

Projektarbeit - Abschlussbericht

Projekttitlel:

Energetische Bedarfsanalyse in Bezug auf E-Mobilität
für das Nürnberger Land

Projektkürzel:

E-Mob-Energiebedarf

Themenfeld:

Analyse des Energiebedarfs in Bezug auf die steigende Zahl an E-Fahrzeugen und Lösungsansätze für damit einhergehender Herausforderungen.

Korrekturleser:

Florian Wehrfritz

Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. Mathias Popp

Kontaktaten des Projektbearbeiters:

Name:

Andreas Wick

Hochschule

TH-Nürnberg Georg Simon Ohm

Matrikelnummer:

2644261

Studiengang:

Maschinenbau

Vertiefungsrichtung:

Energietechnik

Anschrift:

Deutschland
90478 Nürnberg
Enderleinstraße 2

Mail:

wickan61628@th-nuernberg.de

Mobil:

+49 172 3708163

Datum: 21.12.17

Unterschrift:

Inhaltliche Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, welche Auswirkungen eine vollständige Umstellung auf E-Fahrzeuge für das Nürnberger Stromnetz hat. Es wird diskutiert welche Konzepte es ermöglichen könnten, ohne umfangreiche Ausbauarbeiten des bestehenden Netzes, eine Versorgung der Fahrzeuge zu gewährleisten. Außerdem wurde ebenfalls eine Analyse zu den Verbräuchen der Elektrofahrzeuge gegenüber denen mit konventionellen Verbrennungsmotoren ausgearbeitet.

Da sich mit einer steigenden Anzahl an E-Fahrzeugen auch der Strombedarf erhöht, ist es notwendig Statistiken auszuwerten um eine Tendenz wie in Abb. 1 dargestellt zu erkennen. So wird es ermöglicht, potenzielle Auswirkungen der Umstellung auf E-Mobilität zu erforschen.

