile zum Kundengruppenschlüssel,“ Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - VDEW- e.V., Frankfurt am Main, 2000.
- [36] A. D. Kemmler, S. Straßburg, F. Seefeldt, N. Anders, C. D. Rohde, T. D. Fleiter, A. Aydemir, H. Kleeberger, L. Hardi und B. D. Geiger, „Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 - 2014,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2017.
- [37] dtv Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Bürgerliches Gesetzbuch, München: Verlag C. H. Beck oHG, 2015.
- [38] Ministerium für Inneres, ländliche Räume und Integration des Landes Schleswig-Holstein, „Amtsblatt für Schleswig-Holstein Ausgabe Nr. 8,“ Ministerium für Inneres, ländliche Räume und Integration des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, 2018.
- [39] D. Grumbach und B. Burchard, Wirtschaftliche Vereine, Hamburg: Books on Demand GmbH, 2010.
- [40] H. Glenck, Genossenschaftsrecht, München: Verlag C.H. Beck, 2013.
- [41] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN-Norm 8930 Teil 5, 2003: Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [42] H. Weyer, „Dezentrale Energieerzeugung in Arealnetzen,“ TU Clausthal, Clausthal, 2008.
- [43] N. Tyczewski, „Grüner Daumen und grünes Gewissen,“ *Markt*, p. 5, 2018.
- [44] JENTSCH Floristik & Gartenbau, „Grünes Gewissen - Blumen Jentsch,“ Blumen Jentsch, 02 Januar 2019. [Online]. Available: <http://www.blumen-jentsch.de/blumen-region-gewissen.html>. [Zugriff am 10 Januar 2019].
- [45] C. Fünfgeld und R. Tiedemann, „Anwendung der Repräsentativen VDEW-Lastprofile step-by-step,“ VDEW, Frankfurt (Main), 2000.
- [46] DIHK - Deutscher Industrie- und Handelskammertag Berlin, „Merkblatt Kundenanlage und geschlossenes Verteilnetz Abgrenzungen Voraussetzungen Empfehlungen,“ DIHK - Deutscher Industrie- und Handelskammertag Berlin / Brüssel, Berlin, 2017.

- [47] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, „Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO),“ 21 11 2017. [Online]. Available: <https://www.gesetze-im-internet.de/baunvo/BauNVO.pdf>. [Zugriff am 3 11 2018].
- [48] Bundesverband Kleinwindanlagen BVKW e. V., „Definition-Kleinwindanlagen,“ Bundesverband Kleinwindanlagen BVKW e. V., [Online]. Available: <http://bundesverband-kleinwindanlagen.de/definition-kleinwindanlagen/>. [Zugriff am 21 November 2018].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Elemente einer Infrastrukturlösung zur Kopplung der Sektoren Energieerzeugung und Verkehr	8
Abbildung 2: Zusammenspiel Branchenübergreifender IKT	10
Abbildung 3: Vergleichsfall Stromerzeugung [11]	16
Abbildung 4: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs [13]	18
Abbildung 5: Tageslastgang des Strombedarfs [13]	19
Abbildung 6: Übersicht Betriebsarten	21
Abbildung 7: Konstruktiver Aufbau des Smart electric drive [18].....	22
Abbildung 8: Leistungselektronik im elektrischen Antriebsstrang.....	23
Abbildung 9: Unterschiedliche Ladeverfahren [20].....	25
Abbildung 10: Schematischer Aufbau einer Lithium-Ionen-Zelle [25].....	29
Abbildung 11: Einflussfaktoren auf Lastprofile	32
Abbildung 12: Kontinentaleuropäisches Verbundnetz.....	34
Abbildung 13: Netzstruktur und Spannungsebenen Deutschland [30]	35
Abbildung 14: Kommunikations- und Energiemanagementsystem [33]	37
Abbildung 15: Gewerbegebiet Langenhorst [34]	40
Abbildung 16: Verteilung Gewerbe	41
Abbildung 17: Erzeugungslastgang aus PV, Windkraftanlagen, BHKW.....	56
Abbildung 18: Tageslastgang Erzeugung 08.08.2018	57
Abbildung 19: Tageslastgang Erzeugung 19.12.2018	57
Abbildung 20: Lastgang einer Tischlerei mit repräsentativen Lastprofil G1	58
Abbildung 21: Lastgang mit einem Lastprofil G0	59
Abbildung 22: Summenlastgang Gewerbeeinheiten	60
Abbildung 23: Lastprofil der einzelnen Gewerbebetriebe.....	63
Abbildung 24: Tageslastgang Laden und Gewerbe 08.08.2018.....	63
Abbildung 25: Tageslastgang Laden und Gewerbe 19.12.2018.....	64
Abbildung 26: Summenlastgang aus Ladelastgang und Lastgang Gewerbebetriebe.....	65
Abbildung 27: Jahreslastgang aus Erzeugung und Verbrauch.....	66
Abbildung 28: Tageslastgang aus Erzeugung und Verbrauch 08.08.2018.....	66
Abbildung 29: Tageslastgang aus Erzeugung und Verbrauch 19.12.2018.....	67
Abbildung 30: Öffentliche Ladesäule auf dem Betriebsgelände des Gartenfachbetriebes Blumen Jentsch [44].....	80
Abbildung 31: Lastprofil Gewerbekunden allgemein	81
Abbildung 32: Lastprofil Gewerbe werktags 8 – 18 Uhr	82

