Elektromobilität – Studie Ladeinfrastruktur Region Basel

Schlussbericht

Zürich, 19.09.2014

sustainserv
Your Partner in Sustainability

Ernst Basler + Partner AG

Impressum

Auftraggeber
Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie
Koordinationsstelle Umweltschutz/Landwirtschaft
Hochbergerstrasse 158
4019 Basel

Vertreten durch
Dr. Dominik Keller, Abteilungsleiter
Tel.: 061 639 23 20
E-Mail: dominik.keller@bs.ch

Projektträger und Steuergruppe

Dominik Keller	Amt für Umwelt und Energie Kanton Basel-Stadt
Simon Kettner	Amt für Mobilität Basel-Stadt
Stephan Krähenbühl	Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft
Alain Aschwanden	Tiefbauamt Basel-Landschaft
Ulrike Strauch	Industrielle Werke Basel IWB
Yvonne Siepen	Industrielle Werke Basel IWB
Damir Parcina	Industrielle Werke Basel IWB
Matthias Egli	Industrielle Werke Basel IWB
Andrea Zinsli	Genossenschaft Elektra Baselland EBL
Daniel Laager	Genossenschaft Elektra Birseck EBM

Autoren

Adrian Siegrist	Sustainserv, Bereichsleiter Daten- und Managementsysteme
Paul Schnabl	Sustainserv, Consultant
Simon Burkhart	Sustainserv, Junior Consultant
Peter de Haan	EBP, Leiter Tätigkeitsfeld Klima und Energieeffizienz
Roberto Bianchetti	EBP, Projektmitarbeiter

Ansprechpartner Sustainserv:
Adrian Siegrist, Bereichsleiter Daten- und Managementsysteme
Tel.: 043 500 53 04
E-Mail: adrian.siegrist@sustainserv.com
Gartenstrasse 16
8002 Zürich

Ansprechpartner Ernst Basler + Partner:
Peter de Haan, Leiter Tätigkeitsfeld Klima und Energieeffizienz
Tel.: 044 395 11 14
E-Mail: peter.dehaan@ebp.ch
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon

Inhalt

1 Zusammenfassung 4

2 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen 7

3 Systemgrenzen, Definitionen und Grundlagen 8

3.1 Untersuchungsgebiet 8

3.2 Betrachtete Fahrzeugkategorien 8

3.3 Räumliche und zeitliche Auflösung der Ergebnisdarstellung 9

3.4 Rahmenbedingungen der Fahrzeugentwicklung 11
3.4.1 Aktuelles Fahrzeugangebot Schweiz 11
3.4.2 Trends in der Elektrofahrzeugentwicklung 12
3.4.3 Typologie der Ladestationen 15
3.4.4 Übersicht der Marktpenetrationsszenarien von Elektrofahrzeugen 17

3.5 Politische Rahmenbedingungen in der Region Basel und der Schweiz 19

4 Modellbeschreibung – vom Automarkt bis zum Ladevorgang 21

4.1 Modellierung von Neuwagenmarkt und Fahrzeugpark für die Schweiz 21
4.1.1 Energiestrategie des Bundesrats und Rolle der Elektromobilität 21
4.1.2 Die drei Szenarien für die Elektromobilität in der Schweiz bis 2035 21
4.1.3 Rahmenbedingungen und Entwicklung des Fahrzeug-Angebots in den drei Szenarien 24

4.2 Modellierung von Neuwagenmarkt und Fahrzeugpark für die Region Basel 25
4.2.1 Entwicklung von Wohnbevölkerung und Neuzulassungen in der Region Basel 26
4.2.2 Entwicklung von Fahrzeugbestand und Fahrleistung in der Region Basel 27
4.2.3 Einfluss soziodemographischer Grössen auf die Anzahl neuer Elektromobile 30
4.2.4 Einfluss weiterer Standortfaktoren auf die Anzahl neuer Elektromobile 32

4.3 Modellierung der Anzahl Ladevorgänge und Anzahl Ladestationen 34
4.3.1 Entwicklung Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge 34
4.3.2 Verluste in Ladestationen 34
4.3.3 Abschätzung Aufteilung Flotten-/Privatfahrzeuge 35
4.3.4 Aufteilung der Ladevorgänge auf Ladetypen 35
4.3.5 Anzahl Ladevorgänge pro Ladestation 36
4.3.6 Tageszeitliche Darstellung des künftigen Strombedarfs 37

4.4 Bestimmung der räumlichen Aufteilung der Ladestationen 39
4.4.1 Home & Charge und Work & Charge 39
4.4.2 Shop & Charge 39
4.4.3 Coffee & Charge 42

5 Resultate 44

5.1 Skalierung der Markpenetrationen der Elektrofahrzeuge an der Gesamtflotte 44

5.2 Elektrofahrzeuge im Neuwagenmarkt der Region Basel 45

5.3 Statischer Fahrzeugbestand für die Region Basel 46

5.4 Dynamischer Fahrzeugbestand für die Region Basel 47

5.5 Verfahrene Strommenge 48

5.6 Anzahl Ladevorgänge nach Ladestationstyp 49
5.7 Anzahl Ladestationen 50
5.8 Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen 52
5.8.1 Alle Ladetypen je Kanton und Stichjahr 52
5.8.2 Coffee & Charge 56
5.9 Tagesverlauf der Stromnachfrage 60

6 Möglichkeiten und Nutzen von Schnellladestationen und Fahrzeugen als Netzspeicher 63
6.1 Voraussetzungen 63
6.2 Smart Charge und Vehicle-2-Grid 63
6.3 Mögliche Regelkapazitäten von Schnellladestationen 67

7 Zentrale Elemente der prospektiven Infrastrukturplanung 68
7.1 Einbindung des Baus von Ladestationen in den Planungsprozess 68
7.2 Kostenersparnis bei einer frühzeitigen Infrastrukturplanung 69
7.3 Einbindung zentraler Akteure und Best Practices 70

8 Referenzen 72

9 Glossar 76

10 Anhang 79

1 Zusammenfassung

Die Entwicklung der Elektromobilität in der Region Basel wird von den beiden Kantonen und deren Energieversorgungsunternehmen mit Interesse verfolgt. Zentrale Fragen drehen sich dabei um die möglichen Entwicklungen hinsichtlich des Aufkommens von Elektrofahrzeugen, den zahlenmässigen Bedarf an Ladestationen und den dadurch ausgelösten Strombedarf, sowohl insgesamt als auch zeitlich aufgelöst im Tagesverlauf.

Als Grundlage wurden drei verschiedene Entwicklungsszenarien basierend auf der TA-SWISS-Studie (2013) zur möglichen künftigen Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen in der Schweiz bis 2030 verwendet und auf die spezifischen Bedingungen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft angepasst. Diese basieren auf politischen Rahmenbedingungen, der Fahrzeugentwicklung und der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs aufgrund sozioökonomischer Entwicklungen in den beiden Kantonen.

Die Entwicklung des Fahrzeugbestandes folgt grundsätzlich einem stark exponentiellen Wachstum. Im Jahr 2030 werden je nach Szenario zwischen 2'300 und 8'300 Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen erwartet. Insgesamt wird sich der Elektrofahrzeugbestand im Jahr 2030 zwischen 11'000 und 37'000 bewegen, was einem Anteil am Gesamtfahrzeugbestand der Region Basel von 5% bis 18% entspricht. Es gilt zu beachten, dass zwischen 2025 und 2040 ein sehr starkes Wachstum des Fahrzeugbestandes prognostiziert wird. Dies bedeutet, dass die Bestände nach 2030 noch deutlich zunehmen werden.
Der erwartete Strombedarf wird bis 2020 eher gering bleiben. Erst danach wird sich die verfahrene Strommenge stark erhöhen und bis 2030 für die Region Basel zwischen 21.5 GWh und 66 GWh im optimistischsten Szenario betragen (exklusive Ladeverluste). Für den Kanton Basel-Stadt ergibt sich ein maximaler Strombedarf von 18.7 GWh im Jahr 2030, was ungefähr 1.3% des heutigen Elektrizitätsverbrauchs des Kantons entspricht. In Basel-Landschaft werden maximal 47.3 GWh im Jahr 2030 erwartet, was etwa 2.4% des derzeitigen Stromverbrauchs entspricht. Eine Vollelektrifizierung auf dem Gebiet BS/BL im Jahr 2030 würde 7.1% des heutigen Stromverbrauchs für BS beziehungsweise 15.9% für BL ausmachen.

Um eine Aussage über die in Zukunft benötigte Infrastruktur treffen zu können, wurde der Bedarf an Ladestationen räumlich differenziert ermittelt. Dabei wurden folgende vier Ladetypen berücksichtigt:

- Home & Charge: Aufladen am Wohnort, mit Wechselstrom
- Work & Charge: Aufladen am Arbeitsplatz, mit Wechselstrom
- Shop & Charge: Aufladen während des Einkaufens, mit Wechselstrom
- Coffee & Charge: Schnellladen, bspw. an einer Tankstelle, mit Wechselstrom oder Gleichstrom

Die räumliche Aufteilung nach Sektoren wurde auf Gemeinde- (Basel-Landschaft) bzw. Quartierebene (Basel-Stadt) vorgenommen. Einerseits können Umsetzungsentscheide auf dieser Ebene einfacher gefällt werden als Gemeinde-übergreifend. Andererseits decken sich die Versorgungsgebiete der Energieversorgungsunternehmen weitgehend mit den Gemeindegrenzen. Schliesslich wurden anhand von soziodemografischen Faktoren, Arbeitsplatzdichten, publikumsintensiven Einrichtungen und verkehrsreichen Strassen für jeden Sektor und jedes Marktpenetrationsszenario der Bedarf an Ladestationen für die Jahre 2020 und 2030 ermittelt.
Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Ladestationen vom Typ Home & Charge sein werden, mit im Jahr 2030 zwischen 10'000 und 34'000 Ladestationen je nach Szenario. Zum Vergleich, der entsprechende Elektrofahrzeugbestand wird auf 11‘000 bis 37‘000 Einheiten geschätzt. Work & Charge sowie Shop & Charge Ladestationen werden sich bis 2030 in einer Grössenordnung von 1'400-4'900 Ladestationen bewegen, während nur zwischen 60

und 200 Schnellladestationen (Coffee & Charge) benötigt werden. Ein Grund für diese geringe Zahl an Schnellladestationen ist, dass die Frequentierung im Vergleich zu Home & Charge viel höher ist, während bei letzterem eine einzelne Ladestation in der Regel nur von einem Fahrzeug benutzt wird. Der für die vorliegende Studie gewählte Prognosehorizont von 2030 stellt eine Basis dar für heutige Entscheidungsträger, deren Beschlüsse einen Effekt auf die nächsten zehn bis fünfzehn Jahren haben werden. Nach dem Jahr 2030 wird die Marktpenetration von Elektrofahrzeugen gemäss TA-SWISS-Studie unabhängig vom Szenario für mindestens ein Jahrzehnt weiter steigen.

In Basel-Landschaft dominieren in allen Gemeinden die Ladestationen des Typs Home & Charge. V.a. in den ländlichen Gemeinden werden zum Teil fast keine anderen Ladestationstypen erwartet. In den bevölkerungsreicheren Gemeinden entlang den Hauptverkehrsachsen sowie um Basel-Stadt wird es auch eine signifikante Anzahl Ladestationen des Typs Work & Charge und Shop & Charge geben. In Pratteln werden zum Beispiel bis im Jahr 2030 im mittleren Szenario jeweils über 100 Work & Charge und Shop & Charge Ladestationen erwartet. In Liestal werden neben über 700 Home & Charge Ladestationen auch über 150 Work & Charge Ladestationen benötigt werden.
Nennenswerte Mengen an Schnellladestationen werden v.a. in den Gemeinden an den Hauptverkehrsachsen wie Augst, Pratteln, Muttenz, Birsfelden und Münchenstein erwartet. Im mittleren Szenario sind dies bis im Jahr 2030 zwischen fünf und sieben Schnellladestationen pro Gemeinde.

In Basel-Stadt gibt es einzelne Quartiere im Zentrum, in denen nicht Home & Charge, sondern Work & Charge und Shop & Charge Ladestationen dominieren werden. So werden z.B. in der Altstadt Grossbasel Home & Charge Ladestationen nur gerade etwas mehr als ein Viertel der insgesamt über 360 Ladestationen ausmachen (2030, mittleres Szenario). Im Quartier Vorstädte werden Work & Charge Ladestationen mit einem Anteil von über 50% von total über 530 Ladestationen dominieren. In den Aussenquartieren sowie in Riehen und Bettingen werden hingegen wie in Basel-Landschaft die Home & Charge Ladestationen überwiegen. Schnellladestationen werden v.a. in den Quartieren St. Alban, Breite, Gundeldingen, St. Johann, Wettstein, Hirzbrunnen und Rosental eine Rolle spielen, mit jeweils fünf bis sechs Stationen (2030, mittleres Szenario).

Basierend auf der Verteilung der Ladestationen wurden für jede Gemeinde und jedes Quartier die typischen Tagesverlaufskurven des Strombedarfs berechnet. Dies zeigt auf, wo Lastspitzen durch Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen zu erwarten sind, welche allenfalls in Zukunft die Netzstabilität beeinträchtigen könnten. In den meisten Sektoren folgt das Leistungsprofil dem Home & Charge Ladeverhalten, das heisst eine Lastspitze ist jeweils abends von ca. 19-21 Uhr zu erwarten. In einzelnen Quartieren in Basel-Stadt kann das Leistungsprofil jedoch auch eine Lastspitze um die Mittagszeit aufweisen, bedingt durch viele Ladevorgänge des Typs Work & Charge und Shop & Charge. Die Beurteilung, ob die zu erwartenden Lastspitzen die Netzstabilität beeinträchtigen könnten, wird den Energieversorgungsunternehmen überlassen. Ein eigens dafür entwickeltes, Excel-basiertes Modell erlaubt die Berechnung des Leistungsprofils für jeden Sektor und jedes Szenario.

Zusätzlich wurden Möglichkeiten und Nutzen von Schnellladestationen und Fahrzeugen als Netzspeicher im Sinne einer intelligenten Netzanbindung von Elektrofahrzeugen und deren Infrastruktur zur Erbringung von Systemdienstleistungen beurteilt. Aus dem aktuellen Wissensstand lässt sich schliessen, dass v.a. zeitversetztes Laden von Elektrofahrzeugen ein grosses Potential aufweist, weil konventionelle Technologien eingesetzt werden können und Geschäftsmodelle erkennbar sind. Hingegen ist das Potenzial der Rückspeisung ab Elektrofahrzeug-Batterien gering. Insbesondere aus technischer und wirtschaftlicher Sicht zeigen sich grosse Hürden. Eine Zwischenspeicherung in einem stationären Speicher zur Vermeidung von ladebedingten Netzüberlastungen durch Schnellladestationen wird als mögliche

Lösung derzeit von verschiedenen Akteuren untersucht. Eine fundierte Aussage bezüglich des Einsatzes von lokalen Energiespeichern bei Schnellladestationen zur Entlastung der Netze kann zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht getroffen werden.

Weiter wurden zum Thema Infrastrukturplanung zentrale Elemente, die im Rahmen einer prospektiven Vorgehensweise zu berücksichtigen sind, erörtert. Es zeigt sich, dass eine frühzeitige Berücksichtigung und Planung der Ladeinfrastruktur notwendig wäre für einen möglichst kosteneffizienten Ausbau der (Lade-)Infrastruktur. Da im Zeitraum nach 2020 deutlich wachsende Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen erwartet werden, sollten Architekten und Bauherren bei Neu- und Umbauten die Anforderungen von Ladestationen bereits heute schon einplanen.

Das nachfolgende Schema stellt das Vorgehen zur Modellierung der Nachfrage nach Ladestation dar:

2 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen

Die beiden Basler Kantone und deren Energieversorgungsunternehmen IWB, EBM und ebl verfolgen mit Interesse die Entwicklung der Elektromobilität. Unter Berücksichtigung dreier Entwicklungsszenarien werden die planerischen Grundlagen für eine Ladeinfrastruktur erarbeitet sowie mögliche Geschäfts- und Finanzierungsmodelle aufgezeigt.
Zu den wesentlichen Inhalten der Studie gehören die möglichen Entwicklungen hinsichtlich des Aufkommens von Elektrofahrzeugen in der Region Basel (Szenarien) und der dadurch ausgelöste Strombedarf nach Ort und Zeit. Darauf aufbauend wird der Bedarf an Ladestationen räumlich differenziert dargestellt für vier Ladetypen:

- Home & Charge (H&C): Aufladen am Wohnort, mit Wechselstrom (AC)
- Work & Charge (W&C): Aufladen am Arbeitsplatz, mit Wechselstrom
- Shop & Charge (S&C): Aufladen während des Einkaufens, mit Wechselstrom
- Coffee & Charge (C&C): Schnellladen, bspw. an einer Tankstelle, mit Wechselstrom oder Gleichstrom (DC)

Durch die Expertisen des Projektteams und den Dialog mit Stakeholdern werden Fragen zur Infrastrukturplanung geklärt (Berücksichtigung Ladestationen in der Bauplanung, Kosten, Prozesse).

Prinzipiell werden die Szenarien der TA-SWISS-Studie zur möglichen künftigen Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen in der Schweiz (TA-SWISS 2013) auf die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft angepasst. Diese basieren demnach auf politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen in den Kantonen BS und BL, der Fahrzeugentwicklung (Fahrzeugtypen, Reichweite und Ladeinfrastruktur) und der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) aufgrund sozioökonomischer Entwicklungen. Damit soll aufgezeigt werden, wie hoch die Gesamtzahl an Elektroautos in Zukunft sein könnte, welcher Energieverbrauch daraus resultiert und wie sich dieser zeitlich (im Tagesverlauf) und räumlich auflöst.

Das Ziel der räumlichen Auflösung ist dabei die Identifizierung geeigneter Standorte für Ladestationen in der Region Basel. Ermittelt werden der zahlenmässige Bedarf an Ladestationen, deren potenzielle Standorte sowie der Strombedarf einer solchen Infrastruktur. Die Anzahl Lademöglichkeitstypen wird pro Sektor (Quartiere in BS und Gemeinden in BL), pro Marktpenetrationsszenario und pro Stichjahr (2020 und 2030) aufgezeigt.

Zum Thema Infrastrukturplanung werden zentrale Elemente, die im Rahmen einer prospektiven Vorgehensweise zu berücksichtigen sind, erörtert. Es handelt sich hierbei um die vorgängige Abhandlung einer zukünftigen Ladeinfrastruktur im Rahmen der Bauplanung, die damit gebundene Kostenersparnis und die Einbindung zentraler Akteure.

3 Systemgrenzen, Definitionen und Grundlagen

3.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die beiden Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Sofern nicht näher spezifiziert, bezieht sich die Bezeichnung "Basel" im Folgenden auf die Region beider Basel.

3.2 Betrachtete Fahrzeugkategorien

Die vorliegende Studie betrachtet die Entwicklung der Personenwagen-Gesamtflotte (für unterschiedliche Szenarien siehe Kapitel 4.1.2) für die Kantone Basel-Stadt (BS) und Basel-Landschaft (BL). Die Gesamtflotte besteht aus einer grossen Vielfalt an Fahrzeugtypen mit verschiedenen funktionellen und technischen Eigenschaften (aktuell sind über 6'500 verschiedene Neuwagen-Modellvarianten auf dem Markt erhältlich). Für die Szenarien wird die Gesamtflotte vereinfachend durch vier unterschiedliche Fahrzeugtypen repräsentiert. Diese vier Fahrzeugtypen lehnen sich an die Klassifizierungen für die Strassenzulassung in der Schweiz und in der EU (europäische Richtlinie 2007/46/EG) an. Im Folgenden werden sie kurz beschrieben.

L5e, L6e und L7e: Diese Kategorien („L"-Fahrzeuge gemäss Richtlinie 207/46/EG) umfassen verschiedene Typen von Motorrädern und Kleinmotorwagen. Unter L5e versteht man Motorschlitten und dreirädrige Motorfahrzeuge, unter L6e Leichtmotorfahrzeuge mit einer maximalen Geschwindigkeit von 45km/h, während L7e Kleinmotorfahrzeuge mit v_{max} > 45km/h umfasst (z.B. Renault Twizy). Diese Fahrzeugtypen werden in Zukunft immer wichtiger, da sie für den urbanen Verkehr sehr gut geeignet sind.

Kleinst- und Kleinwagen: Fahrzeug mit kleinem Innenraum und im Alltag Platz für zwei Erwachsene Personen plus in den meisten Fällen zwei Rücksitze für Passagiere für kürzere Strecken oder Gepäck, hauptsächlich im urbanen Einsatz (z.B. Smart, VW up!, Opel Corsa).

Kompaktklasse: Fahrzeug mit Platz für vier bis fünf Passagiere und wenig Gepäck (z.B. VW Golf, Opel Astra).

Mittel- und Oberklasse: Fahrzeug mit Platz für fünf Passagiere und viel Gepäck (z.B. Audi A4, VW Touareg).

Die drei Fahrzeugtypen „Kleinst-/Kleinwagen", „Kompaktklasse" sowie „Mittel-/Oberklasse" bilden zusammen das Segment der klassischen Personenwagen („M1"-Fahrzeuge gemäss Richtlinie 2007/46/EG) vollständig ab. Für jedes der 4 Fahrzeugtypen wird nach dem Grad der Elektrifizierung unterschieden:

EV: Voll batterie-elektrische Fahrzeuge ohne internen Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle, auch BEV (battery electric vehicle) genannt.

PHEV: Plug-in-hybridelektrische Fahrzeuge. Kombination von Elektromotor und Verbrennungsmotor, wobei die Batterie extern aufgeladen werden kann. Es existieren Vollhybrid- und Serienhybrid-Konzepte. Beim Vollhybrid (Beispiel: Toyota Prius plug-in) ist – neben dem Elektromotor – auch der Verbrennungsmotor direkt mechanisch mit der Antriebsachse verbunden. Beim Serienhybrid (Beispiel: Chevrolet Volt/Opel Ampera) funktioniert der Verbrennungsmotor als Stromgenerator, nur der Elektromotor ist direkt mit der Antriebsachse verbunden. Serienhybride werden auch als Range Extender (RE oder REV) bezeichnet. PHEV gelten in dieser Studie immer als Elektrofahrzeuge, auch wenn die elektrische Reichweite

„nur“ 20 km beträgt. Grund ist, dass auch mit einer solchen Reichweite bereits über die Hälfte der Jahresfahrleistung elektrisch zurückgelegt werden kann (und wahrscheinlich auch wird). PHEV gelten als Elektroautos, weisen aber ein anderes Ladeverhalten auf als reine BEV (keine Notwendigkeit für schnelles Aufladen).

HEV: Hybridelektrische Fahrzeuge verfügen über eine Kombination aus Elektro- und Verbrennungsmotor, wobei die Batterie **nicht** extern aufgeladen werden kann. Getankt wird nur Benzin oder Diesel (oder künftig Erdgas), die Batterie wird nur intern aufgeladen durch Rekuperation und wenn der Verbrennungsmotor „überschüssige“ Energie produzieren kann. HEV gelten nicht als Elektrofahrzeuge.

ICE: Die klassischen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (englisch: Internal Combustion Engine, ICE) tanken Benzin, Diesel, LPG („Autogas“) oder Erdgas. Sie werden hier zusammen mit den HEV betrachtet.

Welche Fahrzeugkategorien werden **nicht** betrachtet?

2013 gab es in der Schweiz 4.32 Mio. Personenwagen, 0.68 Mio. Motorräder, 0.06 Mio. Busse/Reisecars und 0.37 Mio. leichte und schwere Nutzfahrzeuge (Liefer- und Lastwagen). In der vorliegenden Studie werden Nutzfahrzeuge, Busse und Motorräder nicht berücksichtigt. Obwohl bereits heute elektrifizierte Modelle dieser Fahrzeugkategorien getestet werden, ist die Entwicklung dieser Technologien im Vergleich zu Personenwagen im Rückstand. Auch sind die betroffenen Kategorien zahlenmässig deutlich kleiner als jene der Personenwagen. Es wird deshalb angenommen, dass im betrachteten Zeitraum die Elektrifizierung und die entsprechende Marktpenetration dieser Fahrzeugkategorien eine vernachlässigbare Rolle spielen werden. Zudem wird sich die untersuchte Ladeinfrastruktur fast exklusiv für Personenwagen eignen, während für die oben genannte Fahrzeugkategorie andere Infrastrukturen für die Aufladung nötig wären.