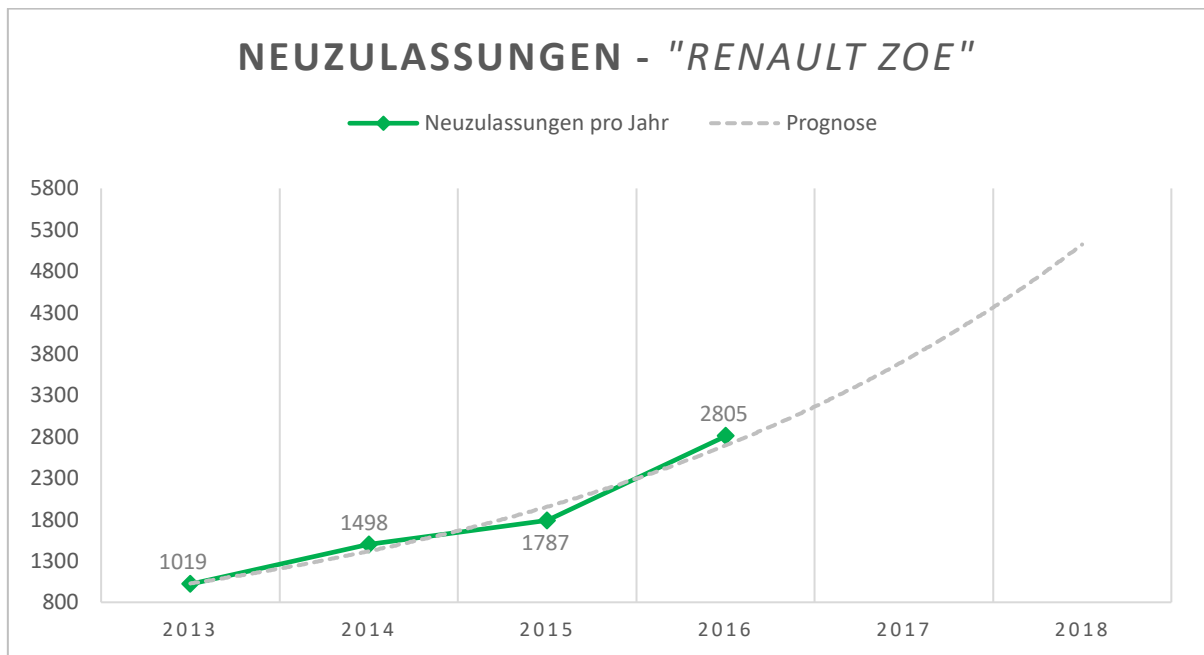


Abbildung 1: Neuzulassungen der Renault ZOE anhand Daten des KBA

Beispielsweise hat bereits der „ZOE“, ein Elektro-Kleinwagen der Marke *Renault*, eine Batteriekapazität von 22 kWh, aus der sich eine Reichweite von ca. 200 km ergibt. (Klangwald, 2016). Im Vergleich dazu verbraucht ein vier Personen Haushalt bei einem Jahresbedarf von ca. 4000 kWh, im Durchschnitt 11 kWh pro Tag. Dies verdeutlicht wie rapide der Strombedarf mit der zunehmenden E-Fahrzeugzahl ansteigen wird.

Infolgedessen sollen in diesem Projekt außerdem „Detailbedarfsanalysen“ für einen Durchschnittstag, eine Durchschnittswoche und einen Durchschnittsmonat durchgeführt werden, die abschätzen lassen welche Spitzenleistungen benötigt werden um die potenziellen Fahrzeuge mit Strom zu versorgen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltliche Zusammenfassung	II
1. Tabellenverzeichnis	IV
2. Abbildungsverzeichnis.....	IV
3. Einleitung	5
4. Aktuelle Zahlen.....	5
5. Entwicklung der E-Mobilität.....	6
6. Berechnungsgrundlagen	7
7. Strombedarf bei 100% E-Fahrzeugen in Nürnberg.....	8
8. Zeitliche Analyse des Strombedarfs	9
a. Analyse nach Monaten	9
b. Analyse nach Wochentag.....	10
c. Analyse nach Tageszeit.....	12
9. Fazit.....	14
10. Literaturverzeichnis	15
Eigenständigkeitserklärung	16

1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnungsdaten	7
Tabelle 2: Strombedarf bei 100% E-Mobilität	8

2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neuzulassungen der Renault ZOE anhand Daten des KBA	II
Abbildung 2: Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in Deutschland anhand Daten des KBA.....	I
Abbildung 3: Monatlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft.....	9
Abbildung 4: Wöchentlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft.....	10
Abbildung 5: Stündlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft.....	12

3. Einleitung

Das Jahr 2017 wurde in der Automobilbranche vom sog. „Dieselskandal“ überschattet, welcher dazu beiträgt das Umdenken in Bezug auf alternative Antriebsmöglichkeiten weiter voran zu treiben. Da die Bestände an fossilen Brennstoffen immer knapper werden, aber die elektrischen Speicher- und Antriebssysteme immer preiswerter und effizienter, ist es für Privatpersonen so attraktiv wie nie auf E-Fahrzeuge umzusteigen. Die stetig steigenden Verkaufszahlen der Fahrzeuge unterstützt zudem diese Einschätzung.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass einige Werte in dieser Arbeit auf Annahmen beruhen und exemplarisch zur Darstellung unterschiedlicher Szenarien verwendet wurden.

4. Aktuelle Zahlen

In gesamt Deutschland lag im Januar 2017 die Zahl an zugelassenen Elektrofahrzeugen bei 34.022, dies entspricht einer Steigerung im Vergleich zum Vorjahr von 133 %. Rechnet man diese Zahl mithilfe der Einwohnerzahl auf Nürnberg herunter, ergibt sich ein Bestand von rund 220 Elektrofahrzeugen die aktuell in Nürnberg zugelassen sind.

Diese gering wirkende Zahl an E-Fahrzeugen hat bereits eine Akkumulatorkapazität von ca. 5.800 kWh, was dem durchschnittlichen Jahres-Strombedarf von 1,45 Vierpersonenhaushalten entspricht. Dies verdeutlicht welche Herausforderungen die Umstellung auf E-Mobilität mit sich bringen wird.

Beachtet man, dass in ganz Deutschland pro Jahr rund 43.000 Millionen Liter Sprit verbrannt werden, wird klar welche Vorteile der Wechsel auf E-Mobilität mit sich bringt. In Nürnberg liegt der Kraftstoffverbrauch bei einer täglich gefahrenen Strecke von 40 km bei 278 Millionen Litern, dies ergibt einen Verbrauch von 760.000 Litern pro Tag. Diese Menge an Kraftstoff beinhaltet etwa 8.6 GWh an Energie, die gleiche Strecke kann mit E-Fahrzeugen dank des höheren Wirkungsgrades mit einem Bruchteil dieser Energie zurückgelegt werden.