Abbildung 33: Lastprofil Gewerbe mit starkem bis überwiegendem Verbrauch in den Abendstunden	83
Abbildung 34: Lastprofil durchlaufendes Gewerbe.....	84
Abbildung 35: Lastprofil Laden/Friseur	85
Abbildung 36: Lastprofil Bäckerei mit Backstube	86
Abbildung 37: Lastprofil Wochenendbetrieb	87
Abbildung 38: Entscheidungsmatrix Netzzuordnung [46].....	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definition Kleinwindkraftanlagen [9]	15
Tabelle 2: Größenklassen BHKW	17
Tabelle 3: Betriebsweise BHKW [11]	17
Tabelle 4: Batteriespeicherungspotential in Deutschland [24]	28
Tabelle 5: Beschreibung Gesetze	38
Tabelle 6: Beschreibung Verordnungen	39
Tabelle 7: Beschreibung Normen	39
Tabelle 8: Gewerbeansiedlung in Zahlen [35]	40
Tabelle 9: Bebauungsplan der Stadt Bargteheide [36] [37]	41
Tabelle 13: Zuordnung Lastprofile	44
Tabelle 14: Stromverbrauch Unternehmen	45
Tabelle 15: Repräsentativ bewertete Fahrzeugmodelle	46
Tabelle 16: Verbrauchsermittlung E-Fahrzeuge	48
Tabelle 17: Modellvergleich	51
Tabelle 18: Erzeugungsleistung nach Erzeugungsart	56
Tabelle 16: Ladezeiten der als repräsentativ bewertete Fahrzeugmodelle bei einer Ladeleistung von 11kW und 22 kW	62
Tabelle 17: Gewerbetreibende im Gewerbegebiet Langenhorst	88
Tabelle 18: Auszug aktueller Fahrzeuge Elektromobilität	91

Abkürzungsverzeichnis

AbLaV	Verordnung über abschaltbare Lasten
AWEA	American Wind Energy Association
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Bspw.	Beispielsweise
BVKW	Bundesverband Kleinwindanlagen
BWE	Bundesverband Windenergie
BWEA	British Wind Energy Association
BZE	Bezugseinheiten
DWEA	Distributed Wind Energy Association
EE	Erneuerbare Energien
EKSH	Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH
EWEA	European Wind Energy Association
GE	uneingeschränkte Gewerbegebiete
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GRZ	Grundflächenzahl
HGB	Handelsgesetzbuch
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IWES	Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
kW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW _p	Kilowatt Peak
LSV	Ladesäulenverordnung
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MW	Mega Watt

NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
StromNZV	Stromnetzzugangsverordnung
StromStG	Stromsteuergesetz
WEA	Windenergieanlage

A. Anhang

Anhang A: Praxisbeispiele aus Bargteheide

Der Gartenfachbetrieb Blumen Jentsch aus Bargteheide konnte durch verschiedene Maßnahmen der Energieeinsparung seinen CO₂-Ausstoß im Vergleich zum Jahr 2008 um gut 95 Prozent senken. Zum Einsatz kommt eine moderne Holzheizung und LED-Leuchtkörper und Photovoltaik.

Neben den bereits im Einsatz befindlichen Elektrofahrzeugen, welches zum Ausliefern eingesetzt wird und seit mehr als vier Jahren im Einsatz ist, soll zukünftig der komplette Fuhrpark des Unternehmens auf Elektromobilität umgestellt werden. Zu diesem Zweck befindet sich auf dem Gelände der Gärtnerei auch die erste in Bargteheide privatfinanzierte öffentliche Ladesäule für Elektrofahrzeuge [50].



Abbildung 30: Öffentliche Ladesäule auf dem Betriebsgelände des Gartenfachbetriebes Blumen Jentsch [51]

Die Hofbäckerei Wittmaack aus Bargteheide nutzt neben einem BHKW den Einsatz von Photovoltaik, um den Produktionsprozess klimaneutral zu gestalten und den komplett auf Elektromobilität umgestellten Fuhrpark, ausschließlich durch Schnellladesäulen, zu betanken. Neben Fachhändlern werden regelmäßig Wochenmärkte beliefert, was verdeutlicht das sich bereits heute der Einsatz von Elektromobilität praktikabel umsetzen lässt.

Anhang B: Charakteristische Lastgänge im Gewerbe

Die angegebenen Abbildungen unterschiedlicher Lastgänge im Gewerbe stellen die jeweilige ¼-Stunden-Leistung dar mit Angabe der Bezugsarbeit [Wh] [52]:

Profil G0 – Gewerbe allgemein

G0 stellt einen gewichteten Mittelwert der Gesamtgruppe aus der VDEW-Messung von 1986/87 dar und findet Anwendung sofern eine Zuordnung zu den Gewerbeprofilen G1 bis G6 nicht möglich oder gewünscht ist. Die Angabe der Werte basieren auf ¼ Stunden-Leistung.