Auch elektrifizierte Fahrräder und Motorfahrräder („E-bikes“), deren Absatzzahlen stark steigen, werden nicht betrachtet. Gründe sind, dass die gesamte Strommenge vernachlässigbar ist, diese Fahrzeuge fast nur zu Hause über normale 230V-Steckdosen mit 10A-Absicherung aufgeladen werden und kein Zusammenhang mit der Ladeinfrastruktur für elektrische Personenwagen besteht.

Brennstoffzellen-Fahrzeuge, welche Wasserstoff (H2) tanken (oder Methanol, welches im Fahrzeug über einen Reformer in Wasserstoff umgewandelt wird), gelten nicht als Elektrofahrzeuge, weil sie nicht direkt elektrisch aufgeladen werden. Sie werden in der vorliegenden Studie nicht betrachtet. Mit ihrem Markteintritt und einer relevanten Marktdurchdringung ist, wenn überhaupt, erst in mehreren Jahrzehnten zu rechnen. Die ladeseitige Infrastruktur unterscheidet sich fundamental von jener für Elektrofahrzeuge.

3.3 Räumliche und zeitliche Auflösung der Ergebnisdarstellung

Der durch die Elektromobilität ausgelöste gesamte Strombedarf und der Bedarf an Ladestationen je Ladetyp wird in der Region beider Basel räumlich dargestellt. Zu diesem Zweck werden Sektoren gebildet. Prinzipiell entsprechen diese für Basel-Stadt den Quartieren, für Basel-Landschaft den Gemeinden. Abbildung 1 verdeutlicht die vorgeschlagene Unterteilung nach Gemeindetypen:

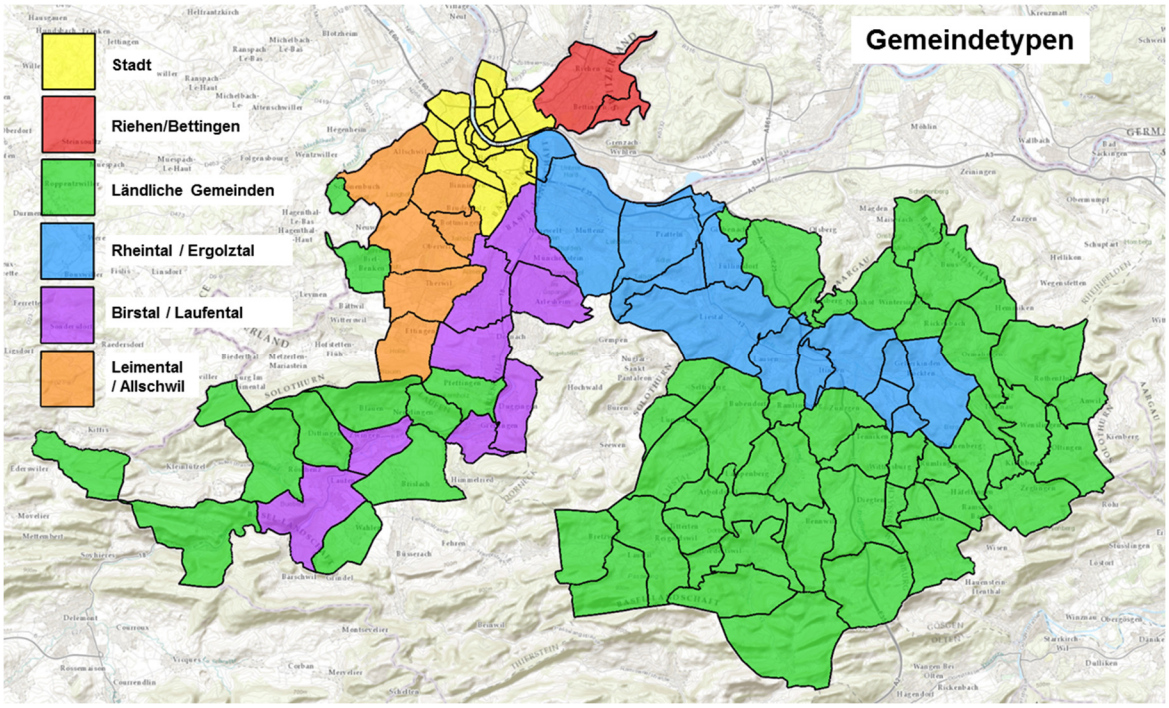

Abbildung 1: Sektorisierung nach Gemeindetypen

Diese Vorgehensweise bietet verschiedene Vorteile:

- Umsetzung: Entscheide können auf Gemeinde- bzw. Quartierebene einfacher gefällt werden als bei Gemeinde-übergreifenden Sektoren
- Die Datenverfügbarkeit auf Gemeinde- und Quartierebene ist gut
- Die Versorgungsgebiete der EVU decken sich weitgehend mit den Gemeindegrenzen (siehe Abbildung 2)

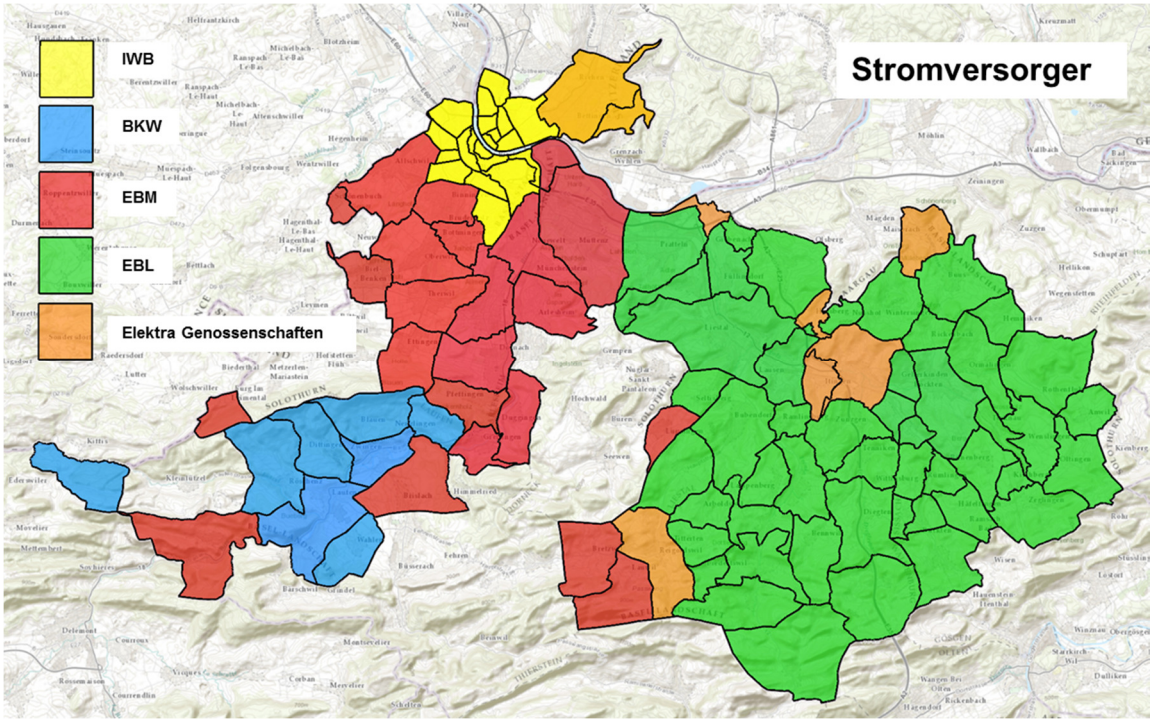

Abbildung 2: Die Versorgungsgebiete decken sich weitgehend mit den Gemeindegrenzen

Der Betrachtungszeitraum für die zeitliche Ergebnisdarstellung ist 2014 bis 2030. Die Stichjahre für die Ergebnispräsentation sind 2015, 2020, 2025 und 2030 bzw. 2020 und 2030 für die GIS Darstellungen und die Tagesverlaufskurven.

3.4 Rahmenbedingungen der Fahrzeugentwicklung

3.4.1 Aktuelles Fahrzeugangebot Schweiz

Zurzeit werden in der Schweiz 17 reine Elektroautos, 4 Elektroautos mit Range Extender und 9 Plug-In Hybride angeboten:

Tabelle 1: Übersicht über alle derzeit käuflichen Elektrofahrzeuge, Elektrofahrzeuge mit Range Extender und Plug-in Hybride, Stand April 2014 (www.autoumweltliste.ch; www.e-mobile.ch)

Elektroautos	Reichweite (km)	Leistung (kW)	Preis (Franken)
BMW i3	130 – 160	125	39'950
Citroën C-Zero	150	49	25'000 - 33'600
EC1	120	38	53'570
Ford Focus Electric	160	107	55'500
Kamoo 500	200	63	64'780
Kamoo Twingo Elektra	140	30	32'980
Mia electric	80 – 125	18	20'000
Mitsubishi iMiev	150	49	25'000
NISSAN Leaf	200	80	35'690
Peugeot iOn	150	49	33'600
Renault ZOE	210	65	22'900
SMART Fortwo electric drive	145	55	24'500 - 33'900
Brabus electric drive	145	60	31'500
TESLA Model S (3 Varianten)	390 – 502	225 – 310	72'400 - 95'700
VOLVO C30 Electric	150	82	1'290/Monat
VW e-Up!	160	60	32'700
VW Golf blue-e-motion	190	85	39'950
Elektroautos mit Range Extender			
BMW i3 REX	240 – 300	125	46'900
CHEVROLET Volt	60 – >500	111	48'500
Fisker Karma	83 – 400	300	129'900
OPEL Ampera	40 – >500	111	45'400
Plug-in Hybrid			
A3 Sportback e-tron	50 – 890	75/110	n.a.
BMW i8	37 – 440	96/170	159'800
TOYOTA Prius Plug-in	25 – 1200	60/73	50'900
Volvo V60 Plug-in Hybrid	50 – 1000	50/158	72'600
Mitsubishi Outlander PHEV	52 – 824	2x60/89	50'000
Porsche 918 Spyder	25 – n.a.	n.a./564	600'000
Porsche Panamera S E-Hybrid	36 – n.a.	70/245	150'500
Ford C-Max Plug-in Hybrid	30 – 800	40/105	n.a.
VW Golf Plug-in Hybrid	50 – 856	75/110	n.a.

3.4.2 Trends in der Elektrofahrzeugentwicklung

Bereits seit Jahrzehnten werden Prototypen von Elektrofahrzeugen entwickelt und lanciert. Jedoch war der Erfolg dieser Modelle aus einer Kombination von wirtschaftlichen, technischen und psychologischen Gründen bis anhin sehr gering. In den letzten Jahren haben sich die ersten „reifen" Elektrofahrzeuge am Markt durchgesetzt, welche von etablierten Herstellern in Grossserien gefertigt werden. In diesem Kapitel werden die gegenwärtigen und zukünftigen Trends in der Elektrofahrzeugentwicklung untersucht und beschrieben. Die Angaben basieren im Wesentlich auf TA-SWISS (2013) und Duleep et al. (2011).

Gegenwärtige Batterietechnologien

Die Batterien stellen die teuerste (und schwerste) Komponente eines Elektrofahrzeuges dar und sind deswegen, zusammen mit der beschränkten Reichweite, einer der wichtigsten limitierenden Faktoren für den Erfolg der Elektromobilität. Die häufigsten Batterietypen auf dem Markt sind Lithium-Ionen (Li-Ion), Nickel-Metall-Hydrid (NiMH), Natrium-Nickel-Chlorid (ZEBRA) und Bleisäure.

Lithium-Ionen-Batterie: Weisen ein grosses Entwicklungspotenzial auf und sind dabei, sich im Mobilitätsbereich durchzusetzen. Während gegenwärtig alle kommerziellen Li-Ion-Batterien Graphit-Anoden besitzen, variiert die Zusammensetzung der Kathode. Eisen-Phosphat-Kathoden gelten als sicherste und günstigste Variante, weisen aber niedrigere Energiedichten auf. Nickel- und Kobalt-Kathoden zeigen hohe Energiedichten, sind aber weniger sicher und weniger dauerhaft, während die Eigenschaften von Mangan-Kathoden dazwischen liegen. Im Handel erhältliche Lithium-Ionen-Batterien haben eine Energiedichte auf dem Zellniveau von 130 bis 160Wh/kg. Dies entspricht etwa einem Drittel der theoretischen Grenze von 400 bis 500 Wh/kg; im Vergleich zur Energiedichte von Benzin (11'000Wh/kg) ist sie sehr gering. Durch die zusätzliche crash-sichere Verpackung, Verdrahtung und Steuerelektronik reduziert sich die durchschnittliche Energiedichte auf Stufe Batterie auf 80 bis 110Wh/kg, was etwa 35 bis 40 Prozent niedriger ist als auf der Zellstufe. Die neuesten Elektrofahrzeuge mit Li-Ion-Batterien erreichen Energiedichten von 77Wh/kg (VW e-Golf), 95Wh/kg (BMW i3) und 141Wh/kg (Tesla Model S).

Natrium-Nickel-Chlorid (ZEBRA): Diese Technologie ermöglicht eine hohe Energiedichte und Zuverlässigkeit bei niedrigen Herstellungskosten, da die Batterien auf breit erhältlichen Komponenten beruhen. Der Hauptnachteil ist aber die hohe Betriebstemperatur von 300 °C, was einen konstanten Stromverbrauch von 60 bis 80 W verursacht, auch wenn das Auto nicht fährt. Ein grosser Vorteil der ZEBRA-Batterie ist hingegen die hohe Betriebssicherheit.

Technische Entwicklung von Batterietechnologien

Lithium-Schwefel-Kathoden: Schwefelbasierte Kathoden weisen eine theoretische Kapazität von 1'600mAh/g auf, viel höher als gegenwärtige Metalloxid- und Phosphat-Kathoden (300mAh/g). Dies erlaubt fünfmal höhere Energiedichten. Probleme bereiten aber noch signifikante strukturelle Veränderungen während der Lade-/Entladezyklen und die Auflösung der Lithium-Polysulfide im Elektrolyten.

Lithium-Silizium-Anoden: Die theoretische Kapazität von nanostrukturiertem Silizium ist mit 4000mAh/g zehnmal höher als bei Graphit. Zudem ist Silizium breit verfügbar. Hauptproblem ist die starke Volumenänderung von 400 Prozent während der Lade-/Entladezyklen, was den Einsatz vieler Zellen in einem Batteriesystem erschwert.

Lithium-Luft: Hier wird Sauerstoff als katalytische Luft-Kathode eingesetzt. Die Batteriekapazität wird dann nur noch durch die Anode begrenzt. Da die Kathode üblicherweise die teuerste Komponente ist, beinhaltet die Li-Luft-Technologie auch ein sehr grosses Sparpotenzial.

Die theoretische Energiedichte von 13'000Wh/kg ist sehr hoch, die Technologie befindet sich jedoch noch in einem experimentellen Laborstadium.

Abbildung 3 zeigt die von Duleep et al. (2011) prognostizierte Entwicklung der Energiedichte auf Stufe Batterie (inklusive Gehäuse, Kabel und Überwachungselektronik) und stellt sie anderen Prognosen gegenüber. Die zukünftige Entwicklung der Energiedichte hängt einerseits von der kontinuierlichen Verbesserung der Herstellungsprozesse ab und andererseits von der Marktpenetration neuer Technologien (wie z.B. siliziumbasiertes Anodenmaterial). Die diesbezügliche Schätzung des Entwicklungspotenzials in der Roadmap-Studie des Fraunhofer-ISI-Instituts (Fraunhofer ISI 2011) deckt sich mit der Prognose von Duleep et al. (2011). Konkrete Schätzungen der zukünftigen, am Markt erhältlichen Energiedichten sind dennoch mit hohen Unsicherheiten behaftet. Repräsentative Beispiele neuester Elektrofahrzeuge sind in Abbildung 3 gezeigt, um den heutigen Stand der Technik darzustellen.

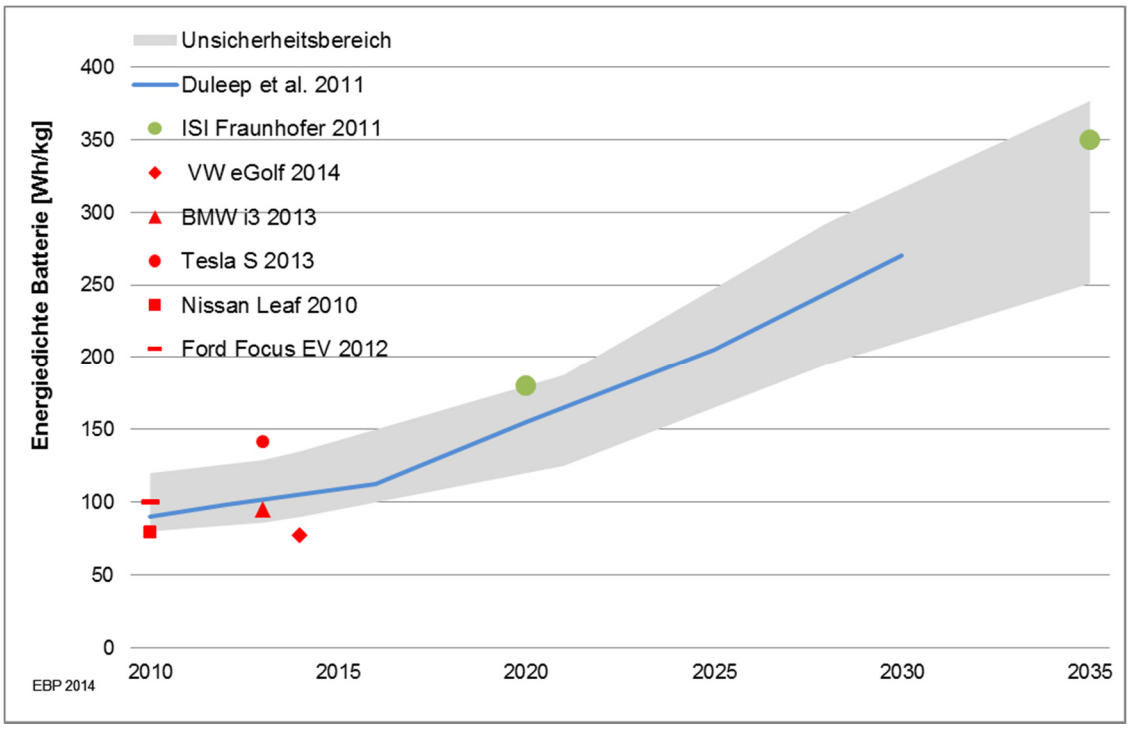

Abbildung 3: Aktuelle und prognostizierte Entwicklung der Energiedichte von Li-Ion-Batterien für Elektrofahrzeuge. Die Energiedichten ausgewählter neuer Modelle sind einzeln dargestellt.

Kosten der Batterien

Abbildung 4 zeigt die von Duleep et al. (2011) prognostizierte Entwicklung der Kosten auf Stufe Batterie und stellt sie anderen Prognosen gegenüber. Die Kosten für Li-Ion-Batterien für den Mobilitätssektor haben sich in den Jahren seit ihrer Markteinführung bereits deutlich verringert. Generell zeigen die vier untersuchten Marktstudien ähnliche Kosten-Reduktionsraten auf, beginnen allerdings auf verschiedenen Preisniveaus, was auf die hohe Varianz der Batteriekosten hinweist. Diese Werte würden den Prognosen für 2030 entsprechen. Generell zeigen sich grosse Unsicherheiten in der Prognose der Li-Ion-Batterieentwicklung. In dieser Studie folgen wir daher den eher konservativen Werten der umfassenden Technologieentwicklungsstudie von Duleep et al. (2011).

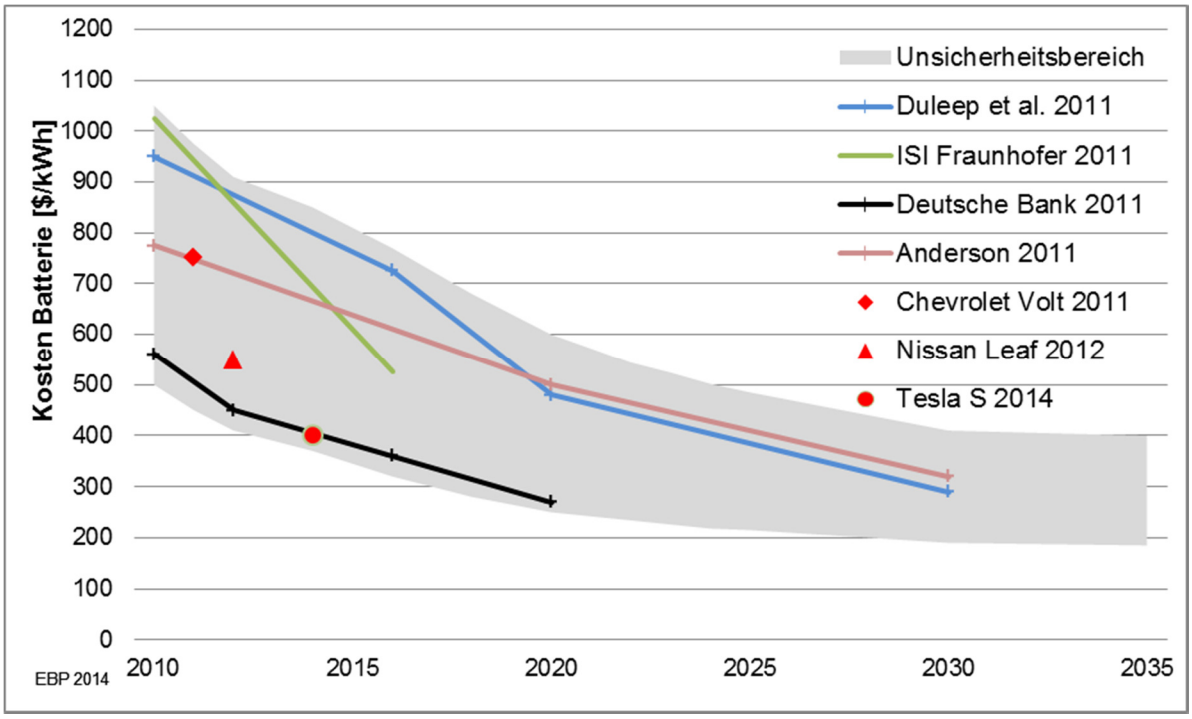

Abbildung 4: Aktuelle und prognostizierte Entwicklung der Kosten von Li-Ion-Batterien für Elektrofahrzeuge. Die Batteriekosten ausgewählter neuer Modelle sind einzeln dargestellt.

Sicherheit

Das Thema Sicherheit von Li-Ionen-Batterien wird nach spektakulären Fällen von Selbstentzündungen v.a. im Bereich der Unterhaltungselektronik kontrovers diskutiert. Moderne Fahrzeugbatterien werden rigoros geprüft (Kurzschlussfestigkeit, Durchstich, Crashbeständigkeit, etc.), sodass eine Selbstentzündung weitgehend ausgeschlossen werden kann. Trotzdem bestehen Batterien aus brennbaren Materialien und können bei einem normalen Fahrzeugbrand auch indirekt entzündet werden. Bei allen heutigen Batterietypen entstehen toxische Emissionen (fluorhaltige Verbindungen) beim Abbrennen des Elektrolyten.