5. Entwicklung der E-Mobilität

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, steigt die Summe der Neuzulassungen pro Jahr stetig an. Vom Jahr 2012 bis 2013 wurden nur rund 3000 Fahrzeuge zugelassen, diese Zahl stieg im vergangenen Jahr bereits auf 9000 Neuzulassungen an. Dies entspricht einer Verdreifachung der Neuzulassungen und zeigt eine klare Tendenz für die kommenden Jahre.

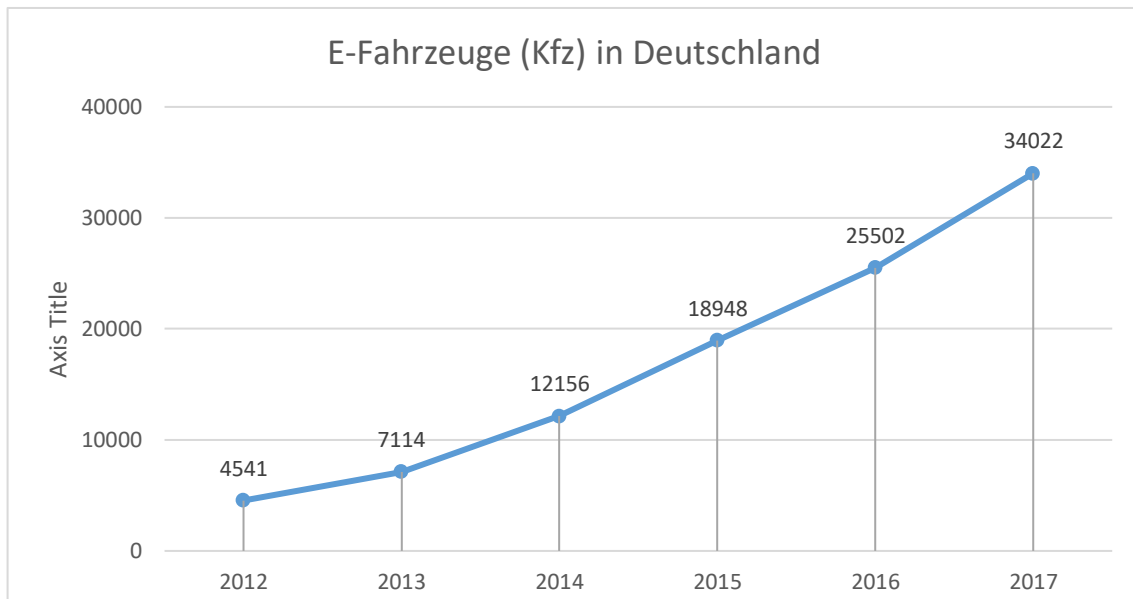


Abbildung 2: Neuzulassungen von E-Fahrzeugen in Deutschland anhand Daten des KBA

Die steigende Nachfrage hat viele Ursachen. Einerseits werden die Akkus der Fahrzeuge immer effizienter und günstiger. Andererseits etablieren sich die E-Antriebe auf dem deutschen Markt immer mehr und nicht zuletzt tragen auch politische Themen wie der Dieselskandal im Jahr 2017 zur Nachfrage nach alternativen Antriebsmöglichkeiten bei.

6. Berechnungsgrundlagen

Bei den Berechnungen in dieser Arbeit wurde unter anderem mit Annahmen und Vereinfachungen gearbeitet, um in relativ kurzer Zeit realistische Abschätzung treffen zu können. Wie in Tabelle 1 zu sehen wurde die Klassenhäufigkeit der Fahrzeuge angenommen, die tatsächliche Zahl weicht also ggf. von den in der Tabelle berechneten Werten ab.

Fahrzeugzahl 2017				
Fahrzeugklasse	Annahme:	Deutschland:	Nürnberg:	Energiebedarf [KWh]
Kompaktklasse	62%	21094	135	2434
Mittelklasse	37%	12588	81	3228
Oberklasse	1%	340	2	174
Gesamt (2017):	100%	34022	218	5837

Tabelle 1: Berechnungsdaten

Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Fahrzeuge nur aus drei verschiedenen Klassen zusammensetzen. Anhand der Daten des Kraftfahrt Bundesamtes wurden mithilfe einer Häufigkeitsrechnung die tatsächliche Zahl der Fahrzeuge in prozentuale Anteile umgerechnet.