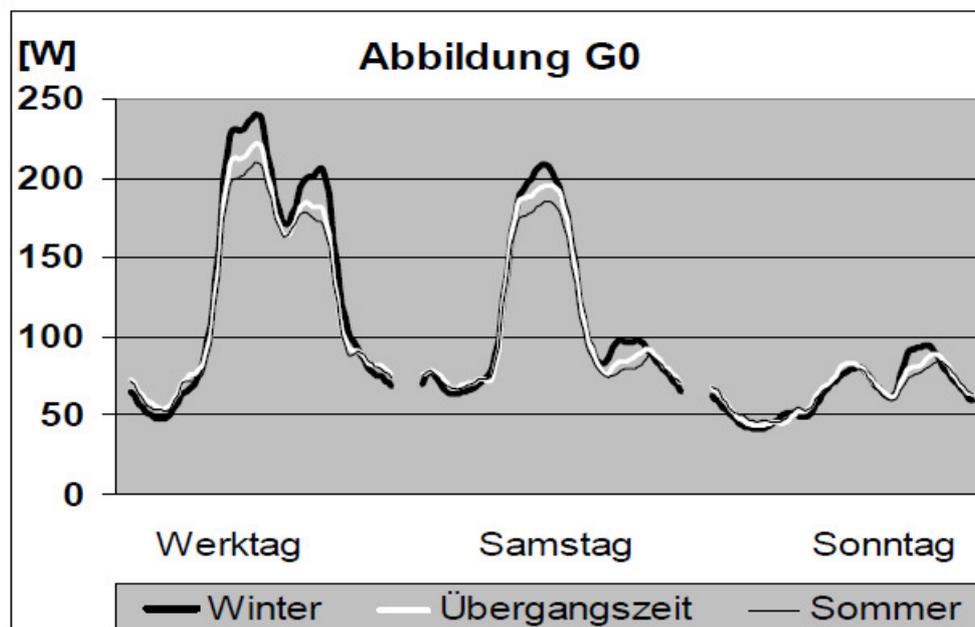


Abbildung 31: Lastprofil Gewerbekunden allgemein

Profil G1 – Gewerbe werktags 8-18 Uhr

In diesem Profil werden Abnahmestellen beschrieben, die einen Verbrauch an Werktagen zwischen 8 und 18 Uhr aufweisen und der Verbrauch am Wochenende ist gering. Es handelt sich hier im Wesentlichen um Dienstleistungsunternehmen wie Arzt- und Rechtsanwalts-Praxen, Werkstätten, Büros oder Kindertagesstätten.

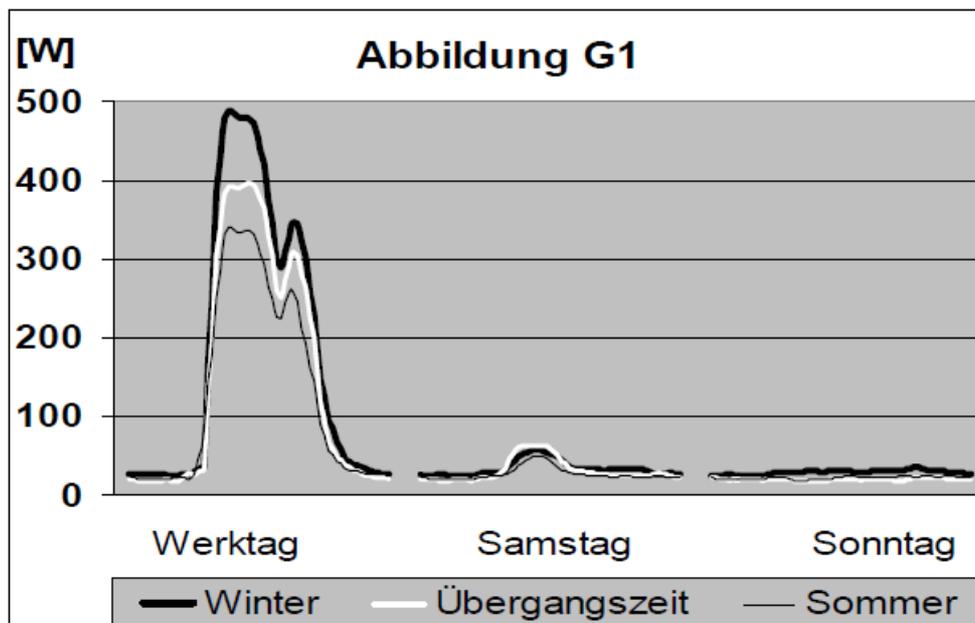


Abbildung 32: Lastprofil Gewerbe werktags 8 – 18 Uhr

Profil G2 – Gewerbe mit starkem bis überwiegendem Verbrauch in den Abendstunden

Es handelt sich im Wesentlichen um beleuchtungsintensive Stromverbraucher. Betriebe die vor allem in dunklen Jahreszeiten oder in den Abendstunden einen Verbrauchsschwerpunkt aufweisen und der Tagesbedarf eher eine untergeordnete Rolle spielt. Tankstellen, Geschäfte mit erheblicher Schaufensterfläche oder Freizeit- und Fitnessanlagen entsprechen diesem Charakter.

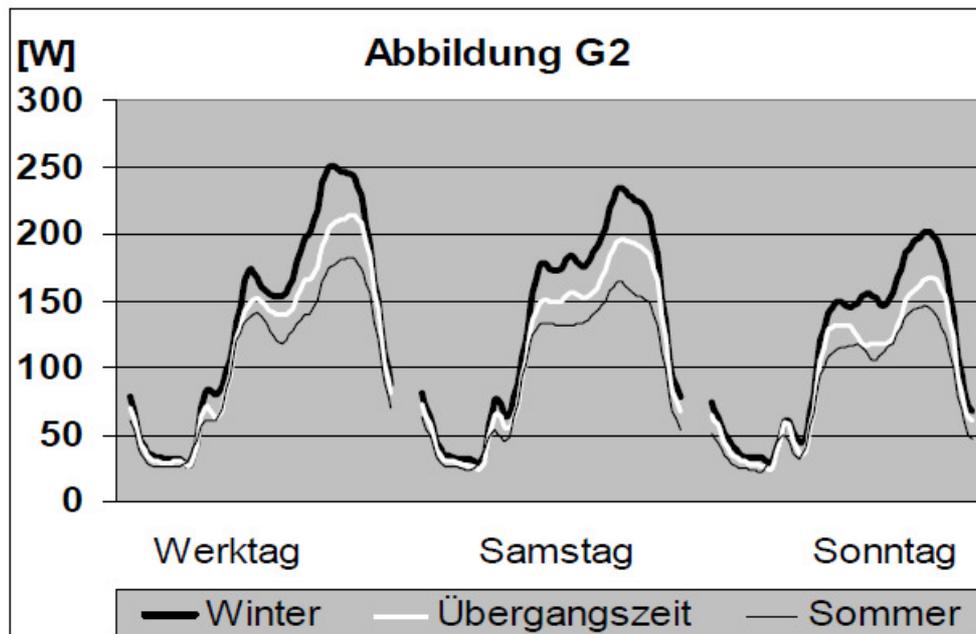


Abbildung 33: Lastprofil Gewerbe mit starkem bis überwiegendem Verbrauch in den Abendstunden