Alterung und Ladefähigkeit

Bei der Lebensdauer von Batterien wird unterschieden zwischen der kalendarischen Lebensdauer und der maximal möglichen Anzahl vollständiger Entlade- und Ladezyklen. Der Trend der letzten Jahre ist, dass die Anzahl möglicher Entlade- und Ladezyklen steigt und zunehmend nur noch die kalendarische Alterung wichtig ist. Die „Zielwerte“ für einen Verbleib von mind. 80% der ursprünglichen Batterieleistung liegen bei 12 Jahren kalendarischer Lebensdauer sowie 5'000 vollständigen und 200'000 bis 300'000 Teilladezyklen, in einem Temperaturbereich von -40°C bis +66°C. Inwieweit diese Zielgrössen von den heute verwendeten Batterien erfüllt werden, ist aufgrund fehlender empirischer Werte schwierig zu sagen. Einige der heute am Markt erhältlichen Batterien dürften die geforderten Ladezyklen bei Normalladung (keine Schnellladung) bereits erfüllen, während das gegenwärtige kalendarische Batteriealter bei etwa zehn Jahren liegt. Zu den Auswirkungen von Extremtemperaturen gibt es noch wenige Informationen. Deshalb wird heute häufig eine Batterieheizung und -kühlung vorgesehen, was den Energieverbrauch des Fahrzeugs erhöht. Mittelfristig sollte eine Batterie alle oben genannten Zielgrössen erreichen, um kommerziell erfolgreich sein zu können. Es wird angenommen, dass dies in absehbarer Zeit der Fall sein wird.

Kontrovers diskutiert wird aktuell, ob häufiges Schnellladen zu einer vorzeitigen Batteriealterung führt. Rezente Forschungsergebnisse der ETH zeigen, dass sich bei forcierter Schnellladung nach 1500 Lade-/Entladezyklen eine Alterung von 5% (der ursprünglichen Batterie-

kapazität) einstellt, was etwa einer Fahrleistung von 200'000km entspricht. Dies stellt ein Indiz dar, dass Schnellladung im Alltag keinen nennenswerten negativen Einfluss hat.

Für die vorliegende Studie wird deshalb angenommen, dass die Schnellladung keinen relevanten Einfluss auf die Batterielebensdauer hat, solange die Schnellladung nur für Traktionsenergie verwendet wird. Sollte die Batterie eines Elektrofahrzeugs häufig entladen und wieder aufgeladen werden, zum Zweck der Stabilisierung des Stromnetzes und/oder der Zwischenspeicherung stochastischer erneuerbarer Energie, kann eine vorzeitige Alterung der Batterie nicht ausgeschlossen werden. Dies ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Elektrische Reichweite vs. Kosten: Trends in der Automobilindustrie
Aktuell werden fast ausschliesslich Elektrofahrzeuge mit einer typischen Reichweite zwischen 120 und 180km angeboten (Ausnahme Tesla S, welcher über eine höhere Batteriekapazität verfügt, bei entsprechend höherem Verkaufspreis). Gemäss TA-SWISS (2013) werden die Batterien langfristig um einen Faktor vier günstiger und einen Faktor vier leichter. Man kann dann – bei gleichem Verkaufspreis – die Reichweite erhöhen, oder – bei gleicher Reichweite – den Verkaufspreis reduzieren. Dies ist letztlich eine Frage der Hersteller-Strategien und der entsprechenden Marktreaktion. Wahrscheinlich ist eine Kombination aus beiden Ansätzen: Die Reichweite wird leicht steigen, während der Aufpreis (im Vergleich zu einem Auto mit Benzinmotor) sinken wird. Für die vorliegende Studie wird angenommen, dass in den ersten Jahren (bis 2025) primär die Reichweite steigt.

Technische Entwicklung von Elektromotoren
Elektromotoren konvertieren elektrische Energie in mechanische. In EV und HEV operieren Elektromotoren auch umgekehrt – als Generator – und wandeln beim Bremsen mechanische Energie in Elektrizität zurück (Rekuperation).

Bei Elektroautos dominieren permanent magnetisierte Motoren. Gemäss Duleep et al. (2011) werden gegenwärtig permanent magnetisierte, bürstenlose Motoren eingesetzt. Renault hingegen setzt bewusst auf Asynchronmotoren ohne Permanentmagnete. Gründe für Motoren mit Permanentmagneten sind die hohe Energiedichte und die hohe energetische Effizienz. Der Entwicklungsstand der Technologie ist relativ weit fortgeschritten und in den letzten Jahren konnten deutliche Gewichtsreduktionen erzielt werden.

Elektromotoren haben heute eine typische Effizienz von rund 90 Prozent. Permanent magnetisierte Synchronmotoren weisen den höchsten Wirkungsgrad auf, da kein Induktionsstrom erzeugt werden muss. Die Herstellungskosten können jedoch aufgrund der teuren Permanentmagnete höher sein, auch wird für die leistungsfähigsten Magnete das Seltene-Erde-Element Neodym benötigt. Asynchronmotoren sind in der Konstruktion einfacher und robuster, weisen aber aufgrund der zusätzlich nötigen Induktionsspannung eine um etwa 2 Prozent niedrigere Effizienz auf.

Obwohl sich die Technologie noch in kleinen Schritten verbessern kann, sind in den nächsten Jahrzehnten keine eigentlichen Technologiesprünge mehr zu erwarten. TA-SWISS (2013) geht von einer leichten Steigerung des Wirkungsgrades von Elektromotoren von heute 84% auf 86% im Jahre 2035 im urbanen, respektive von heute 89% auf 91% im extraurbanen Bereich aus.

3.4.3 Typologie der Ladestationen

Damit der Strom von Energieversorgungsunternehmen (EVU) für Elektrofahrzeuge verwendet werden kann, muss er von Wechselstrom (AC) in Gleichstrom (DC) umgewandelt werden

(Ausnahme Schnellladung mit DC). Dies erfolgt durch das Ladegerät. Bei Elektroautos ist das Ladegerät in der Regel im Fahrzeug eingebaut (on-board). Die Ladeelektronik (Battery Management System, BMS) steuert und überwacht den Ladevorgang in Abhängigkeit von Temperatur, Ladezustand und Spannung der Batterien (Electrosuisse, e'mobile und VSE 2012).

Die europäische IEC-62196-Norm kennt bei den Ladestationen vier Lademodi. Modi 1 und 2 sind für langsames Laden ab Haushaltanschluss vorgesehen. Modus 3 definiert Wechselstromladen ab spezifischen, hoch abgesicherten Ladestationen und Modus 4 definiert Gleichspannungs-Schnellladen mittels externen Ladegeräts direkt auf die Batterie (TA-SWISS 2013).

- **Mode 1**: Laden mit Wechselstrom (AC) an einer landesüblichen oder einer «CEE-Steckdose».
- **Mode 2**: Wie Mode 1, jedoch mit einer «In-Cable-Control-Box» (ICCB) im Ladekabel. Diese verbindet ein Elektrofahrzeug, das üblicherweise unter Mode 3 geladen wird, mit einer landesüblichen oder CEE-Steckdose.
- **Mode 3**: Das Laden mit Wechselstrom (AC) kann nur an einer zweckgebundenen Steckdose Type 2, Type 3 oder einem fest an die Installation angeschlossenen Mode-3-Ladekabel durchgeführt werden.
- **Mode 4**: Laden mit Gleichstrom (DC) für Schnellladungen.

Das Ladekabel für Mode-1/Mode-2 und Mode-3-Verbindungen gehört in Europa zur Fahrzeugausstattung. Es ist entweder fest am Fahrzeug angeschlossen oder wird lose mitgeführt. Es werden zwei Kabel benötigt, eines um mit Mode-1/Mode-2 und eines, um mit Mode-3 zu laden. Das Ladekabel für eine Mode-4-Verbindung (Schnellladung) ist immer fest an der Ladestation angeschlossen.

Tabelle 2: Europäische Ladenormen

Methode	Spannung	Max. Stromstärke	Ladegerät
Mode 1	250 V AC, 1-phasig 480 V AC, 3-phasig	16 A	On-board
Mode 2	250 V AC, 1-phasig 480 V AC, 3-phasig	32 A	On-board
Mode 3	250 V AC, 1-phasig 480 V AC, 3-phasig	250 A	On-board
Mode 4	300-600 V DC	400 A	Off-board an der Ladestation

Design des Ladesteckers

Je nach Fahrzeugmarke und -modell weisen Elektrofahrzeuge und Plug-in Hybrid Electric Vehicles unterschiedliche Anschlüsse für das Ladekabel auf.

Der Typ-2 Stecker soll mit allen relevanten Leistungsniveaus zwischen einphasigen AC-Hausanschlüssen bis zu leistungsfähigen dreiphasigen 63-A-Anschlüssen umgehen können. Zusätzlich ist er für zukünftige DC-Ladestationen bis 30 Kilowatt geeignet. Typ-2-Stecker unterstützen Ladeströme von 16, 32 und 63 A mit Leistungen von 3.3 bis 43.5 KWh abhängig von der Ladespannung (TA-SWISS 2013).

Landesübliche Steckdosen mit 10 bis 16 A Stromstärke sind mechanisch und thermisch nicht sehr belastbar. Demgegenüber bieten die Industriesteckdosen, die sogenannten „CEE-Steckdosen", eine erhöhte Belastbarkeit. Sie sind für den mehrstündigen Dauerbetrieb geeignet und werden v.a. für das Laden von Elektroautos und Elektromotorrädern empfohlen.

Home Charge Device (HCD)
Eine HCD bietet einen erhöhten Komfort für den Anwender und ist zusätzlich an die Leistungsgrenzen der vorhandenen Netzinfrastruktur angepasst. Ein optional eingebauter Stromzähler liefert Informationen zum Energieverbrauch. Weitere Steuergeräte wie Schaltuhr, Tarifsteuerung, kombiniert mit «Override push-button» für die Tagesfreischaltung, erlauben das zeitlich gesteuerte Aufladen der Batterie mit Schwerpunkt in den Niedertarifzeiten (off-peak). Es können mehrere HCD an eine gemeinsame Zuleitung angeschlossen werden (Electrosuisse, e'mobile und VSE 2012).

Öffentliche Ladestationen
Der Einsatz von öffentlichen Ladestationen kann dann angebracht sein, wenn mit Publikumsverkehr zu rechnen ist. Der Zugang zu diesen Systemen wird z.B. über Schlüssel oder Karten gewährt.

3.4.4 Übersicht der Marktpenetrationsszenarien von Elektrofahrzeugen

Diverse Forschergruppen, Beratungsunternehmen und Institutionen haben die zukünftigen Marktpenetrationsszenarien von Elektrofahrzeugen untersucht. Tabelle 3 fasst die verschiedenen Prognosen am Neuwagenmarkt und/oder am Gesamtautobestand je Stichjahr und Region zusammen. Die meisten Studien haben mehrere Szenarien auf Basis unterschiedlicher Annahmen entwickelt, um die grosse Spannbreite der Marktpenetrationen abdecken zu können. Diese Prognosen beziehen sich teilweise auf Vorhersagen und teilweise auf Szenarienberechnungen.

Tabelle 3: Überblick Marktpenetrationsszenarien am Neuwagenmarkt und Gesamtautobestand aus wissenschaftlicher Literatur (Quelle: TA-SWISS 2013 und eigene Literaturanalyse).

		Anteil in PKW-Neuzulassungen					Anteil in PKW-Fahrzeugflotte				
Quelle	Region	2015	2020	2025	2030	2050	2015	2020	2025	2030	2050
AMADEE+COMPANY (2009)	World		3%								
Deutsche Bank Company Research (2009)	World		11%								
Fraunhofer ISI (2011): scenario 1	World		2%		6%						
Fraunhofer ISI (2011): scenario 2	World		7%		32%						
IEA (2009)	World		11%		35%						
Rosenfeld, Remes et al. (2011), p.78ff	World							4%			
Kalmbach, Bernhart et al. (2011), p.56	World			10%							
J.D.Power (2010)	World		2%								
Hazimeh, Tweadey et al. (2010)	World		10%								
van Essen and Kampmann (2011)	World		4%								
Forbes (2012)	World		10%								
Rosenfeld, Remes et al. (2011), p.78ff	EU		16%								
Deutsche Bank Company Research (2009)	EU	4%	20%								
IEA (2009)	EU		18%								
BCG(2009): scenario 1	EU		6%								
BCG(2009): scenario 2	EU		19%								
McKinsey (2010), p.17: scenario 1	EU										35%
McKinsey (2010), p.17: scenario 2	EU										70%
van Essen and Kampmann (2011): scenario 1	EU	1%	5%	26%	52%		0%	1%	6%	18%	
van Essen and Kampmann (2011): scenario 2	EU	0%	3%	11%	19%		0%	0%	2%	7%	
van Essen and Kampmann (2011): scenario 3	EU	1%	10%	54%	84%		0%	1%	12%	33%	
Becker et al. (2009): scenario baseline	US	3%	18%	45%	64%		1%	4%	11%	24%	
Becker et al. (2009): scenario high energy prices	US	5%	35%	75%	85%						
Becker et al. (2009): scenario operator subsidies	US	10%	49%	81%	86%					46%	
Alpiq (2009), p.23	CH		50%					15%			
BFE (2010): scenario 1	CH							2.6%			
BFE (2010): scenario 2	CH							6.6%			
BFE (2010): scenario 3	CH							4.9%			
BFE (2010): scenario 4	CH							2.2%			
TA-Swiss (2013): BAU	CH	0.8%	1%	4%	11%	47%					
TA-Swiss (2013): EFF	CH	0.8%	2%	10%	26%	70%					
TA-Swiss (2013): COM	CH	0.8%	3%	14%	40%	81%					
Zah, Binder et al. (2010): scenario conservative	CH				50%						
Zah, Binder et al. (2010): scenario optimistic	CH			50%							
asa (2011): scenario medium	CH		9%					1%			
asa (2011): scenario high	CH		17%					2%			
Fraunhofer ISI (2008): scenario 1	D	2%	3%	11%							
Fraunhofer ISI (2008): scenario 2	D	5%	10%	48%							
Shell (2009): scenario trend	D				2.5%						
Shell (2009): scenario alternative	D		3.3%	6%	10%						

Insgesamt zeigen die Vorhersagen grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien (Abbildung 5). Grund dafür sind unterschiedliche Annahmen, die den Studien zugrunde liegen. Viele Faktoren wie die Entwicklung von Batterien, Energiepreisen, politischen Rahmenbedingungen und Technologien lassen sich kaum zuverlässig vorhersagen und dies spiegelt sich in einer grossen Spannbreite an Ergebnissen wider. Zudem wurde je nach Studie teilweise PHEV ein- oder ausgeschlossen. Die maximalen Szenarien entsprechen normativen Zielen oder Visionen und zeigen hohe Marktpenetrationen, die für das Jahr 2030 zwischen 40% und 80% liegen. Trend- und Basisszenarien weisen wesentlich tiefere Markpenetrationen auf, die zwischen 2.5% und 20% liegen, mit Ausnahme von Becker et al. (2009). Um die verschiedenen Prognosen plausibilisieren zu können, schätzt TA-SWISS (2013) auch die weltweit maximal mögliche Produktion von Elektrofahrzeugen ab. Verläufe, welche die weltweite Produktionskapazität überschreiten, sind als unrealistisch zu betrachten

(einzelne Länder oder Regionen müssten dazu unter Einsatz hoher Fördermittel einen wesentlichen Teil der weltweiten Produktion aufkaufen).

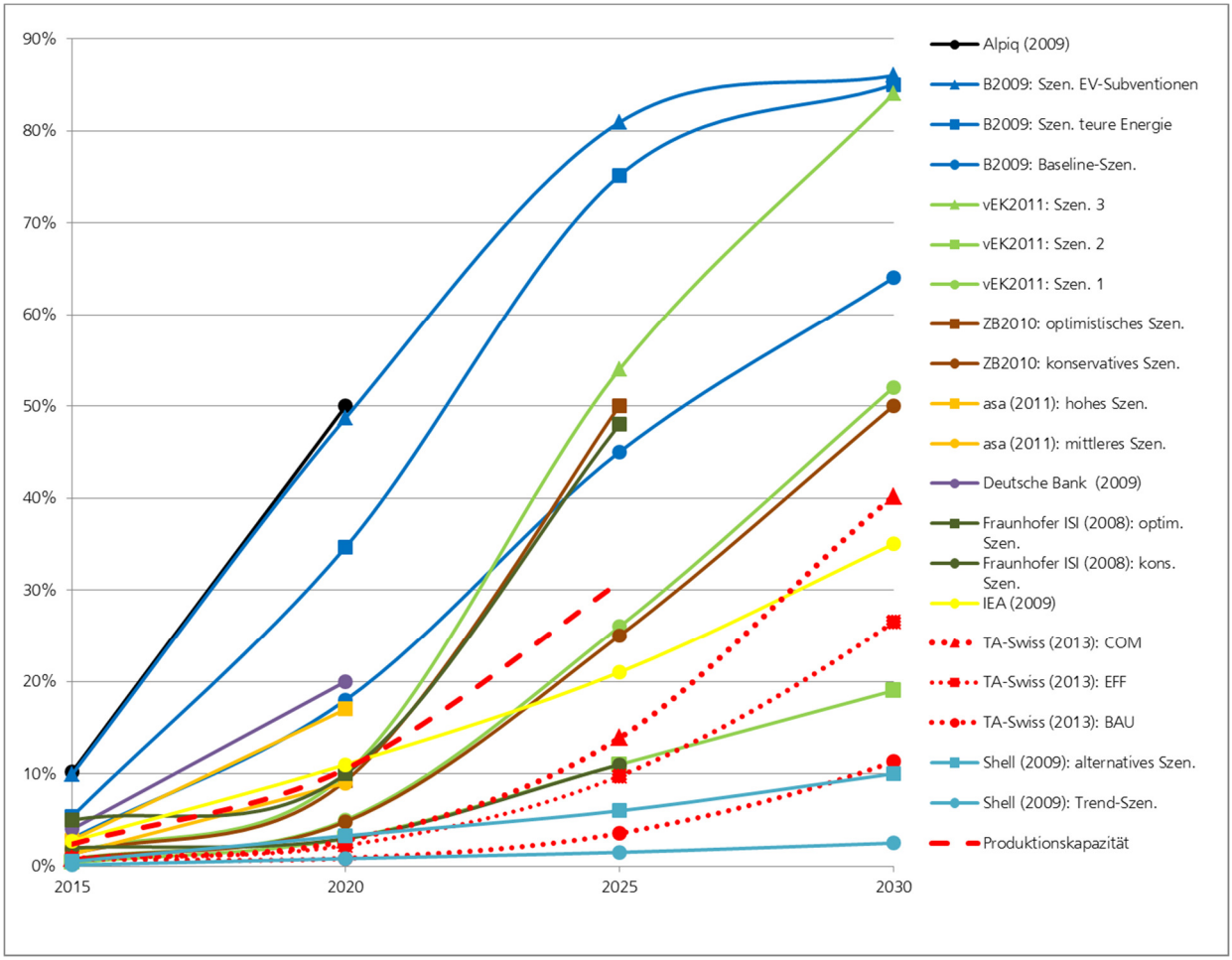

Abbildung 5: Spannbreite der Marktpenetrationsszenarien für Elektrofahrzeuge aus der Literatur (inkl. weltweiter maximaler Produktionskapazität gemäss TA-SWISS [2013], rot gestrichelt).

3.5 Politische Rahmenbedingungen in der Region Basel und der Schweiz

In der **Schweiz** gibt es heute verschiedene Förderinstrumente, die konkrete finanzielle Anreize für die Elektromobilität setzen (Elektromobilität 2012).

- **Automobilsteuer**: Für alle Autos, die aus dem Ausland importiert oder im Inland hergestellt werden, wird eine eidgenössische Automobilsteuer erhoben. Elektrofahrzeuge sind von der Automobilsteuer (4 % des Fahrzeugwerts) befreit.
- **Treibstoffabgaben**: Da Elektrofahrzeuge keine konventionellen Treibstoffe benötigen, sind sie von Mineralölsteuern und Zuschlägen ausgenommen. Elektrofahrzeuge, die ihre gesamte Energie oder einen Teil davon (Plug-in Hybrid) über das Stromnetz beziehen, entrichten somit für die elektrisch zurückgelegten Kilometer, abgesehen von der Autobahnvignette, keinen finanziellen Beitrag an die Verkehrsinfrastruktur und deren Unterhalt.
- **Emissionsvorschriften für Personenwagen**: Für Personenwagen, welche zum ersten Mal nach dem 1. Juli 2012 in Verkehr gesetzt werden, muss je nach CO_2-Ausstoss und Gewicht eine Sanktion entrichtet werden. Der Zielwert für 2015 liegt bei 130g CO_2/km. Die Schweiz hat diese Zielwerte von der EU übernommen. Die Zielvorgabe wird schrittweise eingeführt und muss im Durchschnitt von allen in einem Jahr zugelassenen Personenwagen erreicht werden. Bei Werten über der Zielvorga-

be muss der Fahrzeugimporteur eine Sanktionsabgabe bezahlen, welche einen finanziellen Anreiz bietet, den CO_2-Ausstoss der Fahrzeuge rasch zu vermindern. Gemäss den Rahmenbedingungen der EU, welche auch in der Schweiz angewandt werden, können Personenwagen mit einem CO_2-Ausstoss unter 50 g/km in den Jahren 2012 bis 2014 für die Berechnung der durchschnittlichen CO_2-Emissionen eines Herstellers oder Importeurs mehrfach gezählt werden. Dies neben der Tatsache, dass Elektrofahrzeuge durch den Emissionswert 0 g/km für Hersteller und Importeure ohnehin sehr wertvoll zur Senkung der durchschnittlichen CO_2-Emissionen sind. Dass Fahrzeuge unter 50 g/km in den Jahren 2012, 2013 und 2014 mehrfach gewertet werden dürfen, fällt in die gleiche Zeit, in der die meisten Hersteller serienreife Elektrofahrzeuge auf den Markt bringen wollen. Dies bedeutet eine zusätzliche Förderung von Elektrofahrzeugen.
Mit der geplanten Weiterentwicklung der CO_2-Zielwerte auf 95 g pro Kilometer bis ins Jahr 2020 und der Ausweitung von Zielwerten auf leichte Nutzfahrzeuge (beides im Rahmen der Energiestrategie 2050) wird den elektrischen Antrieben noch höhere Bedeutung zukommen. Zielwerte unter 100 g CO_2/km sind praktisch nur durch eine Steigerung des Anteils an elektrischen Antrieben machbar.

Im **Kanton Basel-Land** bestehen folgende Bestimmungen (Elektromobilität 2012):

- Für Personenwagen mit 1. Inverkehrsetzung ab 1.1.2014 mit weniger als 120 g CO_2-Ausstoss je Kilometer wird für das Jahr der 1. Inverkehrsetzung und die drei folgenden Kalenderjahre eine befristete Steuerermässigung gewährt. Ein permanenter Steuerzuschlag wird für Personenwagen mit 1. Inverkehrsetzung ab 1.1.2014 und mit mehr als 139 g CO_2-Ausstoss erhoben.
- Fahrzeuge, welche vor Inkrafttreten des vorliegenden Gesetzes nach dem Dekret vom 27. November 2008 zum Gesetz über die Verkehrsabgaben teilsteuerbefreit waren, wird diese Verkehrssteuerbefreiung von 50% weiter, jedoch höchstens für das Jahr der 1. Inverkehrsetzung und die drei folgenden Kalenderjahre gewährt. In diese Übergangsbestimmung fallen folgende Fahrzeuge mit 1. Inverkehrsetzung nach dem 01.01.2011:
    - Personenwagen mit Hybrid- und Gasantrieb mit Energieetikette A und mindestens Abgasnorm Euro 4
    - Lieferwagen und Lastwagen mit Hybrid- und Gasantrieb mit Abgasnorm Euro 4
    - Elektrofahrzeuge
- Fahrzeuge mit 1. Inverkehrsetzung vor dem 1.1.2011 fallen nicht in die Übergangsbestimmung und erhalten keine Teilsteuerbefreiung.