So wurde eine realistische Abschätzung der Fahrzeugklassen ermöglicht:

- 62% Kompaktklasse
- 37% Mittelklasse
- 1% Oberklasse

Mithilfe dieser Abschätzung wurde der potenzielle Strombedarf dieser Fahrzeuge berechnet. Für die Kompaktklasse wurde mit einer Akkukapazität von 18 kWh gerechnet, für die Mittelklasse mit 40 kWh und für die Oberklasse mit 80 kWh.

Des Weiteren wurden einige Daten, die nicht für Nürnberg zur Verfügung standen, basierend auf der Einwohnerzahl von Deutschland gegenüber Nürnberg herunter gerechnet.

Bei einer Einwohnerzahl in Deutschland von rund 83.000.000 und ca. 530.000 in Nürnberg ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von 0,64 %.

7. Strombedarf bei 100% E-Fahrzeugen in Nürnberg

Mit einer überschlägigen Rechnung zum Strombedarf für Elektrofahrzeuge (bezogen auf Pkws), ergibt sich mit den Annahmen aus Tabelle 2 ein täglicher Durchschnittsstrombedarf von ca. 1,45 Gigawattstunden.

Fahrzeugklasse	Akku-Kapazität ¹ [KWh]	Verbrauch ^{1,2} [KWh/40km]	Fahrzeugzahl ¹	Häufigkeit	Akku-Kap.-Gesamt [KWh]	Täglicher Strombedarf ² [KWh]
Kompaktklasse	20	5,4	148.800	62%	2.976.000	803.520
Mittelklasse	40	7	88.800	37%	3.552.000	630.480
Oberklasse	80	8,8	2.400	1%	192.000	21.120
Gesamt (2016):			240.000	100%	6.720.000	1.455.120

Tabelle 2: Strombedarf bei 100% E-Mobilität

Zum Vergleich hatte die Stadt Nürnberg im Jahr 2015 einen Gesamtstrombedarf von 3,16 TWh, was einem Tagesstrombedarf von 8,65 GWh entspricht (Stadt Nürnberg, 2015). Dieser Gesamtstrombedarf würde theoretisch um 17 % ansteigen, wenn man 100 % der Pkws in Nürnberg auf Elektroantrieb umstellt.

Stellt man diesen Energiebedarf allerdings dem aktuellen Kraftstoffbedarf gegenüber wird klar, dass sich der Umstieg auf E-Mobilität lohnt. Im Jahr 2015 lag der Kraftstoffbedarf in Nürnberg pro Tag bei etwa 720.000 Liter, was wiederum einem Energiebedarf von rund 8,6 GWh entspricht. Dank der hohen Effizienz des E-Antriebes würde der Energiebedarf also um 83 % abnehmen.

¹ Theoretischer Wert der aufgrund von Fakten angenommen wurde

² Angenommen da durchschnittliche Fahrstrecke in Deutschland pro Tag bei ca. 40km liegt

8. Zeitliche Analyse des Strombedarfs

Eine große Herausforderung für die Umstellung auf 100 % E-Mobilität, ist die Auslegung der Ladezeiten. Es ist wichtig Konzepte zu entwickeln, welche einer realistischen Auslastung des Stromnetzes am nächsten kommen. Diese Auswertungen wurden bezüglich der Tageszeit, der Wochentage und des Monats durchgeführt. Im Folgenden wird diskutiert wie die Auslegung des Stromnetzes gestaltet werden kann, um eine realistische und gleichmäßige Verteilung zu gewährleisten.

a. Analyse nach Monaten

In Abbildung 3 ist der Jahresverlauf des Energieverbrauchs für die Stadt Nürnberg dargestellt. Es zeigt sich, dass der Verbrauch in den kälteren Monaten höher ist. Dies hat verschiedene Ursachen, unter anderem wird mehr Energie zum Heizen verwendet und zusätzlich muss mehr Licht durch Strom erzeugt werden, da die Tage kürzer als im Sommer sind.