Profil G3 – Gewerbe durchlaufend

Das durchlaufende Gewerbe beschreibt eine relativ gleichmäßige Verbrauchskurve über den Jahresverlauf. Es besteht eine hohe Grundlast sowohl in der Woche als auch am Wochenende. Typisch sind diese Verläufe für Kühlhäuser oder Läden mit erheblichem Bedarf an Kühlung, Anlagen mit Zwangsbelüftung wie es bei Parkhäusern der Fall ist oder Gemeinschaftsanlagen in Wohnanlagen.

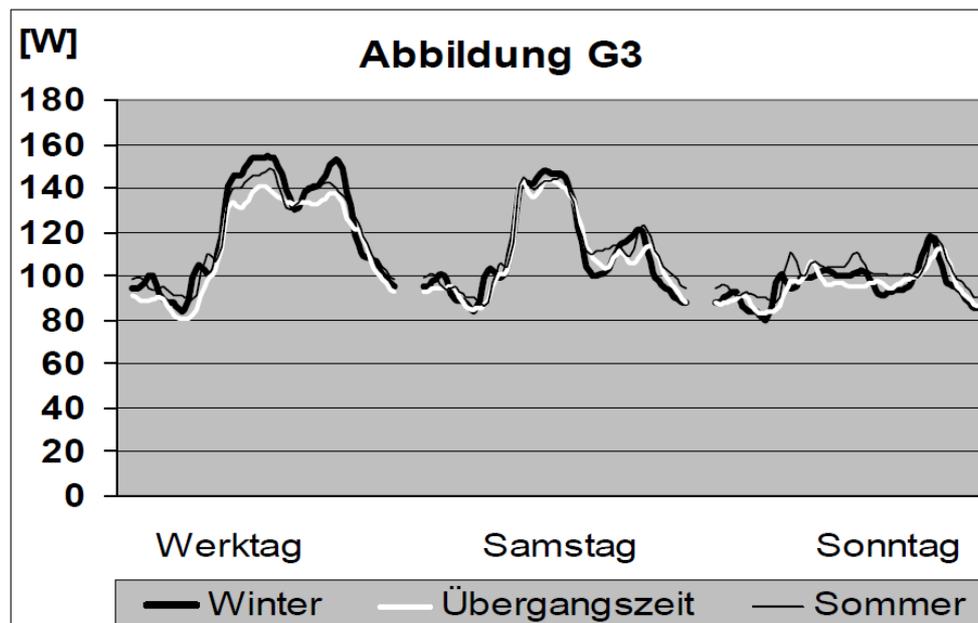


Abbildung 34: Lastprofil durchlaufendes Gewerbe

Profil G4 – Laden/Friseur

Ladenöffnungszeiten bestimmen das Verbrauchsprofil mit einer Reduzierung am Samstag (Öffnungszeit bis zum Nachmittag). Dieses Profil kann als typisch für Läden aller Art angesehen werden. Unterschiede im Geschäftsbetrieb durch unterschiedlich freie Tage fallen in der Gesamtgruppe nicht wesentlich ins Gewicht.

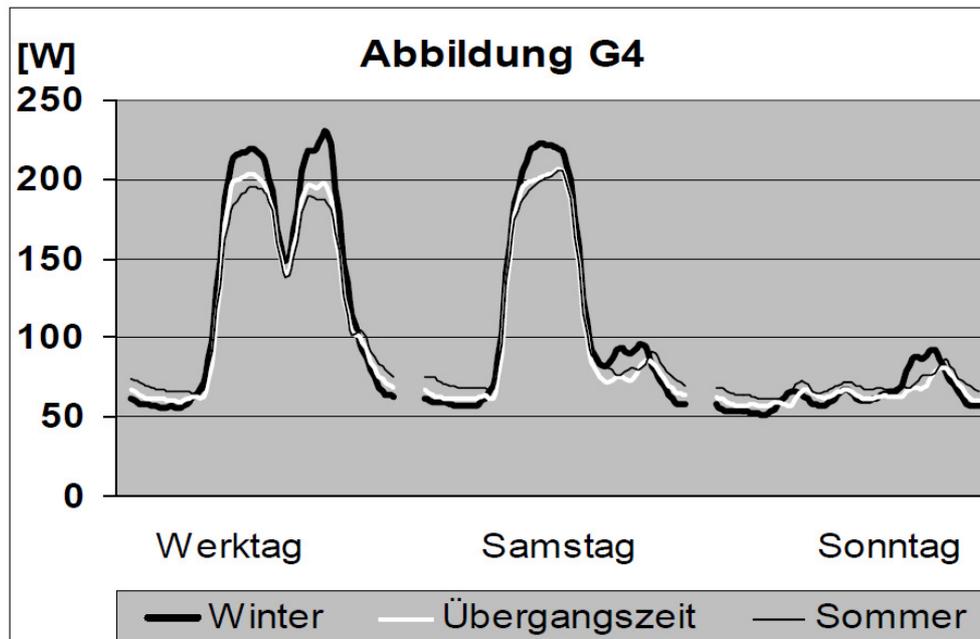


Abbildung 35: Lastprofil Laden/Friseur

Profil G5 – Bäckerei mit Backstube

Der Verbrauchsschwerpunkt einer Bäckerei mit Backstube beginnt an Werktagen ab 3 Uhr am Morgen und in der Nacht zum Samstag bei Mitternacht. Der Tagesverbrauch ist im Vergleich zum Gesamtbedarf als gering zu sehen und mit dem Lastprofil G4 gleichzusetzen.