Im **Kanton Basel-Stadt** bestehen folgende Bestimmungen (Elektromobilität 2012):

- Ab 2013 werden emissionsarme und energieeffiziente Personenwagen steuerlich entlastet und ineffiziente Fahrzeuge hingegen mit einem Malus belastet.
- Für Personenwagen, die weniger als 150 g CO_2 je Kilometer ausstossen und der neuesten obligatorisch anzuwendenden Euro-Abgasnorm entsprechen, werden für das Jahr der 1. Inverkehrsetzung und für die drei folgenden Jahre abgestufte Steuerrabatte gewährt, wobei die Steuer in jedem Fall mindestens CHF 180 beträgt.
- Für Personenwagen, die 151 g oder mehr CO_2 je Kilometer ausstossen oder nicht der neuesten obligatorisch anzuwendenden Euro-Abgasnorm entsprechen, wird jährlich ein abgestufter Steuerzuschlag erhoben.
- Für umweltfreundliche Lieferwagen (Euro-5-Abgasnorm und besser) wird ein Steuerrabatt (Dauer wie bei den Personenwagen) von CHF 250 gewährt, wobei die jährliche Steuer in jedem Fall mindestens CHF 180 beträgt.

4 Modellbeschreibung – vom Automarkt bis zum Ladevorgang

4.1 Modellierung von Neuwagenmarkt und Fahrzeugpark für die Schweiz

4.1.1 Energiestrategie des Bundesrats und Rolle der Elektromobilität

Im Rahmen seiner Energiestrategie 2050 hat der Bundesrat dem Parlament im Herbst 2013 das „1. Massnahmenpaket“ vorgelegt, dessen parlamentarische Beratung ab Frühjahr 2014 erfolgt. Das 2. Massnahmenpaket soll auf das Jahr 2020 hin erarbeitet werden und den Fokus von Förder- hin zu Lenkungsinstrumenten (wie Energie- und Stromabgaben) verlagern. Im 1. Massnahmenpaket stellt die Steigerung der Energieeffizienz der Strassenfahrzeuge ein wichtiges Handlungsfeld dar, mit der Massnahme 8.1 (verschärfte g CO_2/km-Zielwerte für die Flotte der neu verkauften Personenwagen) als Hauptinstrument. Die Schweiz wird sich hier am Vorgehen der EU orientieren, welche im Dezember 2013 für das Jahr 2022 den neuen Zielwert von 95 g CO_2/km festgelegt hat. Dabei sollen – als zeitlich befristete Fördermassnahme – Elektrofahrzeuge mehrfach angerechnet werden (sogenannte „super credits“). Die genaue Übernahme dieses Zielwerts für die Schweiz wird Gegenstand der parlamentarischen Beratungen sein.

Die hauptsächlich von den betroffenen Bundesämtern ASTRA, BFE, BAFU und ARE finanzierte Technologiefolgen-Abschätzungsstudie „Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz“ (TA-SWISS 2013) untersucht den möglichen Verlauf der Elektromobilität innerhalb des Schweizer Verkehrssystems und welche Folgen daraus für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu erwarten sind. Basis bilden die BFE-Energieperspektiven (Prognos 2012), welche die Energiestrategie 2050 spezifizieren. Die TA-SWISS-Studie verwendet die gleichen Annahmen bezüglich Bevölkerungs-, Fahrzeugpark- und Fahrleistungsentwicklung. Diese Prognosen verbindet sie mit eigenen Kalkulationen zur technischen Entwicklung der unterschiedlichen Fahrzeugklassen und -komponenten: In Jahresschritten wird abgeschätzt, welche Energiedichte die Batteriepakete von Elektroautos haben werden, und welche Reichweite und welcher Verkaufspreis Elektroautos haben werden. Für die Berechnungen zur Marktpenetration der Elektrofahrzeuge erfolgt dann eine Mikrosimulation des schweizerischen Neuwagenmarkts – grösster Konkurrent für die Elektroautos sind dabei die auch jährlich besser werdenden „normalen“ Benzin- und Dieselautos.

Neben den bei der Mobilität anfallenden CO_2-Emissionen werden auch alle übrigen Umweltauswirkungen berechnet – für die Stichjahre 2020, 2035 und 2050. Die Studie von TA-SWISS schlägt damit den Bogen vom einzelnen Auto bis zur gesamthaft durch die Schweizer Personenwagenflotte verursachten Umweltbelastung. Sie stellt die umfassende Analyse der Auswirkungen der Energiestrategie 2050 dar, für den Bereich der Personenwagen – mit detaillierter Aufarbeitung der Rolle der Elektromobilität.

4.1.2 Die drei Szenarien für die Elektromobilität in der Schweiz bis 2035

Die BFE-Energieperspektiven (Prognos 2012) weisen drei Szenarien auf, je eines für das Verbleiben bei der heutigen Energiepolitik („weiter wie bisher“, WWB-Szenario), die Umsetzung des 1. Massnahmenpakets („politische Massnahmen“, POM-Szenario) und die zusätzlich Umsetzung des künftigen 2. Massnahmenpakets („neue Energiepolitik“, NEP-Szenario).

Um die Bandbreite möglicher Entwicklungspfade und der damit verbundenen künftigen Auswirkungen der Elektromobilität für die Schweiz abzuschätzen, verwendet die TA-SWISS-Studie ebenfalls drei verschiedene Szenarien. Diese Szenarien wurden kompatibel zu jenen der BFE-Energieperspektiven ausgelegt.

Die Modellierung der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen in der vorliegenden Studie *Ladeinfrastruktur Region Basel* basiert seine Annahmen wiederum auf die Resultate der TA-SWISS-Studie für die Schweiz. Insbesondere werden die drei zukünftigen Szenarien für die Schweiz übernommen und für die Region Basel angepasst.

Betrachtet werden ein Trendszenario sowie zwei normative Szenarien, die mögliche Standards des Mobilitäts- und Energiesystems der Schweiz in die Zukunft beschreiben. Die Eckdaten für die Szenarien wiederspiegeln wo immer möglich die Annahmen der BFE-Energieperspektiven, der Bevölkerungsprognosen des BFS sowie der Entwicklung des Personenverkehrs des ARE. Die Szenarien unterscheiden sich in der Markdurchdringung der Elektrofahrzeuge in den unterschiedlichen Stichjahren. In diesem Sinne wird die Szenarioanalyse mögliche zukünftige Entwicklungen aufzeigen, welche in sich konsistent sein sollten und aus diesem Grund wird bewusst auf Extremszenarien verzichtet. Im Folgenden werden diese drei Szenarien beschrieben.

Das **Business-as-Usual-Szenario (BAU)** dient als Referenz für die zwei normativen Szenarien und umfasst wahrscheinliche künftige politische Massnahmen, welche einer Fortsetzung der bisherigen Verkehrs- und Energiepolitik entsprechen: Der «normale» technische Fortschritt soll dazu verwendet werden, dass die Autos jährlich effizienter, aber nicht wesentlich kleiner werden. In diesem Szenario wird der 130g CO_2/km-Zielwert für Neuwagen im Jahre 2015 erreicht; das (von der EU im Dezember 2013 für das Jahr 2022 beschlossene) 95g CO_2/km-Ziel wird in diesem Szenario ebenfalls im Jahre 2022 erstmals erfüllt.

Das **Szenario Effizienz (EFF)** geht von einer – gegenüber heute – verstärkten Förderung von energie-effizienten Antrieben für den MIV aus, jedoch ohne *technologie-spezifische* Förderung und ohne staatliche Vorinvestitionen in technologiespezifische Infrastruktur (wie z.B. Ladeinfrastruktur). Autos müssen somit einen grösseren Beitrag zur Energieeinsparung leisten als bisher. Dabei wird in Kauf genommen, dass Autos im Durchschnitt kleiner werden müssen. Die Politik versucht aber bewusst, effiziente Verbrennungsmotoren und Elektroantriebe gleichermassen zu fördern.

Das **Szenario Connected Mobility (COM)** baut auf das Szenario EFF auf, geht aber zusätzlich von Verhaltensänderungen aus, die zu einer stärker vernetzten Mobilität führen. So werden zum Beispiel längere Fahrten meist mit ÖV kombiniert. «Pull-» (Echtzeit-Info zu freien P+R-Parkplätze/Ladestationen sowie ÖV-Situation) und «Push-» Faktoren (dynamisches Road Pricing, vermehrte Staugefahr) machen die Kombination des Privatautos mit ÖV attraktiver. Damit fällt die Reichweiten-Problematik weitgehend weg, was zu einer höheren Akzeptanz von Kleinstfahrzeugen führt: Man setzt stark auf Elektroautos.

TA-SWISS (2013) hat für jedes Szenario die resultierenden, unterschiedlichen Marktpenetrationen von Elektrofahrzeugen simuliert. Die relativen Anteile von Elektrofahrzeugen (PHEV/EV) im Neuwagenmarkt für die Szenarien bis 2030 werden in Abbildung 6 gezeigt. Die Modellierung des gesamten Fahrzeugbestands, auf Basis dieser Marktpenetrationsverläufe, führt zu einem Bestand an Elektrofahrzeugen im Jahr 2030 in der Schweiz von ungefähr 190'000 PW im BAU, 430'000 im EFF und 651'000 im COM.

Der für die vorliegende Studie gewählte Prognosehorizont 2030 entspricht nicht einem „Endzustand“. Die TA-SWISS-Studie betrachtet einen Zeithorizont bis 2050. Nach dem Jahr 2030 wird die Marktpenetration von Elektrofahrzeugen, unabhängig vom Szenario, für mindestens ein Jahrzehnt weiter steigen. Die vorliegende Studie stellt eine Basis dar für heutige Entscheidungsträger, deren Beschlüsse einen Effekt auf die nächsten zehn bis fünfzehn Jahren haben werden. Der gewählte Zeithorizont (bis 2030) ist somit für das Ziel dieser Studie angemessen.

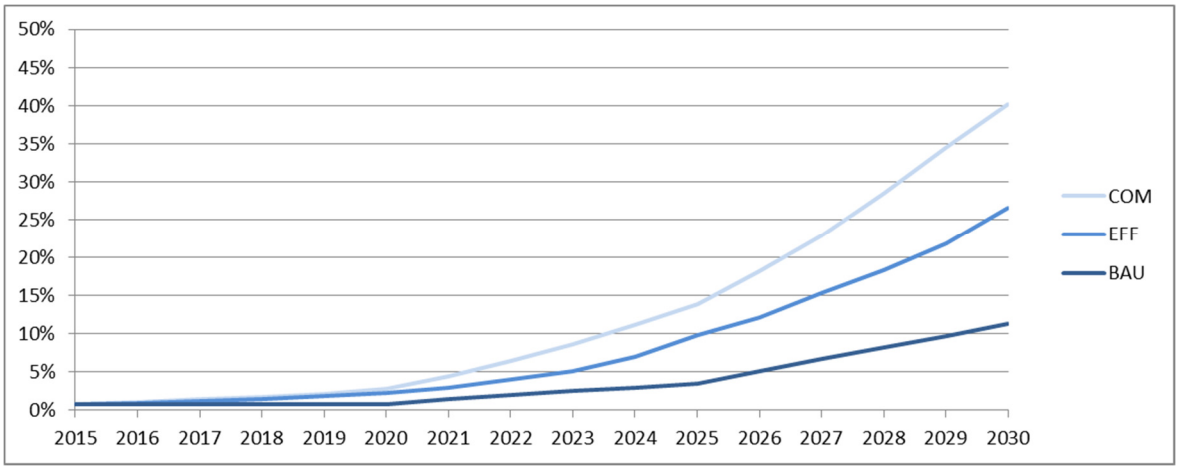

Abbildung 6: Relative Anteile PHEV/EV im Neuwagenmarkt für die Szenarien (CH).

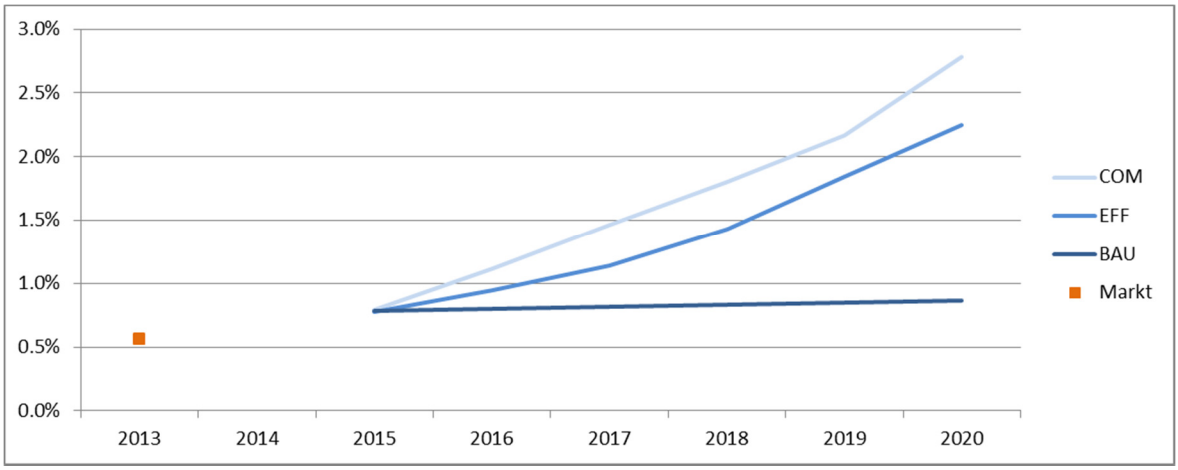

Abbildung 7: Marktanteil Elektrofahrzeuge 2013 vs. TA-SWISS Szenarien 2015-2020.

Im Jahr 2013 wurden 1753 Elektrofahrzeuge zugelassen (ASTRA/MOFIS, auto-schweiz 2014). Das macht 0.56% des Marktes für Neuwagen aus. Abbildung 7 zeigt den heutigen Marktanteil und die angenommenen Werte für den Anteil ab 2015 für die drei Szenarien. Der Marktanteil der Elektroautos liegt für das Jahr 2013 „auf Kurs“ und Simulationsresultate aus TA Swiss (2013) erscheinen somit weiterhin plausibel und realistisch.

4.1.3 Rahmenbedingungen und Entwicklung des Fahrzeug-Angebots in den drei Szenarien

In der Tabelle 4 werden die Eckpunkte und Rahmenbedingungen der drei Szenarien beschrieben. Tabelle 5 stellt die Faktoren, die die Entwicklung des Angebots an Fahrzeugen in die Zukunft beeinflussen werden, dar.

Tabelle 4: Rahmenbedingungen und Eckpunkte der drei Szenarien.

Szenario	BAU	EFF	COM
Klimapolitik	Schwach; Abweichung von 2°-Ziel akzeptiert.	Stark. Gibt der Energiepolitik Rückhalt. Fokus auf Reduktion des Energieverbrauchs.	Stark. Gibt der Energiepolitik Rückhalt. Fokus auf schnellen Ausbau erneuerbarer Energien.
Energiepolitik	Die neue Energiepolitik wird langsam umgesetzt. AKW bleiben lange am Netz, neue Grosskraftwerke werden gebaut, die CO_2-Emissionen in Kauf genommen, der Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgt nur zögerlich und v.a. im Ausland.	Stärkerer Fokus auf Energieeffizienz. CH hat eine Vorreiterrolle bei Effizienzvorschriften für Gebäude, Geräte, Prozesse, Personenwagen. Sektorielles Vorgehen ohne grossen Einbezug von Systemeffekten. Förderung der erneuerbaren Energien im Inland.	Wie EFF.
Ressourcen	Infolge Wohlstands- und Mobilitätszunahme Verdreifachung des globalen Fahrzeugbestandes; höhere Nachfrage nach Ressourcen.	Dank der höheren Effizienz und abnehmender mittleren Fahrzeuggrösse nimmt die Nachfrage nach Schlüsselressourcen leicht ab.	Das Wachstum der Elektromobilität führt zu einer verstärkten Nachfrage nach den entsprechenden Schlüsselressourcen.
Gesellschaft	Keine Änderungen gegenüber heute.	Leicht regressive Effekte infolge höherer Mobilitätskosten.	Wie EFF.
Steuern	Wir gehen davon aus, dass auch mit Strom betriebene Fahrzeuge mittelfristig besteuert werden (Übergang zu einer fahrleistungsabhängigen Besteuerung, welche nicht von der Treibstoffart abhängt). Dieser Übergang sollte stattfinden, bevor der Kaufpreis von Elektrofahrzeugen soweit sinkt, dass deren Marktanteile relevant werden und eine ausbleibende Besteuerung zu Reboundeffekten führen würde (je nach Szenario früher oder später im Zeitraum 2020–2030).		
Ladestationen	Ladeinfrastruktur entsteht ohne staatliche Beeinflussung; Normierung der Stecker usw.	Wie BAU.	Der Staat greift koordinierend ein, weil die Elektroflotte schnell ausgebaut werden soll: Entwicklung (mit anderen Staaten) eines Standard-Schnellladesteckers. Planung der Schnellladestationen entlang Autobahnen.

Tabelle 5: Entwicklung der Faktoren und des Angebots an Fahrzeugen für die drei Szenarien.

Szenario	BAU	EFF	COM
Technik	Autonomer technischer Fortschritt, getrieben durch das 130g-Ziel für 2015 und das 95g-Ziel für ca. 2020–25; Fortschritt bei Verbrennungsmotoren bis 2025 jährlich grösser als bei Elektromobilen, danach gleich gross bis ca. 2035	Weil das staatliche Handeln auf Effizienz, aber nicht technologiespezifisch auf Elektroantriebe zielt, treten Huhn-Ei-Probleme auf. Ein wesentlicher Teil der PKW wird weiterhin mit (teilweise hybridisierten) Verbrennungsmotoren betrieben	Schnellere technische Fortschritte und schnelleres Einsetzen der Skaleneffekte. Durchbrechung von Huhn-Ei-Problemen infolge der vermehrten Intermodalität (ÖV für lange Teilstrecken; damit keine Reichweitenproblematik)
Antriebe	Die politischen Effizienzvorgaben richten sich am Fortschritt bei den Verbrennungsmotoren aus, welche den wichtigsten Teil der Antriebe ausmachen. Elektroantriebe setzen sich in Teilsegmenten (City Cars, Flottenfahrzeuge) durch.	Starke Rolle für Hybride (in Industrieländern ca. 50 Prozent im Jahr 2050) und Plug-In-Hybride/reine EV.	Elektroförderung schliesst Plug-In-Hybride ein. Verbrennungsmotoren bei PKW noch als Range Extender im Einsatz.
Energiepreise	Mittel bis hoch, aber nicht sehr hoch (Öl: unter 200 USD/bbl), d.h. «normale» technische Fortschritte führen im MIV-Bereich bereits zu einer Abnahme der Energiekosten je Kilometer.	Hoch, übt starken Druck in Richtung Effizienzstrategie aus	Wie EFF.
Preise	Pro Kilometer real günstiger als heute	Höhere Kaufkosten, über Betriebsdauer amortisiert; Effizienzstrategie führt aber zu im Mittel kleineren Fahrzeugen und damit zu niedrigeren Kosten je Kilometer.	Wie EFF; zunehmende Kombipakete aus ÖV-Zugang und Kleinstfahrzeugen für die erste/letzte Meile.
Zweiräder und Kleinstfahrzeuge	Elektrifizierung der Zweiräder in Industrieländern. Schattendasein von Kleinst-Fahrzeugkonzepten, weil das Durchschnittsauto nicht kleiner wird.	Zunahme Kleinst-Fahrzeuge. Durchschnittsauto wird kleiner und differenziert sich in Langstreckenfahrzeuge und lokal eingesetzte Fahrzeuge.	Wachstum von Kleinst-Fahrzeugen.

4.2 Modellierung von Neuwagenmarkt und Fahrzeugpark für die Region Basel

In diesem Kapitel werden die Resultate der (Schweiz-repräsentativen) TA-SWISS Studie (2013) auf die Region Basel angepasst und skaliert.

Der Neuwagenmarkt bis 2030 wird modelliert, indem die prognostizierten Werte für den Neuwagenmarkt für beide Basel mit den skalierten Markpenetrationen der unterschiedlichen Fahrzeugklassen multipliziert und kalibriert werden. Für die Modellierung der (statischen) Fahrzeugflotte wird ein Flottenmodell verwendet: Jährlich kommen die Neuzulassungen hinzu, während ein Teil der älteren Flotte ausscheidet. Dies wird über sogenannte Überlebensraten je Kohorte simuliert: In Abhängigkeit von der Fahrzeuggrössenklasse sowie dem Alter wird jedes Jahr ein Teil jeder Kohorte ausser Dienst gesetzt. Jährlich werden etwa 7.5 % des Gesamtbestandes ersetzt. Damit dauert es länger als zehn Jahre, bis der Bestand umgewälzt wird; erst nach mindestens fünf Jahren zeigen sich technologische Trendbrüche auch im Gesamtbestand deutlich. Ausgehend von der statischen Fahrzeugflotte wird sodann die

so genannte dynamische Flotte berechnet. Dazu wird den Fahrzeugkohorten eine jährliche Fahrleistung zugeordnet – in Abhängigkeit vom Alter. Je älter ein Auto ist, desto mehr nimmt seine jährliche Fahrleistung ab.

Zusätzlich werden die kantonalen Besonderheiten untersucht, um die Affinität für Elektrofahrzeuge zu bestimmen und die Marktpenetrationen der Elektrofahrzeuge dementsprechend anzupassen. Die Inputdaten und -parameter sind bewusst gleich für alle drei Szenarien, obwohl es gewisse Unterschiede geben könnte. Grund dafür ist die Gewährleistung der Vergleichbarkeit zwischen den Szenarien und der Kompatibilität mit TA-SWISS (2013) beziehungsweise mit den BFE-Energieperspektiven (Prognos 2012).

4.2.1 Entwicklung von Wohnbevölkerung und Neuzulassungen in der Region Basel

Die ständige Wohnbevölkerung für beide Kantone von 1990 bis 2012 wird den Erhebungen des Bundesamts für Statistik (BFS 2013a) entnommen. Die Werte beziehen sich auf den Bevölkerungsstand jeweils am 1. Januar. Die Prognose der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt das „mittlere Szenario“ des BFS (2010) für BS und die kantonalen Bevölkerungsprognosen für BL (ebenfalls „mittleres Szenario“, ART 2011). Es ist zu beachten, dass die aktuellsten kantonalen Bevölkerungsprognosen für BS etwas höher liegen und deswegen davon auszugehen ist, dass der zukünftige Fahrzeugbestand für BS tendenziell leicht unterschätzt wird.

Abbildung 8 stellt die Entwicklung der Wohnbevölkerung bis 2030 dar. Für BL zeichnet sich eine ständige Steigerung der Wohnbevölkerung ab, die zu ungefähr 290'000 Einwohnern im Jahr 2030 führen wird. Der Sprung im Jahr 1994 ist auf die Gemeinde Laufental zurückzuführen, die nach einer Volksabstimmung vom Kanton Bern an den Kanton BL überging. Für BS wird eine gewisse Stagnation in der Entwicklung der Wohnbevölkerung vorhergesagt, welche 200'000 Einwohner nicht übersteigen sollte. Diese Werte werden für die Abschätzung des zukünftigen Neuwagenmarkts und Fahrzeugenbestandes verwendet.