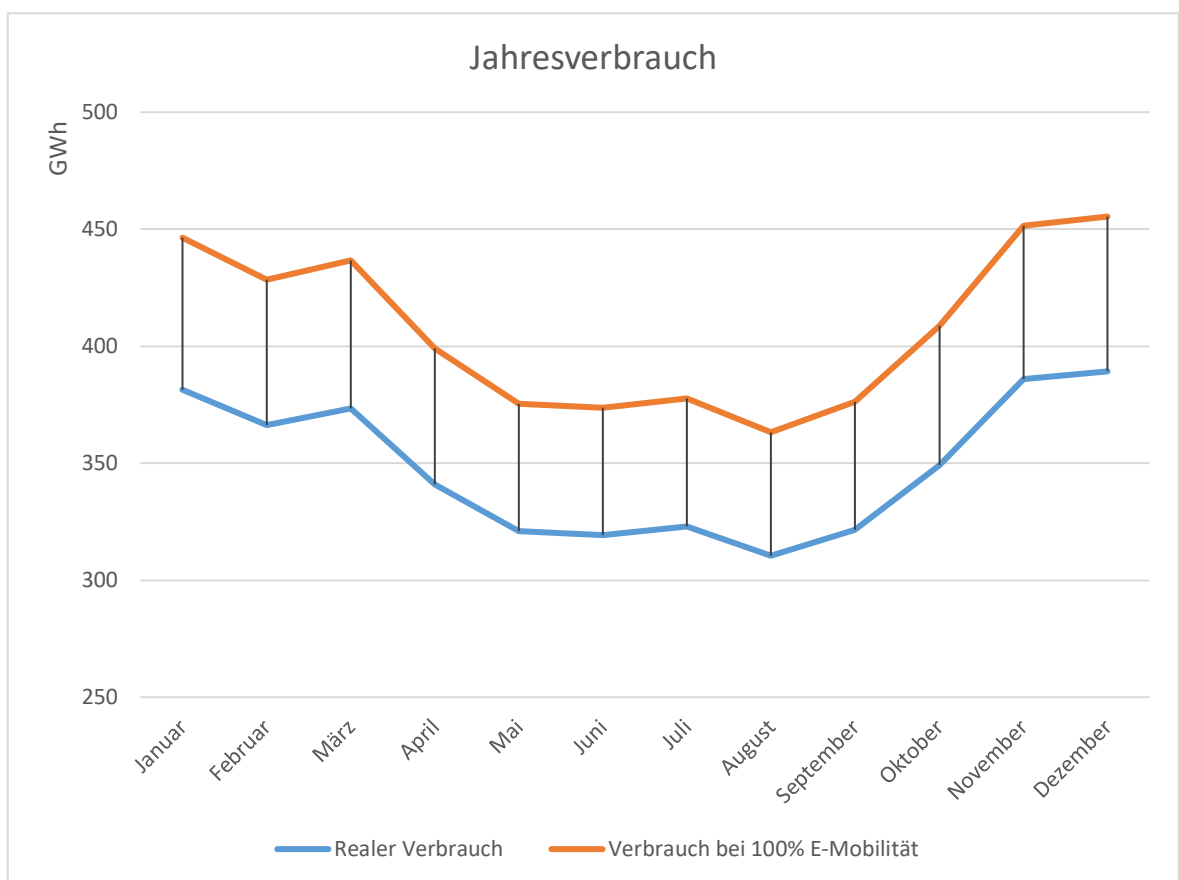


Abbildung 3: Monatlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft

Die Akkukapazität der Fahrzeuge ist nicht ausreichend um den Strombedarf der Fahrzeuge in die warmen Monate zu legen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Strombedarf generell um 17 % ansteigt.

b. Analyse nach Wochentag

Die Betrachtung des Verbrauchs einer Durchschnittswoche wie in Abbildung 4 zeigt einen zu erwartenden Verlauf. Der abfallende Verbrauch zum Wochenende kann durch den Wegfall der industriellen Verbräuche erklärt werden.