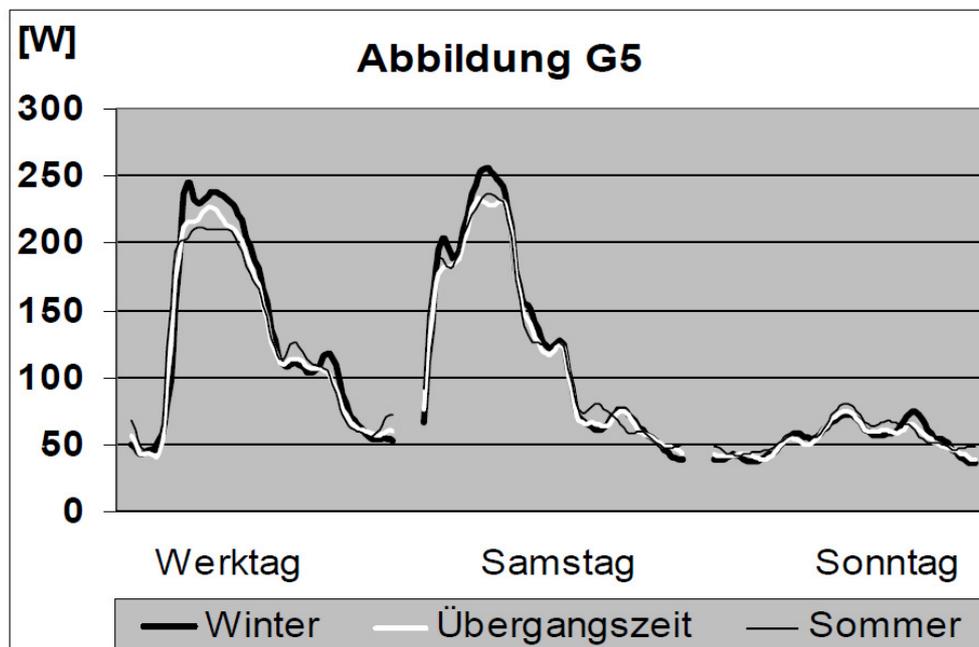


Abbildung 36: Lastprofil Bäckerei mit Backstube

Profil G6 – Wochenendbetrieb

Freizeitaktivitäten der Bevölkerung am Wochenende prägen die Verbrauchswerte dieser betrachteten Betriebe zu denen Sport- und Freizeiteinrichtungen genauso zählen wie Kinos oder Tankstellen mit Waschanlagen.

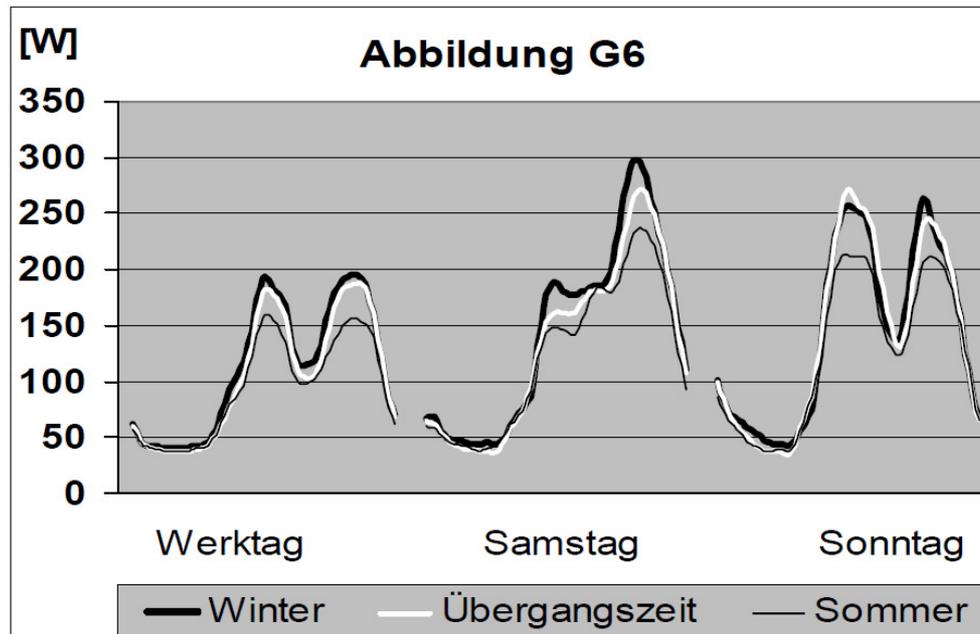


Abbildung 37: Lastprofil Wochenendbetrieb

Anhang C: Übersicht Gewerbetreibende

In Tabelle 17 sind alle aktuell im Gewerbegebiet ansässigen Gewerbebetriebe erfasst mit Zuordnung zu Branche und Gewerbe. Die Zuordnungsnummern GW01 bis GW22 entsprechen den jeweiligen Unternehmen und werden im Rahmen der Arbeit als Referenznummer verwendet.