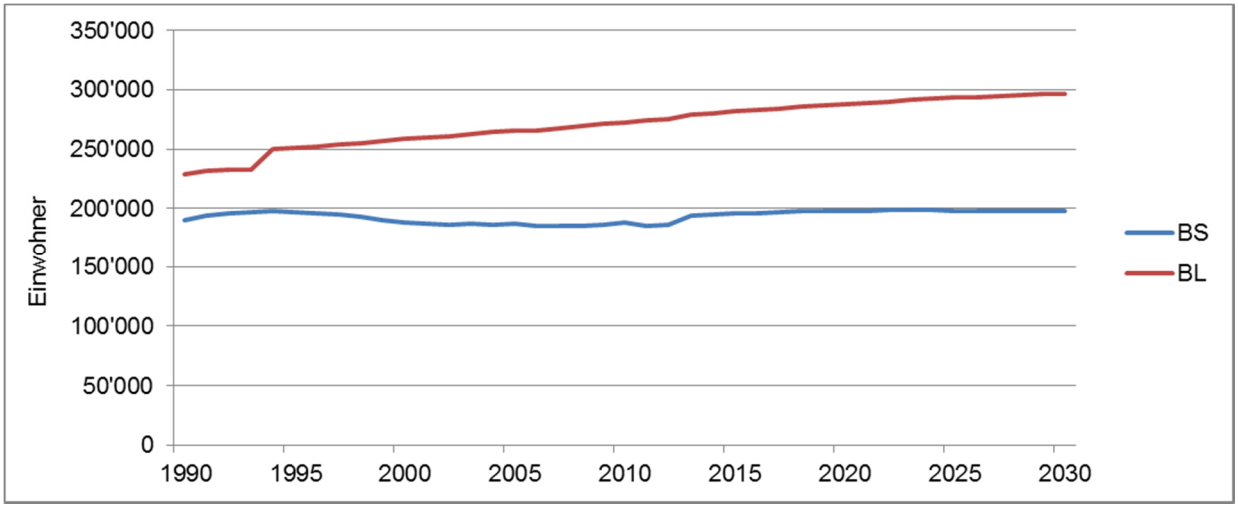

Abbildung 8: Entwicklung der Wohnbevölkerung bis 2030.

Die historischen Daten von 1990 bis 2012 für die Inverkehrsetzung neuer Personenwagen in BS und BL werden den Erhebungen des Bundesamtes für Statistik (BFS 2013b) entnommen. Die zukünftige Entwicklung der Neuzulassungen wird anhand des mittleren, historischen Verhältnisses zwischen Neuzulassungen und Wohnbevölkerung und der zukünftigen Entwicklung der Wohnbevölkerung bestimmt. Das Verhältnis zwischen Neuzulassungen und Wohnbevölkerung wird aus historischen Daten für beide Kantone bestimmt. Abbildung 9 zeigt dieses Verhältnis zwischen 1990 und 2012. Der Mittelwert des Verhältnisses der letzten

10 Jahren (zwischen 2003 und 2012) wird für die Berechnungen verwendet und beträgt 0.041 für BS und 0.032 für BL.

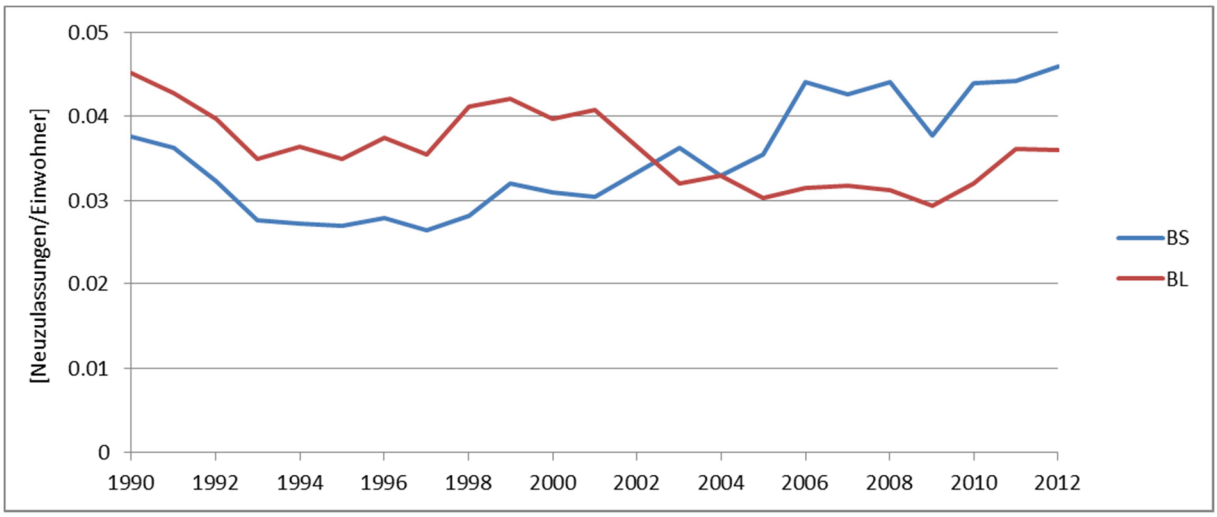

Abbildung 9: Historische Entwicklung des Verhältnisses zwischen Neuzulassungen und Einwohner.

Abbildung 10 stellt die historischen und zukünftigen Neuzulassungen in beiden Kantonen dar. Aufgrund der stagnierenden Bevölkerung werden die Neuzulassungen pro Jahr in BS konstant bleiben, bei rund 8'000 Fahrzeugen. In BL werden die Neuzulassungen leicht unter 10'000 Fahrzeugen pro Jahr liegen.

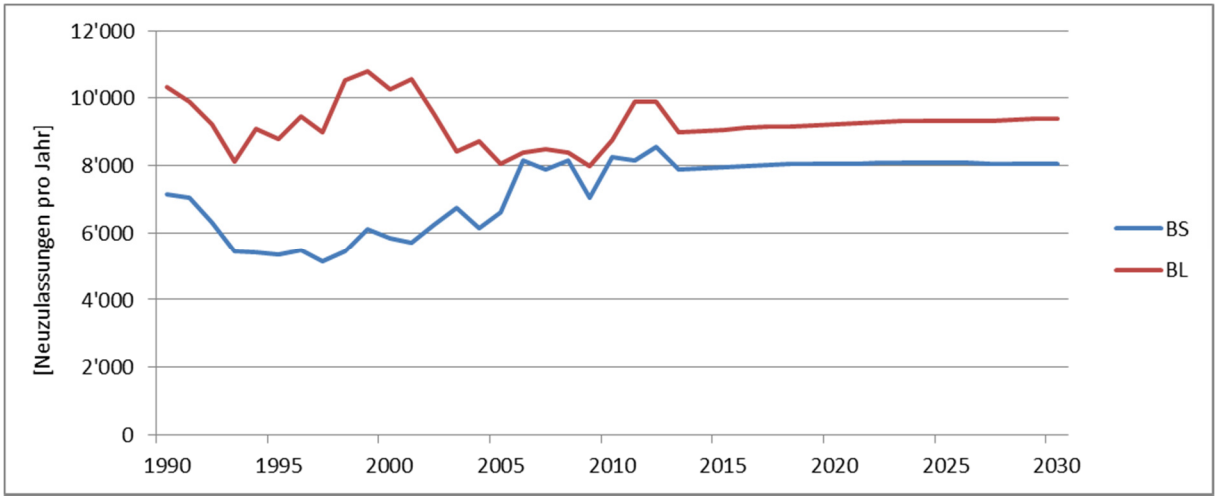

Abbildung 10: Entwicklung der Neuzulassungen bis 2030.

4.2.2 Entwicklung von Fahrzeugbestand und Fahrleistung in der Region Basel

Der Personenwagenbestand von 1990 bis 2012 wird aus BFS (2013c) entnommen. Der Bestand ist sehr konstant für BS und liegt etwas über 60'000 Fahrzeugen in den letzten Jahrzenten. Die historische Entwicklung für BL zeigt konstantes Wachstum mit einem Sprung im Jahr 1994, der auf die Gemeinde Laufental zurückzuführen ist (Abbildung 11). Der zukünftige Personenwagenbestand wird mittels der Entwicklung des Motorisierungsgrades (Personenwagen pro tausend Einwohner) und der Wohnbevölkerung prognostiziert. Die berechnete Entwicklung des Fahrzeugbestandes bis 2030 ist in Abbildung 11 ersichtlich. Für BS zeichnet sich eine leichte Zunahme der Fahrzeuge ab, deren Bestand knapp 76'000 Einheiten im Jahr 2030 erreichen sollte. Demgegenüber steht eine konstante Steigerung des Fahrzeug-

bestandes in BL, welche insbesondere auf das Bevölkerungswachstum zurückzuführen ist. Im Jahr 2030 sollte der Fahrzeugbestand fast 160'000 Einheiten erreichen.

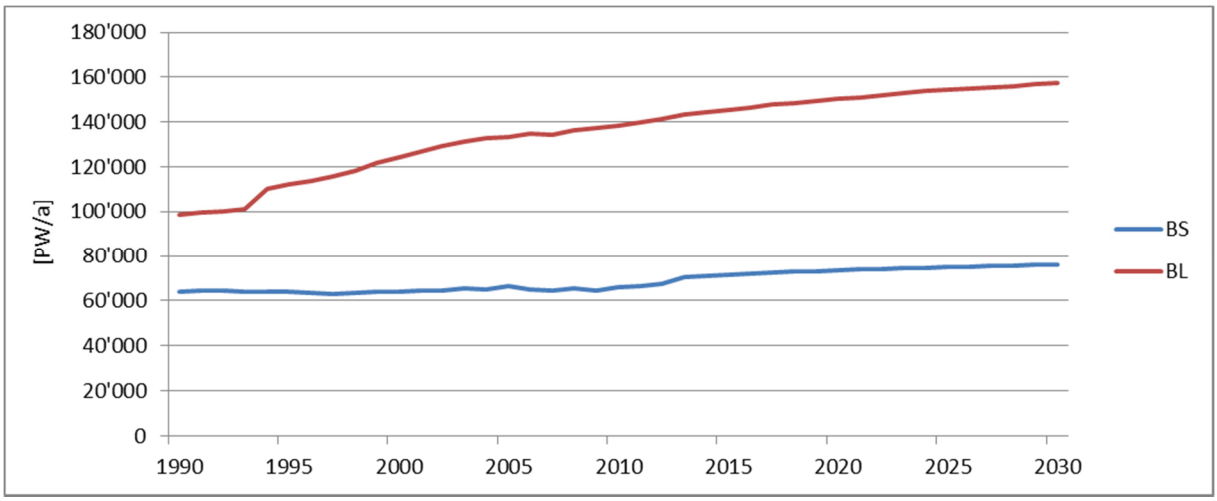

Abbildung 11: Entwicklung des Fahrzeugbestandes bis 2030.

Abbildung 12 zeigt den historischen Motorisierungsgrad bis 2012. Die mittlere jährliche Zuwachsrate zwischen 2003 und 2012 beträgt 0.35% für BS und 0.30% für BL. Diese konstante Zuwachsrate wird bis zum Jahr 2030 fix angewendet, um die zukünftigen Motorisierungsgrade der beiden Kantone zu berechnen. Die so resultierenden Motorisierungsgrade betragen 385 Personenwagen pro tausend Einwohner im Jahr 2030 für BS und 543 für BL.
In jüngster Zeit wird zunehmend postuliert, dass der im Kommunikationsbereich sichtbare Trend weg vom Besitz hin zum Gebrauch sich auch beim Besitz von Autos manifestieren könnte (vermehrtes Carsharing oder privates Autoteilen). In den Daten der Motorfahrzeugämter lässt sich ein solcher Trend jedoch noch nicht identifizieren. Die vorliegenden Annahmen zum weiter steigenden Motorisierungsgrad berücksichtigen einen solchen Trend nicht, damit wird der Fahrzeugbestand möglicherweise tendenziell überschätzt.

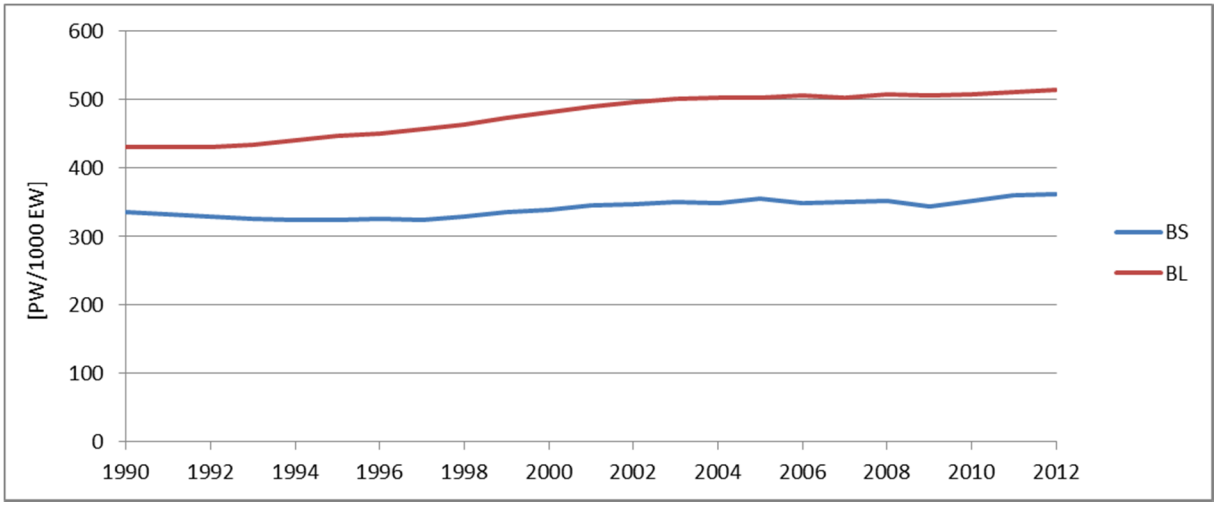

Abbildung 12: Historische Entwicklung des Motorisierungsgrades.

Tabelle 6 zeigt die Werte für die Fahrleistungen aus dem Gesamtverkehrsmodell (GVM) auf dem Territorium BS/BL (Zustand Ist 2008 und Referenzzustand 2030). Die Werte entsprechen dem durchschnittlichen Werktagsverkehr (DWV). Um die totale jährliche Fahrleistung in

Fzkm zu errechnen, wurden diese Werte mit 0.92 (zur Berechnung des durchschnittlichen Tagesverkehrs) und mit 365 Tagen multipliziert.

Tabelle 6: Zusammenstellung Fahrzeugkilometer auf dem Territorium der Kantone BS/BL (GVM Basel).

2008	DWV	Mio. Fzkm
BL	5'077'853	1'705
BS	1'730'178	581
BL+BS	6'808'031	2'286

2030	DWV	Mio. Fzkm
BL	5'600'965	1'881
BS	1'879'718	631
BL+BS	7'480'683	2'512

Anhand dieser Werte und des Fahrzeugbestandes wurden die jährlichen, durchschnittlichen Fahrleistungen für das Jahr 2008 berechnet. Diese wiederum wurden mit den jeweiligen Fahrzeugbeständen multipliziert, um die jährlichen, totalen Fahrleistungen (in Fzkm) für beide Kantone zu bestimmen (Abbildung 13). Die Annahme, dass die Fahrleistungen pro Jahr und Fahrzeug ab dem Jahr 2008 fix bleiben, führt zu leicht höheren Werten für die totale Fahrleistung im Jahr 2030, im Vergleich zu den GVM-Annahmen. Diese Unterschiede sind auf unterschiedliche Einschätzungen zur Entwicklung der Neuwagenzulassungen und des Personenwagenbestands zurückzuführen und können als vernachlässigbar betrachtet werden. Weiter wird angenommen, dass die berechneten Fahrleistungen auf dem Territorium von BS/BL ausschliesslich von in BS/BL immatrikulierten Fahrzeugen zurückgelegt werden. Das heisst, dass keine Fahrzeuge von ausserhalb (also D/F, Nachbarkantone AG, BE, SO) ins Untersuchungsgebiet hineinfahren. Diese Annahme könnte zu einem leicht überschätzten Bedarf an Ladestationen im Bereich W&C, S&C und C&C führen, da die Region Basel einen überdurchschnittlichen Anteil an Elektrofahrzeugen aufweist. Gleichwohl ist es aber möglich, dass eine starke Förderung der Elektromobilität und eine entsprechend optimale Ladeinfrastruktur in der Region Basel dazu führen könnte, dass v.a. Pendler ausserhalb der Region vermehrt Elektrofahrzeuge einsetzen würden. Der Bedarf an H&C ergibt sich ausschliesslich aus Fahrzeugen, die in der Region Basel immatrikuliert sind und ist von dieser Annahme nicht betroffen.
Erwähnenswert ist, dass in BS deutlich mehr Neuwagen pro Kopf und Jahr gekauft werden als im schweizerischen Durchschnitt (und in BL). Der Motorisierungsgrad ist jedoch unterdurchschnittlich (wie es für eine stark städtisch geprägte Region zu erwarten ist). Die im Relativvergleich hohe Kaufkraft in BS führt zu einem höheren Anteil Neuwagenkäufer und einem entsprechenden „Export“ von Gebrauchtfahrzeugen in andere (inländische oder ausländische) Regionen.

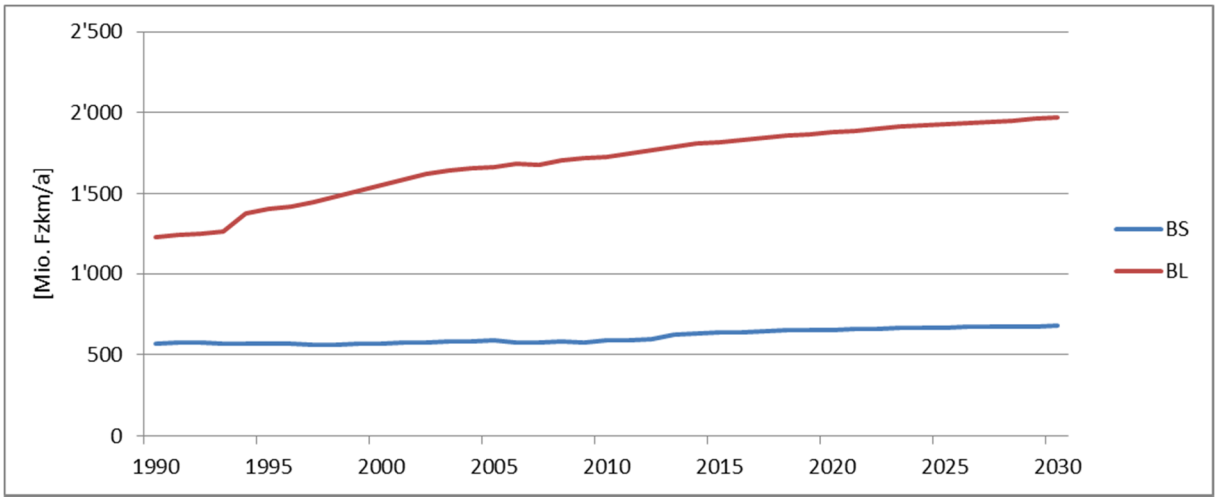

Abbildung 13: Jährliche Fahrleistungen (inklusive aussenkantonalen Verkehr) bis 2030.

4.2.3 Einfluss soziodemographischer Grössen auf die Anzahl neuer Elektromobile

Die TA-SWISS-Studie hat 3 Szenarien und entsprechende Marktpenetrationen für die Schweiz entwickelt. Wenn man die Verteilung von Elektrofahrzeugen auf kantonaler Ebene betrachtet, weichen die einzelnen kantonalen Marktpenetrationen vom schweizerischen Durchschnitt ab. Grund dafür sind soziale und demographische Unterschiede zwischen den Kantonen, welche die Affinität für Elektromobilität beeinflussen werden. Daneben gibt es weitere Faktoren wie das Klima, die Topographie und die politischen Rahmenbedingungen, die die Markdurchdringung und den Erfolg der Elektromobilität bestimmen werden. Ziel dieses Teils der kantonalen Anpassung ist, die Unterschiede zwischen BS und BL und dem schweizerischen Durchschnitt zu quantifizieren und die Szenarien der Marktpenetrationen dementsprechend anzupassen.

In diesem Schritt der kantonalen Anpassung werden die Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (BFS/ARE 2010) für die Schweiz und für alle Kantone analysiert. Im Rahmen des Mikrozensus (MZ) Mobilität und Verkehr werden alle fünf Jahre Tausende Personen telefonisch zu ihrem Verkehrsverhalten befragt. Im Jahr 2010 haben 63'000 Einzelpersonen in der ganzen Schweiz an der Befragung teilgenommen. Beide Kantone haben ihre Stichprobe mit Zusatzinterviews verdichtet und es stehen n = 1'253 Datensätze für BS beziehungsweise n = 1'810 für BL zur Verfügung.

In einer ersten Phase werden anhand der Rohdaten und des Fragebogens wichtige Kriterien identifiziert, welche die Affinität für Elektromobilität beeinflussen können. Es wird diesbezüglich angenommen, dass diese Faktoren sich mit der Zeit nicht verändern werden und dass die Unterschiede für alle drei Szenarien innerhalb eines Kantons gelten. Tabelle 7 zeigt die identifizierten Kriterien und deren Einfluss auf die Affinität für die Elektrofahrzeuge.
In einem nächsten Schritt wird für jedes Kriterium die relative, prozentuale Abweichung von den Kantonen zum schweizerischen Durchschnitt geprüft und ein kantonales Ranking festgelegt. Die Kantone werden anschliessend in fünf unterschiedliche Kategorien eingeteilt («--», «-», «0», «+», «++»). Um die Kantone zu verteilen, werden jeweils manuell Schwellenwerte festgelegt, welche die Grenzen zwischen den einzelnen Kategorien determinieren. Dadurch wird eine ähnliche Verteilung der Kantone für jedes Kriterium gewährleistet.

Tabelle 7: Wichtige Kriterien und Resultate im Zusammenhang mit der Elektromobilität aus den MZ-Daten.

	Kriterium	Einfluss	Resultate			
F1	Anzahl Autos pro Haushalt	Mehr-Auto-Haushalte haben höhere Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb. Elektrofahrzeuge können als Zweitauto eingesetzt werden.	Fz/Haushalt	BS	BL	CH
			>=2 relativ	27%	88%	100%
			Kategorie	– –	–	0
F2	Verteilung der Autofahrtlängen	Klassengrenzen der Verteilung: Gemäss Klassengrenzen des MZ Mobilität und Verkehr. Gilt als Grundlage für F3.	Nicht anwendbar			
F3	Anteil Autofahrten >50 km	Falls tägliche Fahrtlängen länger als 50 km, dann kein Elektroauto.	Wege	BS	BL	CH
			>=50 relativ	115%	79%	100%
			Kategorie	0	0	0
F4	Primärer Auto-Fahrzweck	Falls primärer Auto-Fahrzweck Freizeit, dann Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb halb so gross als wenn Pendeln.	Nicht anwendbar			
F5	Verteilung der Ausbildungsstufen	Falls FH-Abschluss oder höher dann Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb.	Abschluss	BS	BL	CH
			>= FH	202%	101%	100%
			Kategorie	++	0	0
F6	Motorisierungsgrad	Bevölkerung mit einem PKW zur ständigen Verfügung, haben höhere Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb.	PKW	BS	BL	CH
			Immer verfüg.	63%	96%	100%
			Kategorie	– –	0	0
F7	Carsharing[1]	Mitgliedschaft bei Carsharing-Organisation reduziert die Reichweite-Problematik. Ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor für lange Fahrten kann gemietet werden.	Mitgliedschaft	BS	BL	CH
			ja	259%	108%	100%
			Kategorie	++	0	0
F8	Verteilung nach Einkommen-Kategorien	Höheres Einkommen führt zu höherer Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb	Nicht anwendbar			
F 9	Verteilung nach Haushaltstyp	Haushalte ohne Kinder haben höhere Wahrscheinlichkeit für Elektrofahrzeuge-Erwerb	Haushalte	BS	BL	CH
			ohne Kinder	121%	109%	100%
			Kategorie	++	+	0

Schliesslich wird jeder Kategorie ein Multiplikationsfaktor zugeteilt, der die Marktpenetration der Elektrofahrzeuge kalibriert. Der Bereich, welche diese Multiplikationsfaktoren annehmen können, wurde zwischen 0.9 und 1.1 festgelegt. Grund dafür ist die Annahme, dass jedes

[1] Andererseits kann gemutmasst werden, dass die heutigen Carsharing-Fahrzeuge mehrheitlich als Zweitauto eingesetzt werden, was den Elektrofahrzeugen Konkurrenz machen würde, da Elektrofahrzeuge oft auch als Zweitauto eingesetzt werden. Das Kriterium F7 erachtet jedoch nicht unbedingt die heutigen Carsharing-Nutzer als die künftigen Elektromobilität-Pioniere. Eine gute Präsenz von Carsharing-Organisationen auf dem Kantonsgebiet ist deshalb potenziell förderlich für die Marktpenetration von Elektroautos, weil künftige Elektro-Pioniere die Reichweitenproblematik über Carsharing lösen können, wenn sie ein Elektroauto als Alleinauto kaufen möchten.