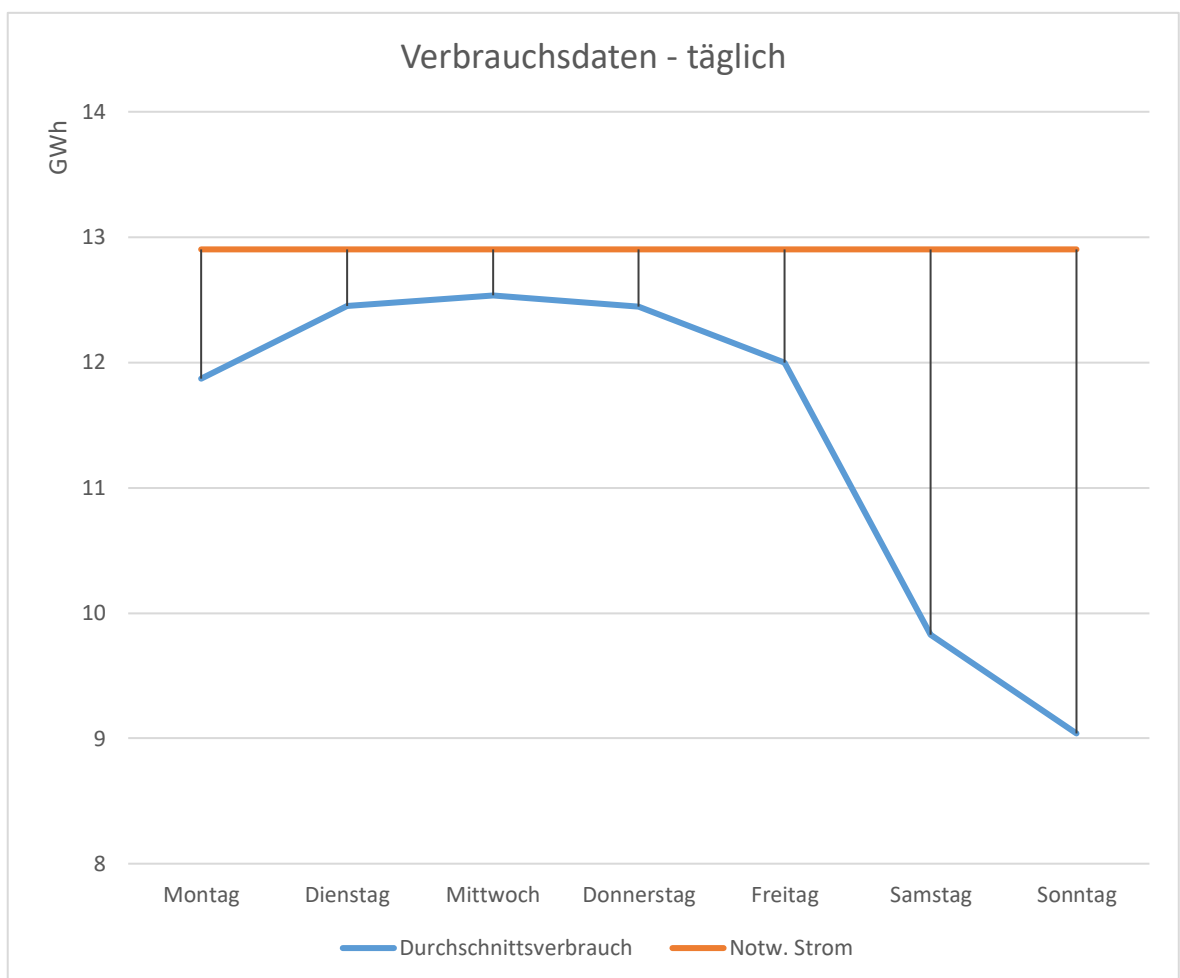


Abbildung 4: Wöchentlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft

Durch die Analyse der Verbrauchsdaten der Main Donau Netzgesellschaft konnte man reale Daten zur Betrachtung von potenziellen Verbräuchen auswerten und gegenüberstellen. Um das aktuelle Stromnetz zu entlasten, ist es sinnvoll eine ausgleichende Lasterhöhung anzunehmen.

Aus diesem Grund wurde während dieser Arbeit davon ausgegangen, dass die Last durch E-Mobilität den Stromverbrauch auf ein kontinuierliches Niveau anhebt. Zuerst wurde die reale Spitzenlast,

die am Mittwoch mit rund 12,5 GWh (siehe Abb. 4) anfällt, vorausgesetzt. So wurde mit der Differenz zum aktuellen Wochenverbrauch ein Überschuss von 7,6 GWh pro Woche erzeugt. Da durch die Auslegung auf 100 % E-Mobilität allerdings ein notwendiger Bedarf von rund 10,2 GWh pro Woche anfällt, muss die Spitzenlast um weitere 0,372 GWh pro Tag angehoben werden. Setzt man den Verbrauch wie zuvor berechnet voraus, kann ein großer Teil des anfallenden Bedarfs am Wochenende abgedeckt werden. Da einige Fahrzeuge aus der Kompaktklasse aber noch nicht genügend Akkukapazität haben, um die Ladezeit so flexibel auszulegen, ist dieses Modell eher unrealistisch und rein theoretisch.