<u>Name</u>	<u>Zuordnung</u>	<u>web</u>	<u>Branche</u>	<u>Gewerbe</u>
h-medical GmbH	GW01	http://www.h-medical.de/	Pharmazeutische Erzeugnisse	Großhandel
Kita Otto-Hahn-Straße	GW02	http://www.kitas-nord.de/	Kindergärten	Dienstleistung
Mittasch Speciale KFZ-Werkstatt	GW03	http://www.mittasch-speciale.de/	Autowerkstätten	Handwerk
MWS Werbeagentur GmbH	GW04	http://www.mws.de/	Werbeagenturen	Dienstleistung
OBLICON GmbH	GW05	http://www.oblicon.de/	Baustoffhandel	Handel
Rolf H. Peters Transportgesellschaft mbH	GW06	http://www.rhphamburg.de	Speditionen	Dienstleistung
Elektro Timm GmbH	GW07	http://www.elektrotimm.de/	Elektrofachmarkt	Handel
ALDI Bargteheide	GW08	https://www.aldi-nord.de/	Einzelhandel	Handel
Victronic GmbH	GW09	https://victronic-gmbh.de/	Elektrotechnik	Handel / Dienstleistung
Billhardt Industriebürsten GmbH	GW10	http://www.billhardt-buers-ten.de/	Industriebürsten	Industrie
Arclite Lichtvertrieb GmbH	GW11	https://www.arclite.de/	Lampen	Handel
MK-Dent GmbH	GW12	http://mk-dent.com/	Medizinischer Fachbedarf	Industrie
Mechtech GmbH	GW13		Metallwarenhändler	Handel
Oldtimerpoint	GW14	http://www.oldtimerpoint.de/	Kfz	Handwerk
Abfallwirtschaft Südholstein GmbH	GW15	https://www.awsh.de/	Abfallwirtschaft, Recycling, Entsorgung	Dienstleistung
AFA GmbH Arbeitsgemeinschaft für Arbeitssicherheit	GW16	https://www.afa-gmbh.info/	Fachärzte für Arbeitsmedizin	Dienstleistung
Bargteheider Ofenzentrum	GW17	http://www.bargteheider-ofenzentrum.de/	Öfen und Kamine	Handwerk
Dohmen und Ardelts GmbH & Co. KG Tischlerei	GW18	http://www.dohmen-ardelt.de/	Tischlereien	Handwerk
Stoppel GmbH, Olaf	GW19	http://www.olafstoppel.de/	Lüftung, Heizungen	Handwerk
Gummi-Technik-Fröhlich GmbH	GW20	http://gtf-gmbh.de/	Fachhandel für Gummierzeugnisse	Industrie
Tramor Natursteinhandel	GW21	https://www.tramor.de/	Natursteine	Handel
Aldi GmbH & Co. Kommanditgesellschaft	GW22	https://www.aldi-nord.de/	Logistik	Handel

Tabelle 17: Gewerbetreibende im Gewerbegebiet Langenhorst

Anhang D: Fahrzeugmodelle Elektromobilität

Auf dem deutschen Markt stehen heute eine Vielzahl an Fahrzeugmodellen in den einzelnen Fahrzeugklassen zur Verfügung. Die elektrische Reichweite in km reicht dabei von 80 bis auf über 600, im Mittel liegt die Reichweite bei 280. Die zugrunde liegende Übersicht rein elektrisch betriebener Fahrzeuge erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und zeigt nur einen Ausschnitt zur Verfügung stehender, aktueller Modelle.

Modellbezeichnung	Fahrzeugklasse	Leistung in kW	Leistung in PS	Elektrische Reichweite in km	Verbrauch in kWh/100 km	Max. Geschwindigkeit in km/h
BMW i3 22 kWh	Kleinwagen	125 kW	170 PS	190 km	12,9 kWh/100 km	150 km/h
BMW i3 33 kWh	Kleinwagen	125 kW	170 PS	312 km	12,7 kWh/100 km	150 km/h
BMW i3 94Ah (2018)	Kleinwagen	125 kW	170 PS	200 km	13,6 kWh/100 km	160 km/h
BMW i3s 94Ah (2018)	Kleinwagen	135 kW	184 PS	200 km	14,3 kWh/100 km	160 km/h
Citroën E-Mehari	Kleinwagen	50 kW	68 PS	195 km	20 kWh/100 km	110 km/h
DS 3 Crossback E-Tense	Kleinwagen	100 kW	136 PS	300 km	-	150 km/h
e.Go Life 20	Kleinwagen	20 kW	27 PS	121 km	11,9 kWh/100 km	116 km/h
e.Go Life 40	Kleinwagen	40 kW	54 PS	142 km	12,1 kWh/100 km	130 km/h
e.Go Life 60	Kleinwagen	60 kW	82 PS	184 km	12,5 kWh/100 km	152 km/h
Microlino (14,4 kWh)	Kleinwagen	15 kW	20 PS	200 km	-	90 km/h
Microlino (8 kWh)	Kleinwagen	15 kW	20 PS	125 km	-	90 km/h
Mitsubishi Electric Vehicle (i-MiEV)	Kleinwagen	49 kW	68 PS	160 km	13,5 kWh/100 km	130 km/h
Peugeot iOn	Kleinwagen	49 kW	67 PS	150 km	12,6 kWh/100 km	130 km/h
Renault Twizy 45	Kleinwagen	4 kW	5,5 PS	100 km	5,8 kWh/100 km	45 km/h
Renault ZOE	Kleinwagen	68 kW	93 PS	400 km	14,6 kWh/100 km	135 km/h
Renault ZOE (2018)	Kleinwagen	80 kW	108 PS	316 km	14,6 kWh/100 km	135 km/h
smart EQ fortwo 60 kW	Kleinwagen	60 kW	81 PS	160 km	14,5 kWh/100 km	130 km/h
smart EQ fortwo Cabrio 60 kW	Kleinwagen	60 kW	81 PS	145 km	14,5 kWh/100 km	130 km/h
smart EQ fortwo forfour 60 kW	Kleinwagen	60 kW	81 PS	139 km	15,4 kWh/100 km	130 km/h
Sono Motors Sion	Kleinwagen	80 kW	109 PS	250 km	14 kWh/100 km	140 km/h
Uniti One	Kleinwagen	-	-	300 km	-	130 km/h