Kriterium nicht mehr als 10% positive oder negative Wirkung auf die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge haben kann. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Kategorien, die Schwellenwerte (als Beispiel, werden für jeden Kanton leicht anders sein, je nach Verteilung), die ungefähre Verteilung innerhalb der Kategorien und die dazugehörigen Multiplikationsfaktoren.

Tabelle 8: Einteilung der Kantone in den unterschiedlichen Kategorien.

Kategorien	—	–	0	+	++
Schwellenwerte (Beispiel)	< 70%	70%-89%	90%-110%	111%-130%	> 130%
Verteilung Kantone (ungefähr)	3	6	9	6	3
Multiplikationsfaktor	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10

Tabelle 7 fasst die Resultate der Analyse zusammen (rechter Teil). BS repräsentiert eine relativ geringe Anzahl an Haushalten mit zwei oder mehr Fahrzeugen (F1) und gehört zur Kategorie «--». BL hat auch eine geringere Anzahl im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt und gehört zur Kategorie «-». Der Anteil an Befragten, die tägliche Autofahrten mit mehr als 50km Distanz zurücklegen, ist eher gering (6.25% für die Schweiz). Obwohl die relativen Unterschiede für BS und BL eher gross sind, spielen diese Abweichungen absolut gesehen eine vernachlässigbare Rolle, weshalb beide Kantone in die Kategorie «0» eingeteilt wurden. In der Verteilung der Ausbildungsstufen (F5) fällt der überdurchschnittliche Wert von BS auf. BS gehört deswegen zur Spitzengruppe, während BL im Durchschnitt liegt. Der Motorisierungsgrad liefert tiefere Werte für BS, was zur Kategorie «--» führt (63%), während BL knapp im schweizerischen Durchschnitt liegt (96%). Die Resultate für F7 zeigen, dass BS überdurchschnittliche Werte für Mitgliedschaften bei Carsharing-Organisationen hat (Kategorie «++»), während BL wiederum im Durchschnitt liegt. Beim letzten Kriterium (F9) führt BS die Spitzengruppe an, zumal der höchste Anteil an Haushalten ohne Kinder erreicht wird. BL zeigt auch eher höhere Werte, was zur Kategorie «+» führt.

Drei Kriterien wurden nicht berücksichtigt. F2 galt als Grundlage für F3 und wurde nicht als gesondertes Kriterium untersucht. Ausser im Falle von drei Kantonen stellt Freizeit immer den primären Auto-Fahrzweck dar (trifft auch für BS und BL zu). Aus diesem Grund wird F4 nicht weiter verfolgt. Die Verteilung nach Einkommenskategorien hat eine geringere Erklärungskraft als die Ausbildungsstufen (F5), da es viele Datenlücken gibt und die Granularität eher grob ist, weshalb F8 nicht berücksichtigt wird.

4.2.4 Einfluss weiterer Standortfaktoren auf die Anzahl neuer Elektromobile

In diesem Schritt werden weitere Kriterien untersucht, die einen Einfluss auf die Verbreitung der Elektromobilität haben, aber von den Mikrozensus-Daten nicht berücksichtigt worden sind. Die gleiche Methodik wie im vorherigen Kapitel wird angewendet, aber die Zuteilung der beiden Kantone in den unterschiedlichen Kategorien wurde qualitativ geschätzt und anschliessend zusammen mit den Projektträgern abgestimmt und angepasst. Die Multiplikationsfaktoren wurden auch in diesem Fall zwischen 0.9 und 1.1 für alle Kriterien festgelegt. In der Tabelle 9 werden die Kriterien beschrieben und deren Einfluss für BS und BL gezeigt.

Tabelle 9: Wichtige Standortfaktoren in Zusammenhang mit der Elektromobilität.

	Kriterium	Einfluss	Resultate	Bemerkung
P1	Policy	Förderung der Elektromobilität durch Behörden und öffentliche Hand. Wie stark wird die Verbreitung der Elektrofahrzeuge durch fördernde Massnahmen unterstützt?	BS: + BL: 0	BS wird mutmasslich die Elektromobilität aktiv fördern (passend zum Status als EnergieStadt und novatlantis-Pilotregion), während BL nicht vom schweizerischen Durchschnitt abweicht.
P2	Bereitschaft für Innovation	Wenn ein grösserer Teil der Bevölkerung Freude und Interesse für Innovation hat, werden neue Technologien schneller eingesetzt.	BS: + + BL: +	Beide Kantone sind innovativ im Bereich Nachhaltigkeit. BS gehört zur Spitzengruppe, BL ist über dem schweizerischen Durchschnitt.
P3	Existierende Ladeinfrastruktur / Pilotprojekte	Pilotprojekte und bestehende Ladeinfrastruktur können die Verbreitung der Elektrofahrzeuge und die Bereitschaft der Bevölkerung positiv beeinflussen.	BS: + BL: 0	Pilotprojekte wurden schon in BS umgesetzt und können die Bereitschaft der Bevölkerung positiv beeinflussen. BL unterscheidet sich nicht vom schweizerischen Durchschnitt.
P4	Anzahl Pendler	Regelmässige, eher kurze Pendeldistanzen sind geeignet, um mit Elektrofahrzeugen zurücklegt zu werden.	BS: 0 BL: +	BL hat eine grosse Anzahl an Pendler, die regelmässig nach BS fahren.
P5	Einfluss Qualität ÖV-Netz	Sehr gute ÖV-Netze stellen eine gute Alternative zu MIV. Stadtzentren zeigen tiefere Motorisierungsgrade und die Durchdringung von Elektrofahrzeugen kann gehemmt werden.	BS: – – BL: –	Beide Kantone weisen sehr gute ÖV-Netze auf, welche eine valide Alternative zum MIV darstellen. Insbesondere BS, mit einem dicht bebauten und sehr gut erschlossenen Gebiet, weist sehr gute Bedingungen für ÖV-Mobilität auf.
P6	Topographie	Grosse Höhenunterschiede können die Reichweite der Elektrofahrzeuge deutlich verringern. Fahrleistungen auf Strassen ohne Höhenunterschiede sind von Vorteil für Elektrofahrzeuge.	BS: + + BL: +	BS weicht topographisch gesehen stark vom schweizerischen Durchschnitt ab: Das Gebiet weist praktisch keine Höhenunterschiede auf, die ganze Fahrleistung findet auf einem Strassennetz ohne grössere Steigungsabschnitte statt. Auch BL weist ein im Vergleich mit dem schweizerischen Durchschnitt leicht flacheres Gebiet auf.
P7	Klima	Die Leistung der Batterien hängt stark von der externen Temperatur ab. Insbesondere kalte Temperaturen reduzieren die Effizienz und die Reichweite der Batterie. Die Heizung- und die Klimaanlage verbrauchen ebenfalls Energie und reduzieren die Reichweite.	N/A	Dieses Kriterium wird für die Schweiz nicht berücksichtigt. Das Klima ist zwar nicht in allen Kantonen identisch, aber aus Sicht der Elektromobilität dennoch sehr ähnlich: Es gibt keine Kantone, wo im Winter die Temperatur nicht unter 0 C fällt, oder wo im Sommer keine Hitzetage (mit entsprechender Nachfrage nach Kühlung im Auto) erreicht werden.

4.3 Modellierung der Anzahl Ladevorgänge und Anzahl Ladestationen

4.3.1 Entwicklung Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge

Für die Entwicklung des Energiebedarfs auf Fahrzeugebene bzw. die Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge im Betrachtungszeitraum wird auf die TA-SWISS-Studie abgestellt. In Tabelle 10 ist die Entwicklung des Stromverbrauchs und damit der Energieeffizienz pro gefahrenen Kilometer je Fahrzeugkategorie und Zeitschnitt (2014 bis 2030) ersichtlich. Zu diesem Zweck wurden die Werte zwischen 2012, 2020 und 2030 interpoliert. Im Anhang (siehe Tabelle 17) ist die Datengrundlage für die einzelnen Jahre zwischen 2014 und 2030 ersichtlich. Die Verluste durch die Ladeinfrastruktur sind dabei nicht eingerechnet (Gegenstand des Abschnitts 4.3.2).

Tabelle 10: Entwicklung des Energiebedarfs bzw. der Energieeffizienz je Fahrzeugkategorie

Fahrzeugkategorie	Einheit	2014	2020	2025	2030
EV Fullsize	kWh/Km	0.3	0.26	0.24	0.22
EV Compact	kWh/Km	0.21	0.18	0.16	0.15
EV Micro	kWh/Km	0.17	0.14	0.13	0.13
EV L5e+L6e+L7e	kWh/Km	0.08	0.07	0.06	0.06
Durchschnittlicher Effizienzzugewinn EV vs. 2014	Prozent	0	15	21	27
PHEV Fullsize	kWh/Km	0.2	0.2	0.19	0.19
PHEV Compact	kWh/Km	0.15	0.14	0.13	0.13
PHEV Micro	kWh/Km	0.12	0.12	0.11	0.11
PHEV L5e+L6e+L7e	kWh/Km	0.06	0.05	0.05	0.05
Durchschnittlicher Effizienzzugewinn PHEV vs. 2014	Prozent	0	4	7	10

Die Entwicklung der Energieeffizienz deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen weiterer Studien, bspw. IEA (2011), U.S. DOE (2010) oder Nielsen und Jørgensen (2000).

4.3.2 Verluste in Ladestationen

Es wird davon ausgegangen, dass bei jedem Ladetyp (H&C, W&C, S&C, C&C) jeweils die gleiche Strommenge in die Batterie geladen wird. Generell wird angenommen, dass es vornehmlich bei tiefem state of charge (SOC) zu Ladevorgängen des Typs S&C bzw. C&C kommt und dass bei Ladevorgängen des Typs H&C bzw. W&C mehr Zeit für vollständiges Laden zur Verfügung steht. Effekte wie unvollständige Ladevorgänge bei S&C bzw. C&C und Ladevorgänge trotz hohem SOC (H&C, W&C) dürften sich dabei in etwa die Waage halten.
Übereinstimmend mit der Betrachtung des Energiebedarfs auf Fahrzeugebene wird auch für die Entwicklung der Energieeffizienz der Ladegeräte im Betrachtungszeitraum auf die TA-SWISS-Studie abgestellt. In Tabelle 11 ist die Entwicklung des mittleren Wirkungsgrades je Zeitschnitt (2014 bis 2030) ersichtlich. Zu diesem Zweck wurden die Werte zwischen 2012, 2020 und 2030 interpoliert. Im Anhang (siehe Tabelle 18) ist die Datengrundlage für die einzelnen Jahre zwischen 2014 und 2030 ersichtlich.

Tabelle 11: Entwicklung des Wirkungsgrades der Ladegeräte

Parameter	Einheit	2014	2020	2025	2030
Durchschnittlicher Wirkungsgrad Ladegerät	Prozent	91	93	94	94

Es handelt sich dabei um eine relativ konservative Einschätzung der Entwicklung. So hat die Forschung bereits ein Ladegerät für Elektrofahrzeuge mit 97% Wirkungsgrad hervorgebracht

(Fraunhofer ISE 2011). Aktuell erhältliche Geräte erreichen bereits Wirkungsgrade von 92-95% (ABB 2014), 93-95% (EVTEC 2014) und 93 bis über 94% (Brusa 2014).

4.3.3 Abschätzung Aufteilung Flotten-/Privatfahrzeuge

Da es in der Schweiz im Gegensatz zu den meisten europäischen Ländern keine offizielle Statistik über Flottenfahrzeuge gibt, sind verlässliche nationale und insbesondere kantonale Daten zum Anteil an Flottenfahrzeugen im PW-Segment leider kaum verfügbar. Branchenkenner schätzen, dass rund 35% aller in der Schweiz verkauften neuen Autos firmeneigene Flottenfahrzeuge sind (NZZ 2009). Für den Zweck dieser Studie gelten jedoch nicht alle Firmenfahrzeuge als Flottenfahrzeuge, sondern nur diejenigen, welche nachts in der Geschäftsliegenschaft verbleiben und nicht bei einem Wohnhaus stehen. Gemäss Auto-i-Dat, einem Datenlieferanten der Schweizerischen Autobranche, können rund 500'000 Personenwagen als reine Firmenwagen identifiziert werden (NZZ 2012). Im Vergleich zu den 4.1 Millionen Fahrzeugen, die im Jahr 2012 im Verkehr waren, entspricht dies einem Anteil von 12%. Aufgrund der Datenunsicherheiten wird vorgeschlagen, dass der Anteil an Flottenfahrzeugen, die auch nachts bei der Geschäftsliegenschaft verbleiben, auf 10% konstant über alle Szenarien sowie alle Stichjahre geschätzt wird.

4.3.4 Aufteilung der Ladevorgänge auf Ladetypen

Studien in den USA (Smart und Schey 2012) und in Deutschland (Franke und Krems 2013) zeigen, dass das Laden zu Hause mit 82% respektive 83.7% am Häufigsten genutzt wird. Eine Studie aus England (Robinson et al. 2013) zeigt insofern ein leicht anderes Verhaltensmuster, als dass H&C und W&C zusammen ca. 70% der Ladevorgänge ausmachen, wobei H&C alleine nur 38% ausmacht. Bei dieser Studie hatten die Teilnehmer in der Regel eine Lademöglichkeit am Arbeitsplatz. Die ersten beiden Studien hingegen haben W&C nicht explizit berücksichtigt, sondern nur den Vergleich zwischen H&C und anderen Ladeformen gemacht. Die Nationale Plattform Elektromobilität in Deutschland prognostiziert, dass das Normalladen im privaten Raum (dazu zählen Ladepunkte im privaten beziehungsweise gewerblichen Raum, d.h. H&C und W&C) bis 2020 ca. 80% der gesamten Ladepunkte ausmacht (NPE 2012).

Basierend auf diesen Studien lässt sich für die Region Basel die durchschnittliche Verteilung von Ladevorgängen für H&C und W&C auf 80% schätzen, während dementsprechend 20% der Ladevorgänge auf S&C und C&C entfallen.
Die Aufteilung der 80% zwischen H&C und W&C kann grob anhand von Mikrozensus-Daten (ARE/BFS 2010) zum Fahrtenzweck abgeschätzt werden. Es zeigt sich, dass knapp 25% aller Personen-Kilometer auf den Weg von und zum Arbeitsplatz entfallen. Da nur der Hin- oder Rückweg berücksichtigt werden muss, wird die Hälfte davon, also 12.5%, als Richtwert für die Anzahl W&C Ladevorgänge verwendet. Dementsprechend werden im Durchschnitt 67.5% der Ladevorgänge vom Typ H&C sein.

Die Aufteilung der 20% zwischen S&C und C&C lässt sich derzeit nur schwer abschätzen. Norwegen kann hier als erster Blick in die nahe Zukunft dienen. In Norwegen hatten im Jahr 2013 Elektrofahrzeuge (EV und PHEV) weltweit den höchsten Anteil an den Neuwagenbeschaffungen. Mittlerweile sind in Norwegen ca. 15'000 Elektrofahrzeuge auf den Strassen unterwegs (Transnova 2013). Insgesamt gibt es derzeit über 4'900 Ladepunkte an über 1'300 Ladestationen. Davon sind aktuell knapp 300 Ladestationen Schnellladestationen mit 22kW Leistung und mehr (NOBIL 2014). Aus den Daten ist nicht ersichtlich wie stark die Ladestationen genutzt werden, aber eine grobe Schätzung von 25% C&C und 75% S&C scheint hier vernünftig zu sein. Die eruierten Werte sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Übersicht Aufteilung Ladevorgänge nach Ladetyp

Ladetyp	% aller Ladevorgänge
H&C	67.5%
W&C	12.5%
S&C	15%
C&C	5%

4.3.5 Anzahl Ladevorgänge pro Ladestation

In der Pilotstudie von Robinson et al. (2013) haben die Probanden ihr Elektrofahrzeug im Durchschnitt 3.1-mal pro Woche aufgeladen, bei einer typischen Tagesdistanz von 38km. Die Ladefrequenz eines Feldversuchs von BMW zeigt mit 2.8 Aufladungen pro Woche ein sehr ähnliches Bild (ebd.). Smart und Schey (2012) kommen für die USA zu einem leicht anderen Ergebnis. Hier wurden die Fahrzeuge im Durchschnitt einmal pro Tag aufgeladen, dies bei einer typischen Tagesdistanz von ca. 50km (30.3 Meilen). In dieser Studie wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Teilnehmer noch kaum Erfahrung im Umgang mit Elektrofahrzeugen hatten.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schliessen, dass die typische Distanz zwischen zwei Ladevorgängen bei reinen Elektrofahrzeugen zwischen 50-90km liegt. Bei einer durchschnittlichen Tagesdistanz von ca. 29km für die Region Basel würde sich daraus ein Ladevorgang alle 1.7 bis 3.1 Tage, respektive 4.1 bis 2.3 Ladevorgänge pro Woche, ergeben. Im Sinne eines konservativen Ansatzes wird vorgeschlagen, dass Elektrofahrzeuge in der Region Basel bei H&C jeden Tag aufgeladen werden, an dem das Fahrzeug benutzt wird. Da das Privatfahrzeug im Durchschnitt 1 bis 2 Mal pro Woche nicht bewegt wird, ergeben sich 5 bis 6 Ladevorgänge pro Woche, was umgerechnet 0.8 Ladevorgängen pro Tag entspricht. Bei W&C wird angenommen, dass diese jeden Tag aufgeladen werden. Dies vereinfacht auch die Modellierung denn für PHEV wird aufgrund der geringeren Batteriekapazität und einem finanziellen Anreiz vom Strompreis gegenüber Treibstoffen davon ausgegangen, dass diese sowieso jeden Tag aufgeladen werden.

Die Anzahl Ladevorgänge pro Ladestation bei S&C und C&C hängt stark vom Standort der Ladestation ab. Für das Schnellladen an stark frequentierten Durchfahrtsstrassen und Autobahnen (Ladetyp C&C), kann der Vergleich zu Erdgasfahrzeugen und Erdgastankstellen als Anhaltspunkt beigezogen werden. Gemäss der öffentlich zugänglichen Datenbank des BFS (2014) waren in der Schweiz 2013 ca. 8'500 Erdgasfahrzeuge immatrikuliert. Diese teilen sich hierzulande derzeit knapp 140 öffentliche Tankstellen (Erdgasfahren 2014a), was rund 60 Fahrzeuge pro Tankstelle ergibt. Bei einer typischen jährlichen Fahrleistung von rund 12'000km pro Jahr (BFS 2013) und einer typischen Reichweite von 260-560km bei Erdgasfahrzeugen im reinen Erdgasbetrieb (Erdgasfahren 2014b) ergibt sich eine Betankungsfrequenz von 21-48 Tankvorgängen pro Jahr. Je Erdgastankstelle bedeutet dies 1'260-2'880 Betankungen pro Jahr (60 x 21 bzw. 48). Heruntergerechnet auf einen einzelnen Tag ergibt dies 3.5-7.9 Betankungen pro Tag bzw. sechs Betankungen im Mittel. Es wird daher vorgeschlagen, sechs Ladevorgänge pro Tag bei einer C&C-Ladestation anzunehmen. Dies entspricht bei einer typischen Ladezeit von 0.5h einer Auslastung von 12% bei einem theoretischen 24-Stunden Betrieb.

Erdgasfahrzeuge sind im Vergleich zu Elektrofahrzeugen bereits deutlich etablierter. Man kann daher davon ausgehen, dass die Frequentierung von Erdgastankstellen höher ist als bei heute existierenden Schnellladestationen. Der hier vorgeschlagene Vergleich entspricht also kurzfristig gesehen einem konservativen Ansatz, mit dem die lokalen Lastspitzen eher überschätzt werden. Die Frequentierung von Schnellladestationen wird in Zukunft jedoch auch aus wirtschaftlichen Gründen steigen. Grobe Angaben zu Kosten von Schnellladestati-

onen von Electrosuisse, e'mobile und VSE (2012) lassen bei einer angenommenen Marge von 20% auf den Strompreis und bei Erreichung der Gewinnschwelle nach 10 Jahren eine Frequentierung von mindestens 10 Ladevorgängen pro Tag erwarten. Für die Jahre ab 2025 wird daher angenommen, dass bei C&C 10 Ladevorgänge pro Tag stattfinden werden. Dies entspricht bei einer typischen Ladezeit von 0.5h einer Auslastung von ca. 20% bei einem theoretischen 24-Stunden Betrieb.

Für Ladevorgänge vom Typ S&C, d.h. laden im öffentlichen Raum über eine Zeit von bis zu mehreren Stunden, gibt es keine gute Vergleichsbasis, um eine Aussage über die Anzahl Ladevorgänge pro Tag und je Ladestation zu machen. Es wird daher vorgeschlagen, die umgekehrt proportionale Verteilung zu H&C und W&C anzunehmen, d.h. anstatt ein Ladevorgang jeden zweiten Tag, wird von zwei Ladevorgängen pro Tag ausgegangen. Dies entspricht bei einer typischen Ladezeit von 2-4h einer Auslastung von 17-33% bei einem theoretischen 24-Stunden Betrieb.

Die Anzahl Ladevorgänge pro Ladestationen werden sich auch für die Ladetypen H&C, W&C und S&C in Zukunft verändern. Wohl v.a. für W&C und S&C Ladestationen kann bis 2030 eine stärkere Frequentierung erwartet werden. Da es derzeit jedoch noch keine empirischen Werte bzw. Studien gibt und die Marktpenetration von Elektrofahrzeugen schlicht noch zu gering ist, können hierzu keine verlässlichen Aussagen getroffen werden. Es wird für diese Studie daher eine konstante Anzahl Ladevorgänge pro Ladestation für H&C, W&C und S&C angenommen. Die eruierten Werte sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Übersicht über Anzahl Ladevorgänge pro Tag (für alle Szenarien gleich)

Ladetyp	2014	2020	2025	2030
H&C	0.8	0.8	0.8	0.8
W&C	1	1	1	1
S&C	2	2	2	2
C&C	6	6	10	10

4.3.6 Tageszeitliche Darstellung des künftigen Strombedarfs

Der tageszeitliche Verlauf des künftigen Strombedarfs von Elektrofahrzeugen ist eine wichtige Grösse zur Beurteilung der Netzstabilität in der Region Basel. Der Strombedarf – also die zusätzlich benötigte elektrische Leistung – setzt sich aus folgenden Faktoren zusammen:

- Ladeprofil im Tagesverlauf je Ladetyp (H&C, W&C, S&C und C&C), d.h. typische zeitliche Verteilung der Ladevorgänge
- Benötigte Energiemenge pro Ladevorgang
- Durchschnittliche elektrische Leistung während eines Ladevorgangs, je Ladetyp
- Anzahl Ladevorgänge je Ladetyp

Ladeprofil im Tagesverlauf

Es gibt derzeit wenige öffentlich zugängliche Untersuchungen, die die Verteilung der Ladevorgänge im Tagesverlauf analysiert haben. Robinson et al. (2013) haben in ihrer Studie das Ladeverhalten der Probanden untersucht und daraus Häufigkeitsverteilungen für verschiedene Ladetypen wie H&C und W&C erstellt (siehe Beispiel Abbildung 14). Diese Häufigkeitsverteilungen werden für die vorliegende Arbeit übernommen wobei eine stündliche Auflösung modelliert und berechnet wird.