c. Analyse nach Tageszeit

Bei der Auswertung des stündlichen Verbrauches eines durchschnittlichen Tages zeigt sich ein zu erwartender Verlauf. Ab morgens 06:00 Uhr steigt der Stromverbrauch rapide an, was auf die Öffnung von Einkaufsläden und die Inbetriebnahme von industriellen Anlagen zurückzuführen ist. In der Tagesspitze wird eine Leistung von etwa 0,56 GW bezogen. Würde man diese Last 24 Stunden ausgeben, so würde ein Überschuss bezogen auf den aktuellen Stromverbrauch, von 1,9 GWh/Tag erzeugt werden. Da zur Deckung des Strombedarfs der E-Fahrzeuge 1,45 GWh/Tag ausreichen, müsste man diese Last wie in Abbildung 5, für 9 Stunden von 21:00 Uhr abends bis 06:00 Uhr morgens erzeugen.

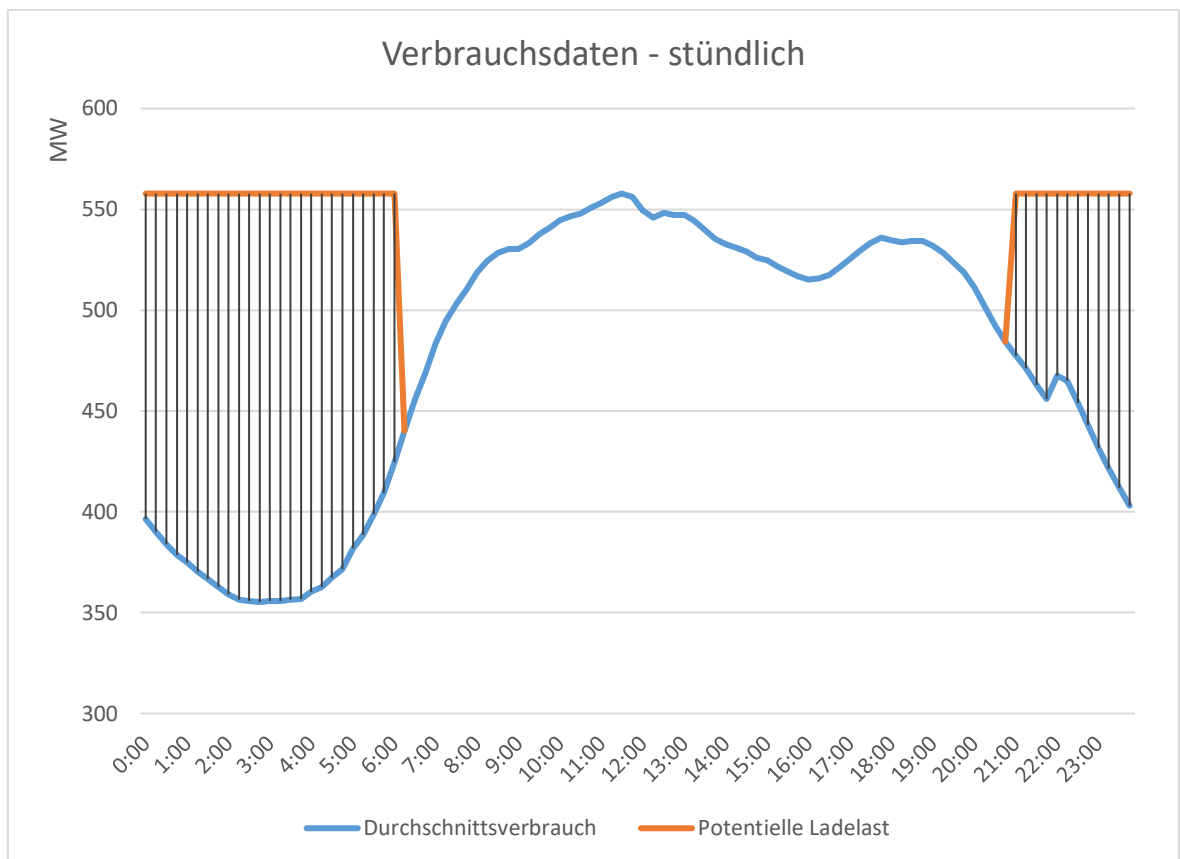


Abbildung 5: Stündlicher Verbrauchsverlauf anhand Daten der Main Donau Netzgesellschaft

Man könnte so die zusätzliche Last durch die Umstellung auf Elektromobilität auf Zeiten verteilen, während denen wenig Strom bezogen wird. Dies würde außerdem Vorteile in Bezug auf den Netzausbau mit sich bringen, da die aktuellen Netze auf diese Last bereits teilweise ausgelegt sind.