VW E-Up!	Kleinwagen	60 kW	82 PS	160 km	11,7 kWh/100 km	130 km/h
Ford Focus Electric	Kompakt- klasse	107 kW	145 PS	225 km	15,4 kWh/100 km	137 km/h
VW E-Golf	Kompakt- klasse	85 kW	116 PS	190 km	12,7 kWh/100 km	140 km/h
Renault Fluence Z.E.	Mittelklasse	70 kW	95 PS	185 km	14 kWh/100 km	135 km/h
emovum e-Ducato Bus	Nutzfahr- zeug	60 kW	82 PS	230 km	-	105 km/h
emovum e-Ducato Transporter	Nutzfahr- zeug	60 kW	82 PS	230 km	-	105 km/h
Iveco Dailiy Electric 60 EV	Nutzfahr- zeug	60 kW	82 PS	270 km	-	80 km/h
Iveco Dailiy Electric 80 EV	Nutzfahr- zeug	80 kW	109 PS	294 km	38 kWh/100 km	80 km/h
StreetScooter Work	Nutzfahr- zeug	48 kW	65 PS	80 km	-	85 km/h
StreetScooter Work L	Nutzfahr- zeug	48 kW	65 PS	80 km	-	85 km/h
StreetScooter Work XL	Nutzfahr- zeug	90 kW	122 PS	200 km	-	90 km/h
Renault MASTER Z.E.	Nutzfahr- zeug			200 km		
Renault Traffic	Nutzfahr- zeug					
MAN eTGE	Nutzfahr- zeug			160 km	20 kWh/100 km	90 km/h
VW e-Crafter	Nutzfahr- zeug					
VOLTIA	Nutzfahr- zeug			170 km		
Opel e-VIVARO	Nutzfahr- zeug	90 kW	122 PS	200 km		90 km/h
Opel e-MOVANO	Nutzfahr- zeug	90 kW	122 PS	200 km		90 km/h
BMW Concept iX3	Obere Mit- telklasse	200 kW	270 PS	400 km	-	-
Byton M-Byte Allrad- antrieb	Obere Mit- telklasse	350 kW	475 PS	520 km	-	-
Byton M-Byte Hinter- radantrieb	Obere Mit- telklasse	200 kW	270 PS	400 km	-	-
Hyundai Ioniq Elektro	Obere Mit- telklasse	88 kW	120 PS	280 km	11,5 kWh/100 km	165 km/h
Hyundai Kona Elektro (100 kWh)	Obere Mit- telklasse	100 kW	135 PS	300 km	14,3 kWh/100 km	167 km/h
Hyundai Kona Elektro (150 kWh)	Obere Mit- telklasse	150 kW	204 PS	482 km	14,3 kWh/100 km	167 km/h
Kia Niro EV - 100 kW	Obere Mit- telklasse	100 kW	136 PS	312 km	14,2 kWh/100 km	-
Kia Niro EV - 150 kW	Obere Mit- telklasse	150 kW	204 PS	485 km	14,9 kWh/100 km	-
Mercedes-Benz Con- cept EQA	Obere Mit- telklasse	200 kW	272 PS	400 km	-	-
Nissan e-NV200 Mini- van	Obere Mit- telklasse	80 kW	109 PS	163 km	16,5 kWh/100 km	123 km/h