Benötigte Energiemenge pro Ladevorgang
Die benötigte Energiemenge ergibt sich aus der typischen Fahrdistanz zwischen zwei Ladevorgängen, der Energieeffizienz pro Fahrzeugkategorie und Jahr (siehe Kapitel 4.3.1) sowie der Verluste während des Ladevorgangs (siehe Kapitel 4.3.2).
Es wird angenommen, dass die typische Fahrdistanz zwischen zwei Ladevorgängen für jeden Ladetyp gleich ist. Eine Unterscheidung wird jedoch zwischen reinen Elektrofahrzeugen und PHEV vorgenommen, da letztere über eine geringere Batteriekapazität verfügen (siehe auch Kapitel 4.3.5). Es wird angenommen, dass bei jedem Ladetyp (H&C, W&C, S&C, C&C) immer die gleiche Strommenge in die Batterie geladen wird, d.h. es wird nicht zwischen verschiedenen, typischen Tagesdistanzen in den beiden Kantonen unterschieden. Dies vereinfacht viele Modellschritte wesentlich. Zudem ist es in der Realität auch so, dass eine starke Durchmischung mit Fahrzeugen aus anderen Kantonen bzw. Regionen stattfindet und daher die Kantons-spezifische Tagesdistanz vielmehr eine statistische Grösse ist. Die durchschnittliche gefahrene Tagesdistanz für die Region Basel beträgt ca. 29km, ein Durchschnittswert, welcher sich aus den Distanzen für Basel-Stadt (24km) und Basel-Landschaft (34km) ergibt. Für ein EV der Compact-Klasse im Jahr 2020 würde dies zum Beispiel bedeuten, dass bei einer gefahrenen Distanz von 29km, einem Energiebedarf von 0.18kWh/km auf Fahrzeugebene und einem Wirkungsgrad des Ladevorgangs von 93% eine Energiemenge von 5.6kWh benötigt wird.

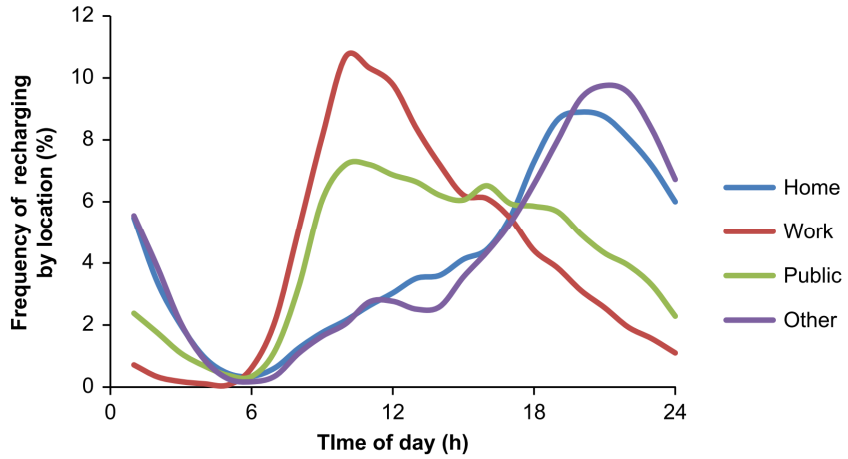

Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung von Ladevorgängen je Ladetyp

Durchschnittliche elektrische Leistung während eines Ladevorgangs, je Ladetyp
Für diese Studie wird angenommen, dass bei H&C, W&C und S&C eine durchschnittliche Leistung von 3kW bezogen wird. Dies entspricht einem Mix zwischen 10A und 16A Sockets. Die maximale Leistung eines 16A-Anschlusses wäre höher, aber eine Batterie kann nicht über alle SOC-Bereiche mit der vollen möglichen Leistung geladen werden. Speidel et al. (2012) haben eine Analyse von Lademengen und Ladezeiten erstellt. Bei durchschnittlichen 7.08kWh Strom pro Ladevorgang und einer durchschnittlichen Ladezeit von 2 Stunden und 33 Minuten ergibt sich eine Ladeleistung von knapp 2.8kW.
Für die Schnellladung im öffentlichen Raum wird eine mittlere Leistung von Type-2- und Type-3c-Steckdosen von 32kW angenommen, welche eine Leistung von 22 bis 43kW liefern.

Aus der durchschnittlichen elektrischen Leistung und der benötigten Energiemenge wird die typische Ladedauer berechnet und für die Modellierung des Tagesgangs verwendet.

Anzahl Ladevorgänge je Ladetyp
Die Anzahl Ladevorgänge je Ladetyp ergibt sich aus der Anzahl Ladestationen je Ladetyp und je Szenario, Sektor und Jahr (siehe auch Kapitel 4.3.5).

4.4 Bestimmung der räumlichen Aufteilung der Ladestationen

4.4.1 Home & Charge und Work & Charge

Die räumliche Positionierung von H&C-Ladestationen auf dem Territorium BS/BL erfolgt in zwei Hauptschritten: erstens anhand der räumlichen Verteilung von Personenwagen nach Sektor, zweitens mittels einer Analyse von Mikrozensus-Daten.
Die Anzahl PKW (gemäss Fahrzeugimmatrikulation bei den Strassenverkehrsämtern) wird verwendet, um die prozentualen Anteile von PKW pro Sektor für BS und BL zu berechnen. Diese prozentualen Anteile pro Sektor werden anschliessend „gewichtet", indem man die Affinität zur Elektromobilität für die unterschiedlichen Sektorentypen „Stadt", „Agglomeration" und „Land" berücksichtigt. Die Unterschiede zwischen den Sektorentypen werden mittels einer Analyse der Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (BFS/ARE 2010) untersucht. Die festgelegten soziodemographischen Faktoren (F1 bis F10), die die Elektromobilität beeinflussen, wurden im Kapitel 4.2.3 ausführlich beschrieben und werden auch in diesem Fall angewendet. Anders als für die Marktpenetrationen der Elektrofahrzeuge, werden die Resultate der ganzen Schweiz berücksichtigt, so dass eine genügend grosse Stichprobe für die unterschiedlichen Sektorentypen resultiert (insgesamt n = 62'414). Tabelle 14 zeigt die Resultate der Analyse der verschiedenen Faktoren und deren Einfluss im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt. Die städtischen Sektoren weisen eine höhere Affinität zu H&C auf (107%), während Agglomeration und ländliche Sektoren leicht tiefere Werte zeigen (97% beziehungsweise 96%). Zwar könnte argumentiert werden, dass Elektromobile sich gerade für ländliche Wohnorte perfekt zum Pendeln in die nahe Stadt eignen. Der grösste Teil der MIV-Mobilität entfällt aber auf Freizeitfahrten, und für den Kauf eines Elektroautos ist ausschlaggebend, ob die Freizeit-Mobilitätsbedürfnisse abgedeckt werden können. Hier sind Elektroautos im ländlichen Wohngebiet im Nachteil.
Die prozentualen Anteile an PKW für jeden Sektor werden mit den Multiplikatoren aus der MZ-Datenanalyse und mit der totalen Anzahl an H&C-Ladestationen multipliziert. Damit wird die räumliche Verteilung von H&C berechnet.

Tabelle 14: Einfluss soziodemographischer Grössen auf die Anzahl neuer Elektromobile je nach Sektoren-typ für die Schweiz.

	Agglo/Stadt/Land										
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**	**TOT (kalibr.)**
Stadt	95%	N/A	100%	N/A	105%	95%	105%	N/A	105%	N/A	**107%**
Agglomeration	100%	N/A	100%	N/A	100%	100%	95%	N/A	100%	N/A	**97%**
Land	105%	N/A	100%	N/A	95%	105%	95%	N/A	95%	N/A	**96%**

Die räumliche Positionierung von W&C-Ladestationen auf dem Territorium BS/BL berücksichtigt die Verteilung der Beschäftigten pro Sektor. Es wird in diesem Zusammenhang angenommen, dass der Bedarf an W&C direkt proportional zur Anzahl an Beschäftigten ist. Die Anzahl Beschäftigte auf Sektorenebene wird für BL und BS aus der Betriebszählung 2011 entnommen. Der prozentuale Anteil an Beschäftigten wird für jeden Sektor mit der Gesamtanzahl an W&C-Ladestationen multipliziert. Dies ergibt die räumliche Verteilung von W&C.

4.4.2 Shop & Charge

S&C-Ladestationen sollen vorwiegend bei verkehrs- und publikumsintensiven Einrichtungen wie Einkaufszentren, Baumärkten, Museen, Sportanlagen etc. installiert werden. Eine Analyse der bestehenden öffentlichen Ladeinfrastruktur im Raum Basel (derzeit gibt es noch praktisch keine Schnellladestationen) zeigt, dass sich die meisten Ladestationen in der Nähe von verkehrsreichen Strassen befinden (siehe Abbildung 15). Ein zweiter Blick auf die Lage der publikumsintensiven Einrichtungen zeigt jedoch, dass derzeit die Platzierung der öffentlichen Ladestationen nicht strategisch auf den möglichen Marktbedarf ausgerichtet ist (siehe Abbil-

dung 16 und Abbildung 17). Als publikumsintensive Einrichtungen wurden für den Kanton Basel-Land alle Anlagen berücksichtigt, die vom Amt für Raumplanung BL als solche identifiziert wurden. Zusätzlich wurden weitere Einrichtungen wie Einkaufszentren (z.B. MMM, Coop City, Coop Bau+Hobby, Obi und Aldi) berücksichtigt. V.a. in Basel-Stadt wurden auch Einrichtungen wie Museen, öffentliche Bäder und der Zoo in die Betrachtung einbezogen. Da es auch viele kleinere öffentliche Einrichtungen gibt, wurden die publikumsintensiven Kandidaten erst ab mindestens 100'000 Besuchern pro Jahr (gemäss den Zahlen des statistischen Amts Basel-Stadt) dazugezählt.

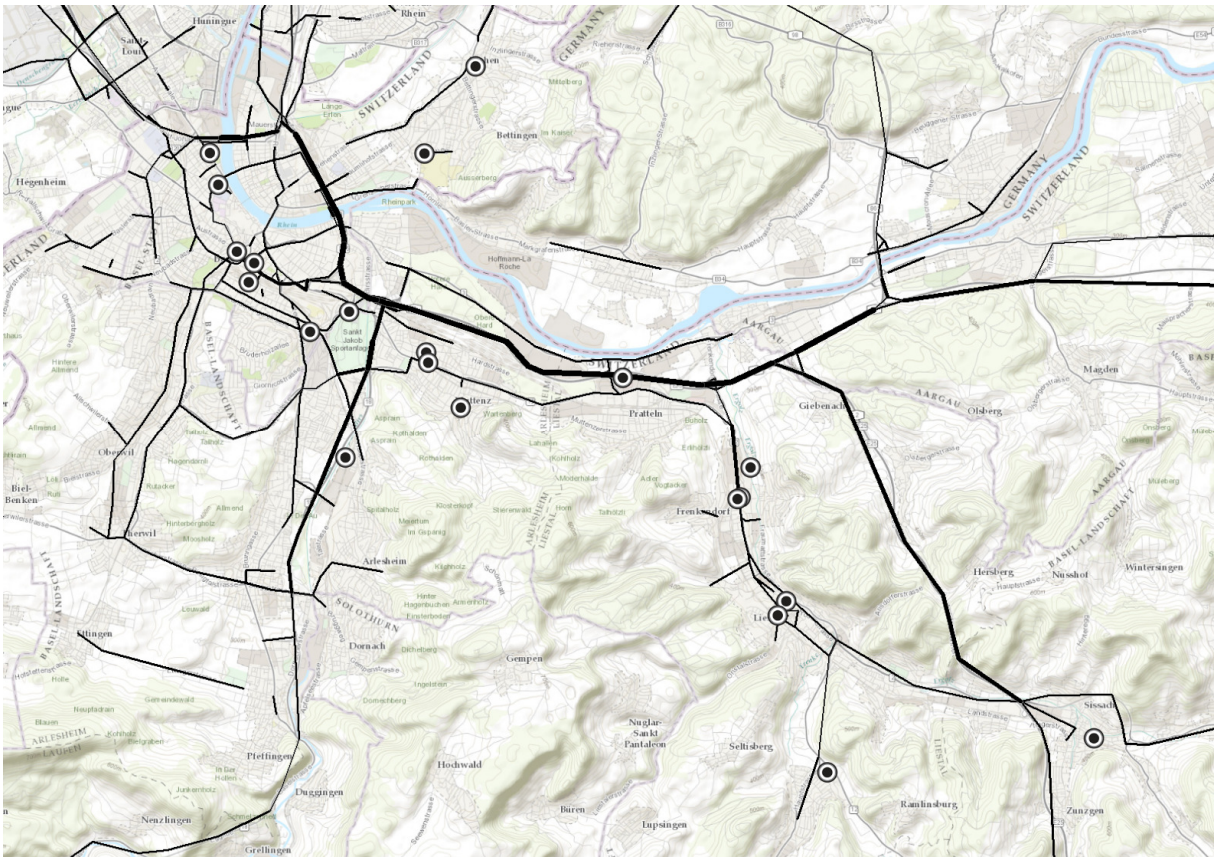

Abbildung 15: Öffentliche Ladestationen (⊙-Icons) und Verkehrsbelastung gemäss Gesamtverkehrsmodell (GVM). Eingezeichnet sind Strassen ab einer Belastung von ca. 12‘000 Motorfahrzeugen (PKWs) pro 24h im durchschnittlichen Werktagsverkehr (DWV).

Zur räumlichen Aufteilung der S&C-Ladestationen auf die einzelnen Sektoren werden die publikumsintensiven Einrichtungen in zwei Klassen eingeteilt – publikumsintensiv bzw. publikumsmagnetisch – und mit 1 respektive 2 Punkten gewichtet.
Eine Liste aller betrachteten publikumsintensiven Einrichtungen, der Einteilung in publikumsintensiv bzw. publikumsmagnetisch sowie – wo verfügbar – den jährlichen Besucherzahlen ist im Anhang zu finden (siehe Tabelle 19). Für die Zuteilung der Ladestationen bekommt so zum Beispiel ein Sektor mit zwei publikumsintensiven Einrichtungen zwei bis maximal vier Punkte und wird dementsprechend stark gewichtet.
Mit diesem Ansatz gibt es einige Gemeinden, die keine publikumsintensiven Einrichtungen haben und daher keine S&C Ladestationen zugeteilt bekämen. Dies wird aber bis 2030 kaum so bleiben und bereits heute gibt es einzelne öffentliche Ladestationen auch in ländlichen Gemeinden. Daher werden den Gemeinden ohne publikumsintensive Einrichtungen (gemäss der in diesem Bericht verwendeten Definition bzw. Liste) S&C Ladestationen gemäss folgendem Schlüssel zugeteilt:

- 20% der gesamten Anzahl an Ladestationen werden auf die ländlichen Gemeinden (siehe Kapitel 3.3) verteilt und entsprechend den jeweiligen Einwohnerzahlen einer Gemeinde gewichtet
- Von den übrigen Ladestationen werden je Gemeindetyp (z.B. Birstal/Laufental) ebenfalls 20% der Ladestationen auf die anderen Sektoren im gleichen Gemeindetyp „abgegeben“, wiederum gewichtet nach der Einwohnerzahl. Ein Beispiel: Allschwil hat mehrere publikumsintensive Einrichtungen und bekommt dadurch viele S&C Ladestationen zugeteilt. Bis 2030 würden sich je nach Szenario über 200 Ladestationen ergeben während im benachbarten Binningen keine S&C Ladestationen vorhanden wären. Dies ist natürlich nicht realistisch. Deshalb bekommt Binningen einen Teil der Ladestationen von benachbarten Gemeinden vom gleichen Gemeindetyp (Leimental/Allschwil) zugeordnet.

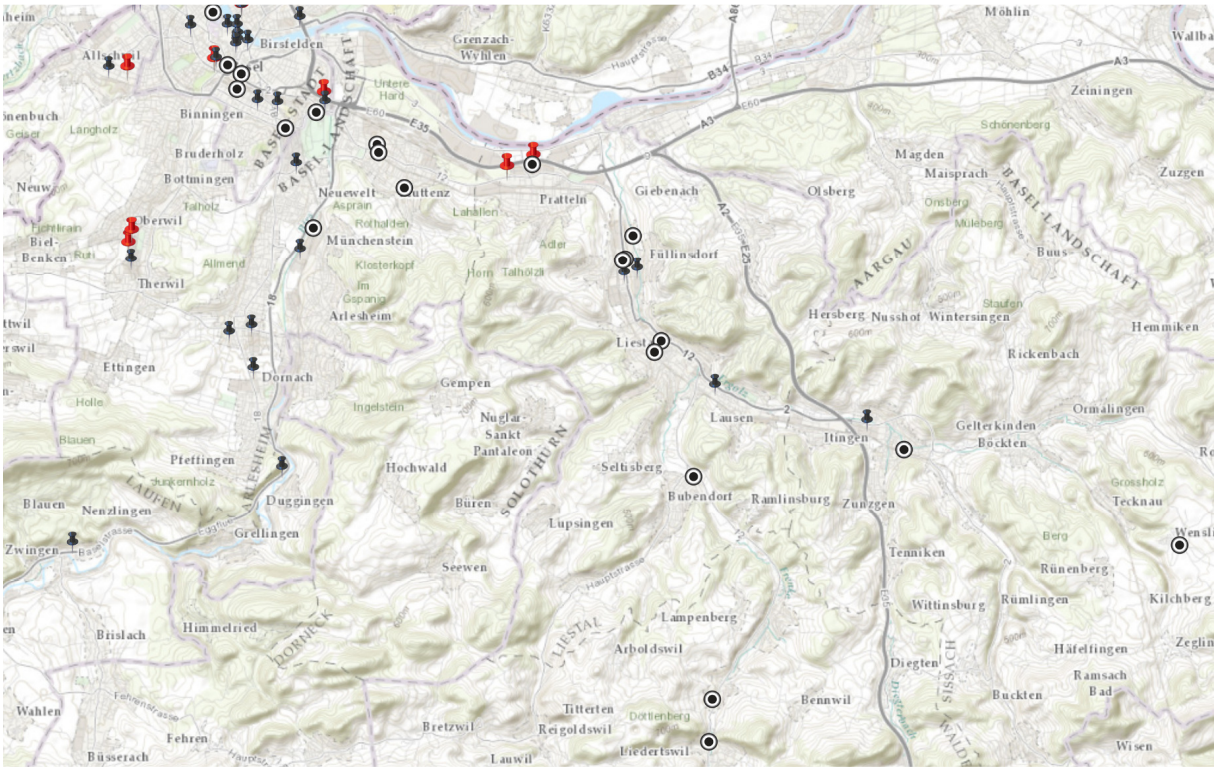

Abbildung 16: Bestehende öffentliche Ladestationen (⊙-Icon), publikumsintensive Einrichtungen (schwarze Pins) und publikumsmagnetische Einrichtungen (rote Pins) in Basel-Landschaft

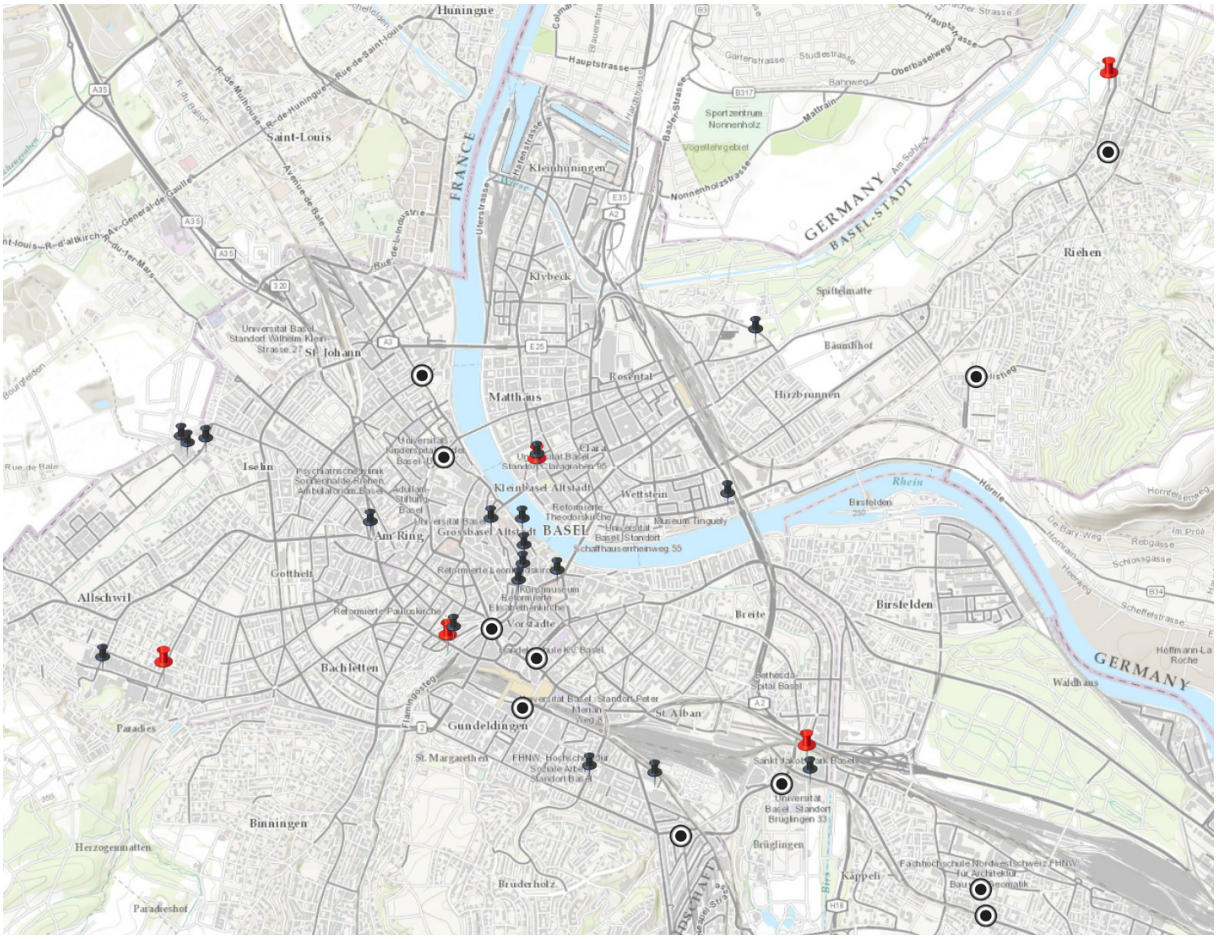

Abbildung 17: Bestehende öffentliche Ladestationen (⊙-Icon) publikumsintensive Einrichtungen (schwarze Pins) und publikumsmagnetische Einrichtungen (rote Pins) in Basel-Stadt

4.4.3 Coffee & Charge

Die Positionierung der öffentlichen Schnellladestationen fokussiert sich primär auf stark frequentierte Durchfahrtsstrassen und Autobahnen. Derzeit gibt es in der Region Basel noch keine Schnellladestation an einer Autobahnraststätte und allgemein bestehen erst wenige öffentliche Schnellademöglichkeiten.

Als Zuteilungsregel wird daher vorgeschlagen, die Verkehrsbelastung gemäss Zählstellen als Proxy zu verwenden. Eine Analyse der bestehenden öffentlichen Ladeinfrastruktur in der Region Basel zeigt, dass auf eine Steckdose mit einer Stromstärke von 16A und mehr durchschnittlich 6'000 Motorfahrzeuge (MFZ) pro 24h kommen. Abbildung 18 zeigt die Verteilung und Verkehrsbelastung in der Nähe der jeweiligen Ladestation. Eine komplette Liste der Ladestationen und deren Eigenschaften ist im Anhang ersichtlich (siehe Tabelle 20). Bei Ladestationen mit mindestens einer Steckdose von 32A oder grösser beträgt die durchschnittliche Verkehrsbelastung in unmittelbarer Nähe über 10'000 MFZ pro 24h und Steckdose. Es wird auf Grund einer Expertenschätzung der Studienteilnehmenden vorgeschlagen, dass die Zuteilung von C&C auf die Sektoren gemäss dem Anteil an Strassen mit einer Verkehrsbelastung von 12'000 MFZ pro 24h und mehr gewichtet wird. Da der Zugang zu stark ausgelasteten Strassen (Hochleistungsstrassen, bzw. Hauptverkehrsstrasse mit hoher Belastung und Kantonsstrassen generell) nur sehr eingeschränkt möglich ist, kann der theoretisch optimale Standort in der Praxis oft gar nicht realisiert werden kann. In diesem Bericht werden daher keine konkreten Standorte für C&C Ladestationen vorgeschlagen. Stattdessen wird anhand der bestehenden Treibstofftankstellen aufgezeigt, wo interessante Standorte für eine Schnellladestation innerhalb eines Sektors sein könnten.