Um solch ein rein theoretisches Szenario zu realisieren, könnten beispielsweise Bezugsmodelle ausgearbeitet werden. Durch eine Preisanpassung für den „Nachtstrom“ könnte man den Verbraucher dazu anregen dann den Strom zu beziehen, wenn das Netz die geringste Auslastung vorweist.

9. Fazit

Aufgrund der aktuellen Entwicklung der E-Mobilität, ist es notwendig die daraus folgenden Konsequenzen zu erforschen. Die stetig steigende Fahrzeugzahl bringt unter anderem neue Netzbelastungen mit sich. Wenn diese nicht frühzeitig in den Netzausbau und die Verbräuche einbezogen werden, kann das im schlimmsten Fall zu Beschädigungen des Stromnetzes führen. Im Rahmen dieser Arbeit hat sich ein Szenario als besonders realistisch erwiesen.

Bei der Betrachtung eines Durchschnittstages zeigt sich, dass in den Nachtstunden der tatsächliche Verbrauch ausreichend sinkt, um mit einer kontinuierlichen Erzeugung von 0,56 GWh einen Überschuss von 1,9 GWh zu erzeugen. Also würde es nach den Berechnungen dieser Arbeit ausreichen, die Spitzenlast von 0,56 GWh für 9 Stunden (von 21:00 bis 06:00 Uhr) zu erzeugen um alle E-Fahrzeuge bei einem Tagesbedarf von 1,45 GWh zu versorgen.

Da in dieser Ausarbeitung die Ladezeiten der E-Fahrzeuge in die Nachtstunden des Tages fallen, ist anzumerken, dass die Versorgung der Fahrzeuge durch erneuerbare Energien mit dieser Methode nicht oder nur schwer möglich wäre. Allerdings ergeben sich durch die Umstellung auf E-Mobilität auch neue Möglichkeiten. Beispielsweise könnten die Akkus der Fahrzeuge als Zwischenspeicher genutzt werden. Hierfür müssten weitere Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

10. Literaturverzeichnis

Main Donau Netzgesellschaft mbH (2017). Strom, Netzrelevante Daten.

Abgerufen am 20.11.2017 von

<https://www.main-donau-netz.de/header/veroeffentlichungen/strom/netzrelevante-daten.html>

Umwelt Bundesamt (2017). Entwicklung des Strombedarfs nach Sektoren bis 2015.

Abgerufen am 24.11.2017

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch>

Umwelt Bundesamt (2017). Kraftstoffverbrauch von Pkw und Kombi bis 2015.

Abgerufen am 24.11.2017

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe>

Statistisches Infosystem Nürnberg (2016). Nürnberg – Zeitreihe – Kraftfahrt Bundesamt.

Abgerufen am 22.11.2017 von

https://online-service2.nuernberg.de/aswn/ASW.exe?aw=VKFB_J01

Kraftfahrt-Bundesamt (2013). Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2013 nach Segmenten.

Abgerufen am 20.10.2017 von

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2013_monatlich/FZ11/fz11_2013_12_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Kraftfahrt-Bundesamt (2014). Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2014 nach Segmenten.

Abgerufen am 20.10.2017 von

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2014_monatlich/FZ11/fz11_2014_12_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Kraftfahrt-Bundesamt (2015). Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2015 nach Segmenten.

Abgerufen am 20.10.2017 von

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015_monatlich/FZ11/fz11_2015_12_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Kraftfahrt-Bundesamt (2016). Fahrzeugneuzulassungen im Jahr 2016 nach Segmenten.

Abgerufen am 20.10.2017 von

https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016_monatlich/FZ11/fz11_2016_12_pdf.pdf;jsessionid=DBD5E0D72DC83B0BD6C02CB3CCFD7249.live21303?__blob=publicationFile&v=2

Manfred Klangwald - Axel Springer Auto Verlag GmbH (2016). Renault ZOE: Dauertest.

Abgerufen am 20.10.2017 von

<http://www.autobild.de/artikel/renault-zoe-dauertest-10586757.html>

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich diese Arbeit mit dem Thema

Energetische Bedarfsanalyse in Bezug auf E-Mobilität für das Nürnberger Land

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die den benutzten Hilfsmitteln wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen habe ich unter Quellenangaben kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Nürnberg, den 21.12.2017

(Ort, Datum)

Andreas Wick

(Unterschrift)