Nissan Leaf	Obere Mittelklasse	80 kW	109 PS	150 km	15 kWh/100 km	144 km/h
Nissan Leaf (2018)	Obere Mittelklasse	110 kW	150 PS	285 km	20,6 kWh/100 km	144 km/h
Nissan Leaf mit 30kWh-Batteriemodul	Obere Mittelklasse	80 kW	109 PS	250 km	15 kWh/100 km	144 km/h
Tesla Model 3	Obere Mittelklasse	192 kW	262 PS	350 km	14,1 kWh/100 km	209 km/h
Audi e-tron Prototype	Oberklasse	300 kW	408 PS	400 km	-	200 km/h
Byton K-Byte	Oberklasse	-	-	-	-	-
Mercedes-Benz B 250 e	Oberklasse	132 kW	180 PS	230 km	16,6 kWh/100 km	110 km/h
Mercedes-Benz SLS AMG ED	Oberklasse	552 kW	750 PS	250 km	-	250 km/h
Mercedes-Maybach 6 Cabriolet	Oberklasse	550 kW	750 PS	500 km	-	250 km/h
Opel Ampera-e	Oberklasse	150 kW	204 PS	520 km	16 kWh/100 km	145 km/h
Porsche Taycan (Mission E)	Oberklasse	440 kW	600 PS	500 km	-	-
Tesla Model S 100D	Oberklasse	515 kW	700 PS	613 km	-	250 km/h
Tesla Model S 70	Oberklasse	235 kW	319 PS	455 km	20,5 kWh/100 km	225 km/h
Tesla Model S P90D	Oberklasse	345 kW	469 PS	557 km	23,3 kWh/100 km	250 km/h
Tesla Model S70D	Oberklasse	244 kW	332 PS	420 km	18 kWh/100 km	225 km/h
Tesla Model S90D	Oberklasse	315 kW	428 PS	557 km	17,7 kWh/100 km	210 km/h
Tesla Model X 100D	Oberklasse	568 kW	773 PS	542 km	-	250 km/h
Vision Mercedes-Maybach Ultimate Luxury	Oberklasse	550 kW	750 PS	500 km	-	250 km/h
Bollinger Motors B1 (120 kWh)	SUV	265 kW	360 PS	320 km	-	160 km/h
Bollinger Motors B2 (120 kWh)	SUV	265 kW	360 PS	320 km	-	160 km/h
Jaguar I-Pace S	SUV	294 kW	400 PS	420 km	21,2 kWh/100 km	200 km/h
Mercedes-Benz EQC	SUV	300 kW	408 PS	450 km	2,2 kWh/ 100 km	180 km/h
Mercedes-Benz eVito	Transporter	84 kW	115 PS	150 km	-	120 km/h
Nissan E-NV200 Transporter	Transporter	80 kW	109 PS	125 km	16,5 kWh/100 km	123 km/h
Peugeot Partner Electric	Transporter	49 kW	67 PS	170 km	18 kWh/100 km	110 km/h
Renault Kangoo maxi Z.E.	Transporter	44 kW	60 PS	170 km	15,5 kWh/100 km	130 km/h
Kia Soul EV PLAY	Untere Mittelklasse	81,4 kW	110 PS	250 km	14,3 kWh/100 km	145 km/h

Tabelle 18: Auszug aktueller Fahrzeuge Elektromobilität

Anhang E: Entscheidungsmatrix Netzzuordnung

Die Netzzuordnungsmatrix in Abbildung 36 gibt einem potentiellen Betreiber von Energieversorgungsnetzen eine erste Orientierung. Sie bietet die Möglichkeit zu prüfen, ob die Voraussetzungen für die Einstufung einer Kundenanlage oder eines geschlossenen Verteilnetzes vorliegen. Zu entscheiden ist jedoch immer der Einzelfall und mit Blick auf die stark vereinfachte Darstellung des räumlichen Zusammenhangs ist es notwendig auf detaillierte Textausführungen zurückzugreifen.

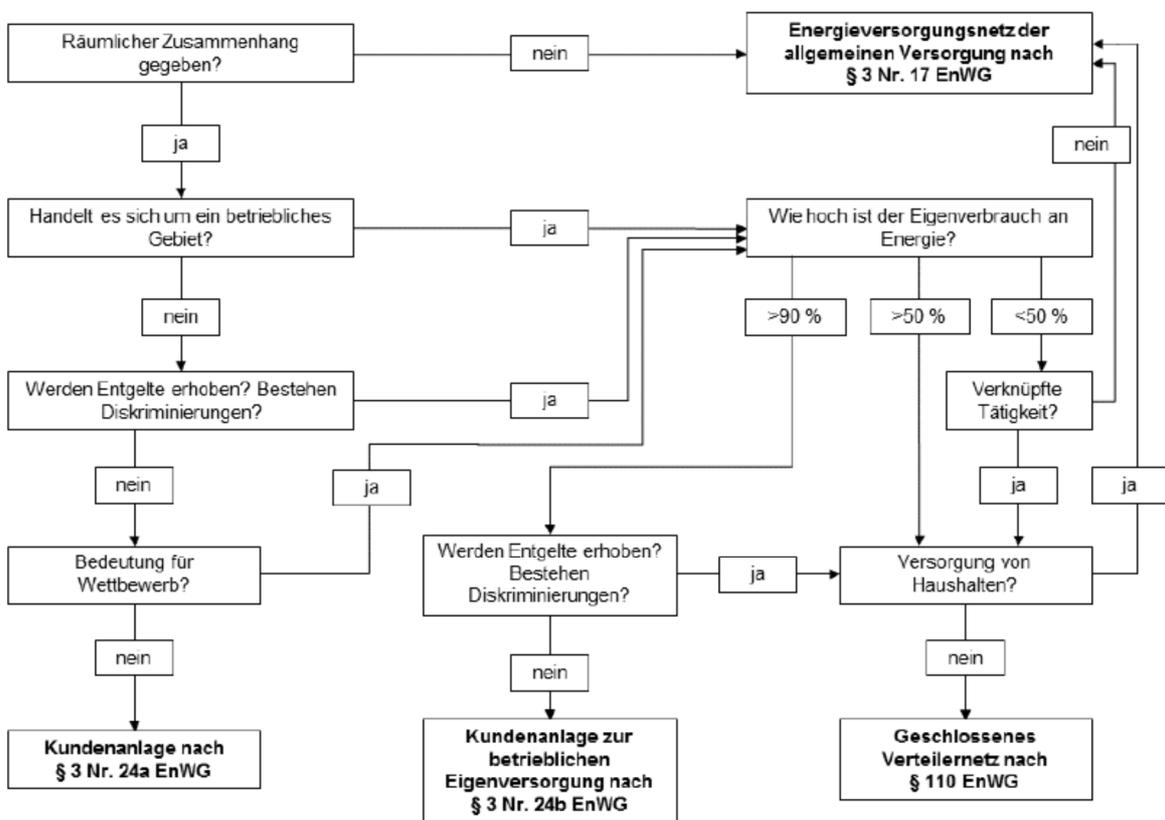


Abbildung 38: Entscheidungsmatrix Netzzuordnung [53]