Da sich in den Modellrechnungen für C&C Ladestationen für einzelne Sektoren zum Teil sehr kleine Zahlen ergeben, wurde die jeweilige Anzahl an bestehenden Treibstofftankstellen zur Auf- bzw. Abrundung für die Ergebnisdarstellung verwendet.

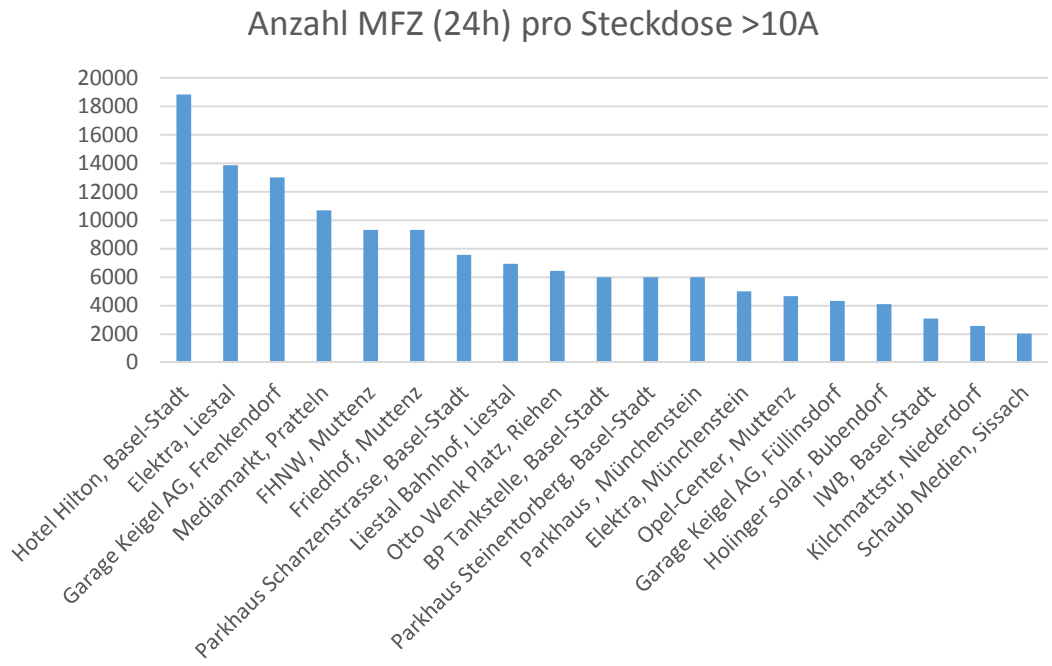

Abbildung 18: Geschätzte Verkehrsbelastung je Steckdose in unmittelbarer Nähe der bestehenden, öffentlichen Ladestationen in der Region Basel. Die Zahlen entsprechen dem durchschnittlichen Werktagsverkehr (DWV) heruntergebrochen auf eine Steckdose.

5 Resultate

5.1 Skalierung der Markpenetrationen der Elektrofahrzeuge an der Gesamtflotte

Tabelle 15 stellt die Multiplikationsfaktoren für die unterschiedlichen Kriterien der Mikrozensus-Daten Analyse (Faktoren F1 bis F9, siehe Kapitel 4.2.3) und der qualitativen Analyse (Faktoren P1 bis P7, siehe Kapitel 4.2.4) dar. Das Produkt der Multiplikationsfaktoren wird schliesslich mit einem Kalibrierungsfaktor korrigiert. Dadurch ergeben sich die Skalierungsfaktoren für die beiden Kantone. BS erreicht einen Skalierungsfaktor von 129%, während für BL dieser Wert bei 109% liegt (im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt von 100%).

Tabelle 15: Berechnung der kantonalen Skalierungsfaktoren.

	KA 4								
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**
BL	95%	N/A	100%	N/A	100%	100%	100%	N/A	105%
BS	90%	N/A	100%	N/A	110%	90%	110%	N/A	110%

	KA 5						
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
BL	100%	105%	100%	105%	95%	105%	N/A
BS	105%	110%	105%	100%	90%	110%	N/A

	Produkt	**Kalibr.**	**Total**
BL	110%	0.9929	**109%**
BS	129%	0.9929	**129%**

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die skalierten Marktpenetrationen von Elektrofahrzeugen (Summe der Kategorien EV und PHEV) für die drei Szenarien bis 2030. Im Fall des Kantons Basel-Landschaft wird die Markpenetration um 9% höher sein als im gesamtschweizerischen Mittel. Die Marktanteile der Elektrofahrzeuge erreichen 12.3%, 28.9% und 43.8% im 2030, in den Szenarien BAU, EFF bzw. COM. Im Kanton Basel-Stadt wird die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge 29% höher sein als im gesamtschweizerischen Mittel, was sich entsprechend in höheren Markpenetrationen im Neuwagenmarkt im Jahr 2030 manifestiert: Diese erreichen 14.6%, 34.2% und 51.8% in den Szenarien BAU, EFF bzw. COM.

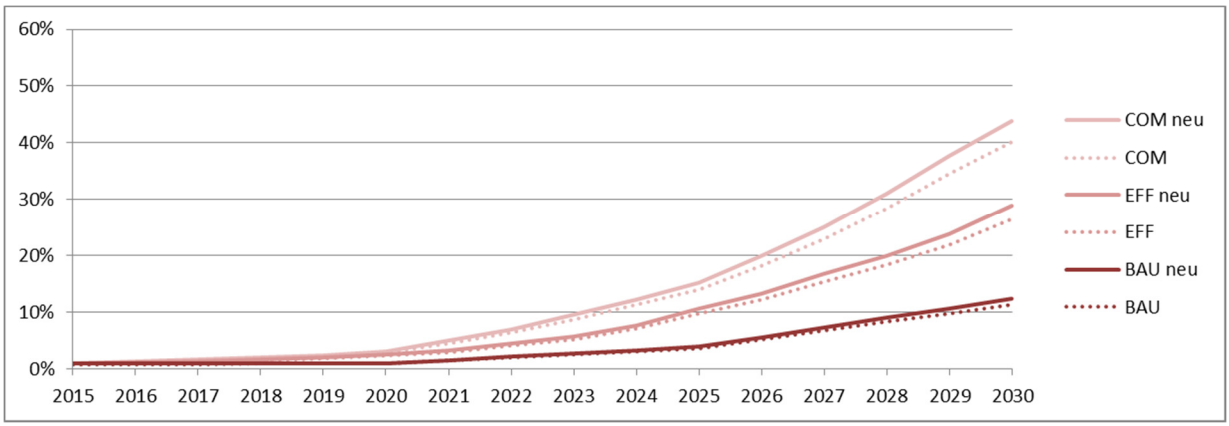

Abbildung 19: Skalierte Marktpenetrationen im Neuwagenmarkt von Elektrofahrzeugen für BL. 3 Szenarien bis 2030.

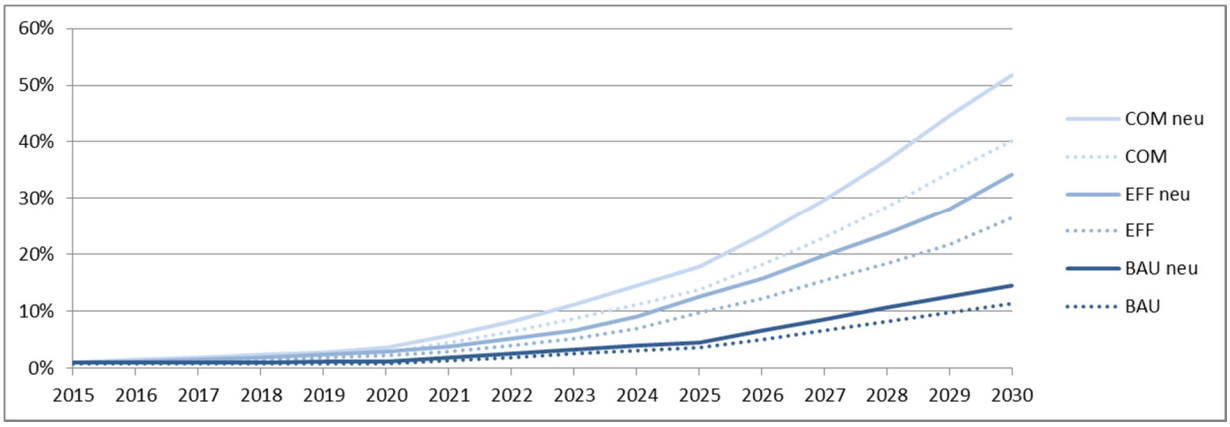

Abbildung 20: Skalierte Marktpenetrationen im Neuwagenmarkt von Elektrofahrzeugen für BS. 3 Szenarien bis 2030.

5.2 Elektrofahrzeuge im Neuwagenmarkt der Region Basel

Abbildung 21 zeigt die Zusammensetzung von Neuwagenmärkten in den verschiedene Szenarien für die Region Basel (Werte für BS und BL wurden aufsummiert). Die Abbildungen auf der linken Seite zeigen die absolute Anzahl an Elektrofahrzeugen (EV und PHEV) je nach Szenario, die neu zugelassen werden. Diese erreichen 2'300, 5'600 beziehungsweise 8'300 im Jahr 2030 im Szenario BAU, EFF und COM. Die Abbildungen auf der rechten Seite zeigen die prozentualen Marktpenetrationen von Elektrofahrzeugen an der Gesamtflotte. Diese beziehen sich auf die Resultate der kantonalen Anpassung (siehe Kapitel 5.1).

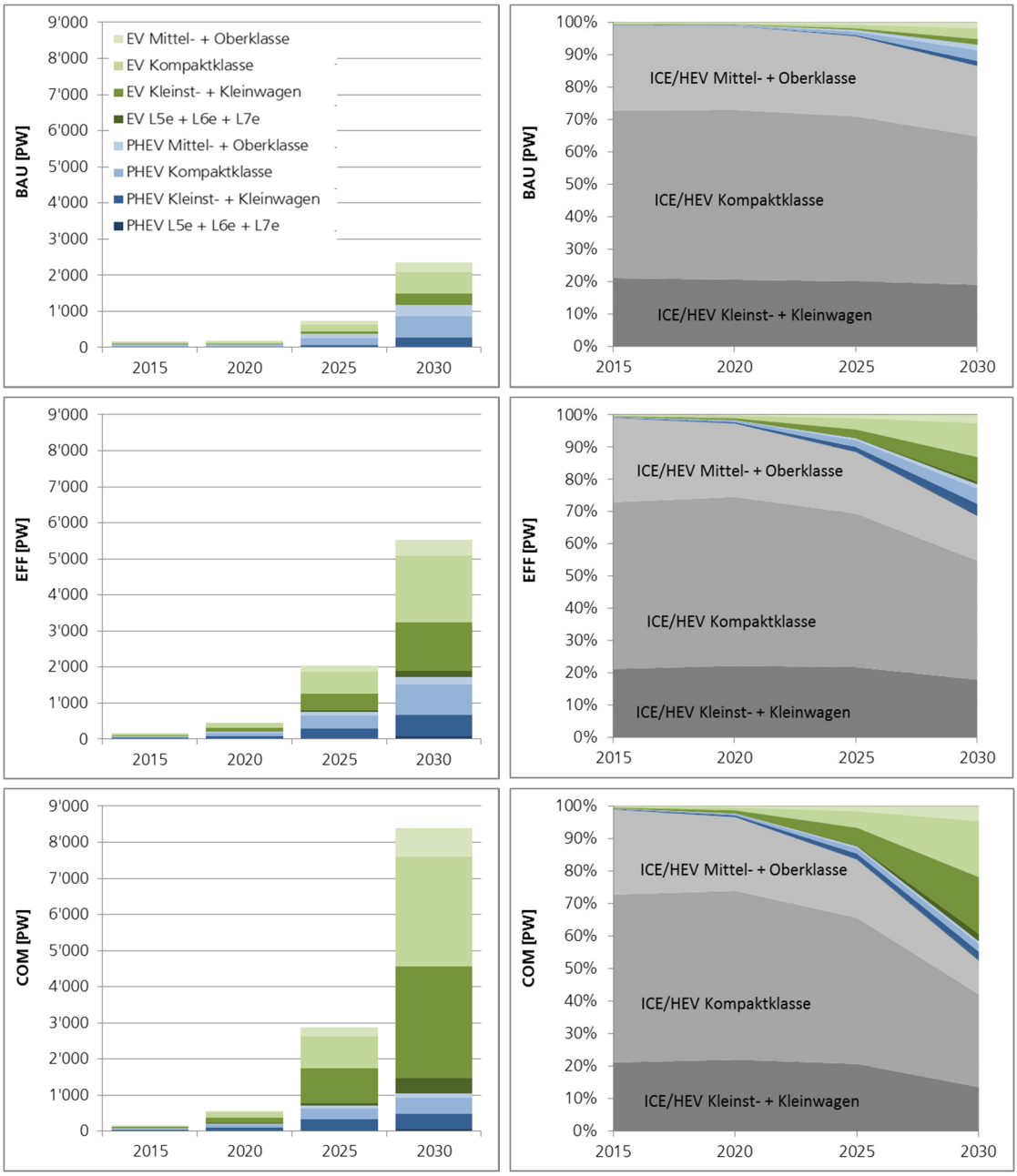

Abbildung 21: Elektrofahrzeuge für die Region Basel (Neuwagenmarkt). Absolute Anzahl an EV und PHEV (links) und Marktpenetrationen nach Fahrzeugklassen (rechts).

5.3 Statischer Fahrzeugbestand für die Region Basel

Abbildung 22 zeigt die Zusammensetzung des statischen Fahrzeugbestands in den verschiedenen Szenarien für die Region Basel (Werte für BS und BL wurden aufsummiert). Die Abbildungen auf der linken Seite zeigen die absolute Anzahl an Elektrofahrzeugen (EV und PHEV) je nach Szenario. Diese erreichen 11'000, 25'000 beziehungsweise 37'000 im Jahr 2030 im Szenario BAU, EFF und COM. Die Abbildungen auf der rechten Seite zeigen den prozentualen Anteil der Elektrofahrzeuge an der Gesamtflotte. Aufgrund der Bestandesumwälzung (jährlich werden ca. 7.5% der Gesamtflotte durch Neuwagen ersetzt) dauert es ca. 10 Jahre, bis sich Entwicklungen am Neuwagenmarkt im Gesamtbestand manifestieren.

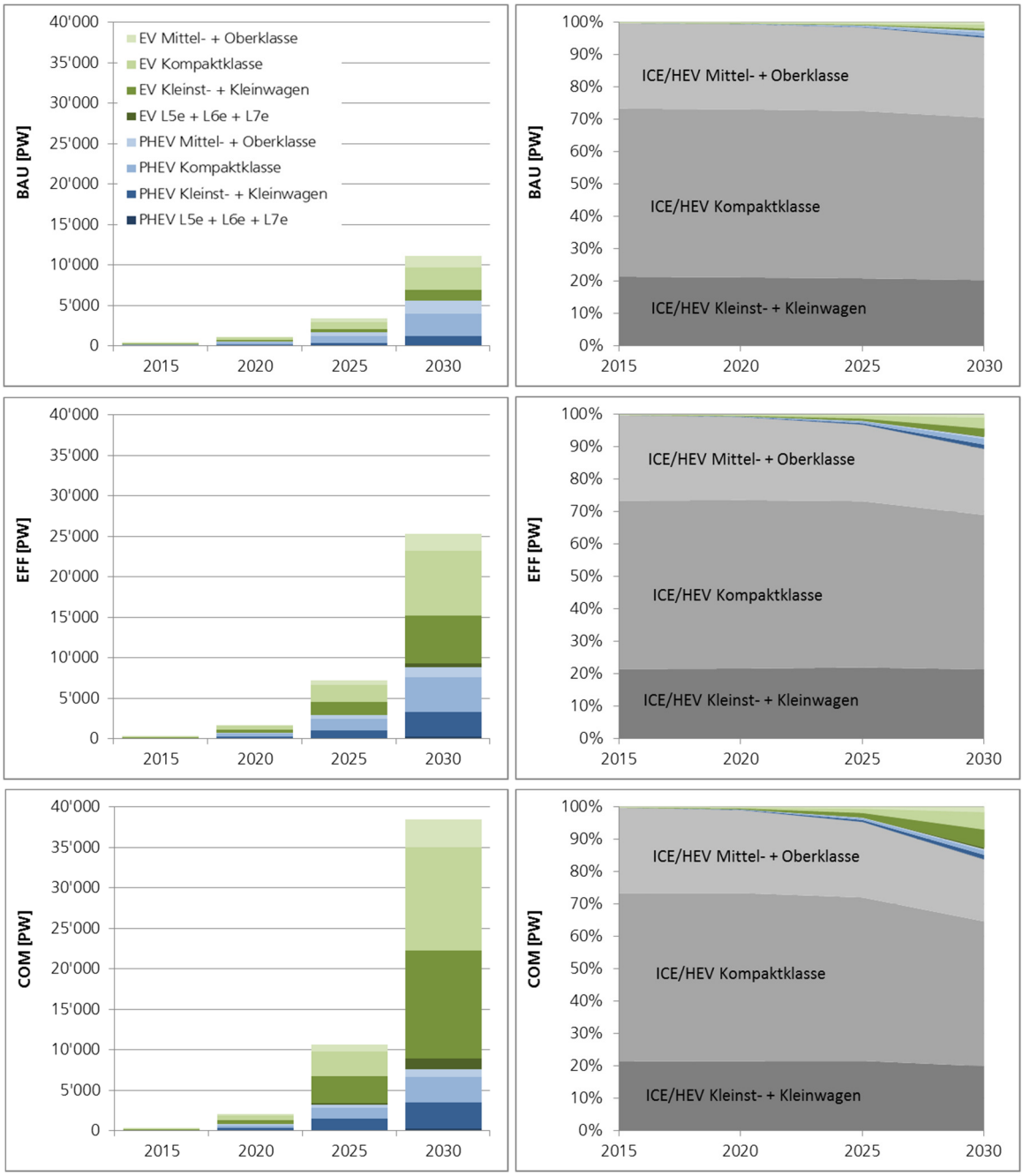

Abbildung 22: Elektrofahrzeuge für Basel Region (BS und BL) im Neuwagenmarkt. Absolute Anzahl an EV und PHEV (links) und Marktpenetrationen an Gesamtflotte (rechts), je nach Fahrzeugklassen.

5.4 Dynamischer Fahrzeugbestand für die Region Basel

Abbildung 23 zeigt die Fahrleistung des Elektrofahrzeugbestands in den verschiedene Szenarien für die Region Basel (Werte für BS und BL wurden aufsummiert). In den Abbildungen auf der linken Seite erreichen im Jahr 2030 die absoluten Fahrleistungen 145, 300 respektive 450 Mio. Fzkm im Szenario BAU, EFF und COM. Die Abbildungen auf der rechten Seite zeigen die relativen Fahrleistungen von Elektrofahrzeugen an der gesamten Fahrleistung. Diese entsprechen den prozentualen Anteilen von Elektrofahrzeugen am statischen Fahrzeugbestand (siehe Kapitel 5.3).

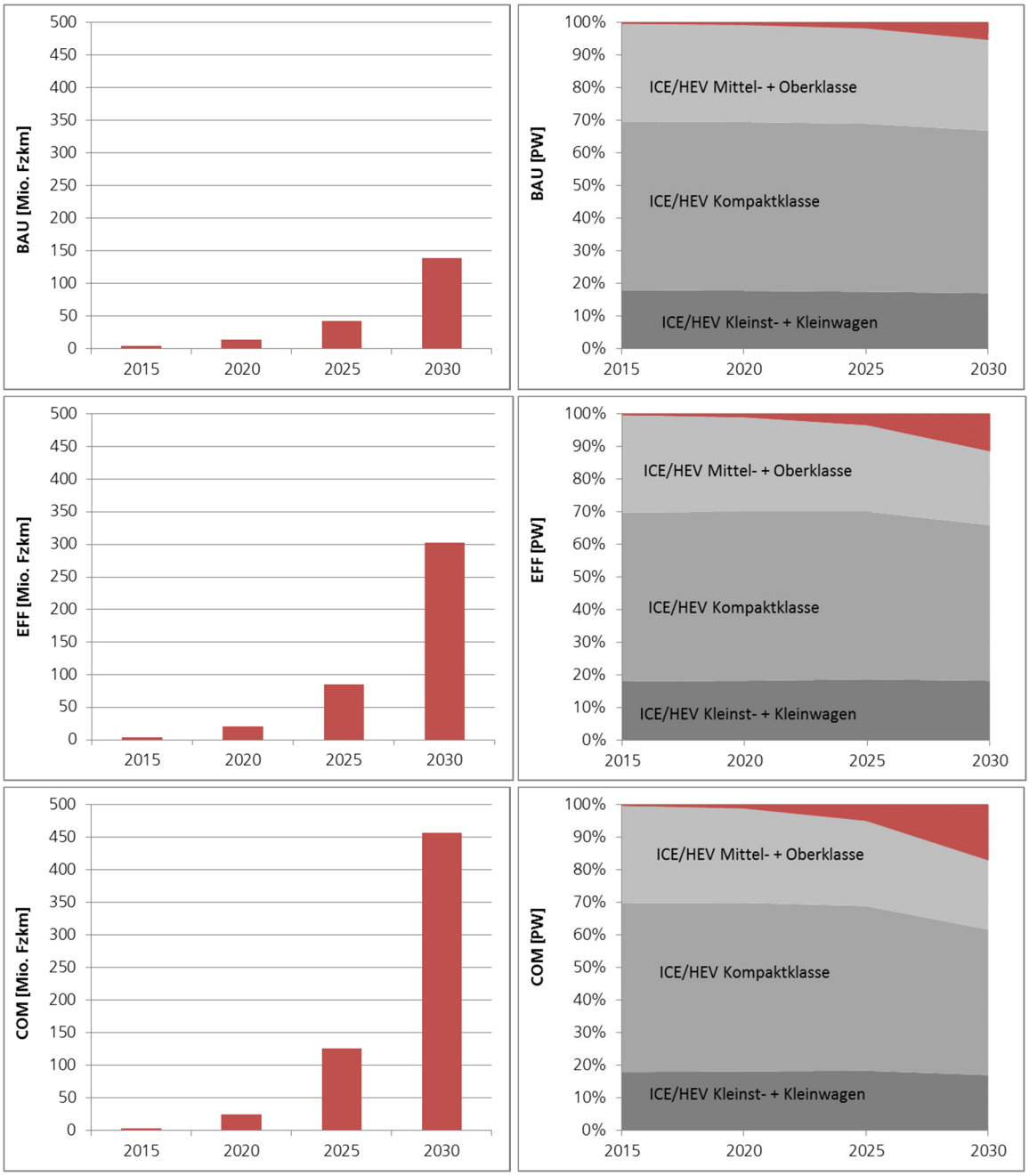

Abbildung 23: Fahrleistungen von Elektrofahrzeugen für Basel Region (BS und BL) je nach Szenario und Jahr. Absolute Fahrleistung von Elektrofahrzeugen [Fzkm] (links) und relative Anteile an der gesamten Fahrleistung (rechts).

5.5 Verfahrene Strommenge

Die verfahrene Strommenge wird als die an das Auto abgegebene elektrische Energie, ohne Verluste im Ladegerät, verstanden. Sie wird mittels der Entwicklung der Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge (siehe Kapitel 4.3.1) und der Fahrleistung des dynamischen Fahrzeugbestandes gemäss Kapitel 5.4 berechnet. Abbildung 24 stellt die Entwicklung der verfahrenen Strommenge in den drei Szenarien auf dem Territorium BS/BL dar. Aus der Graphik ist ein exponentielles Wachstum zu erkennen. Bis 2020 wird die benötigte Strommenge eher klein sein mit etwa 2.5 GWh, 3.4 GWh und 4 GWh für die Szenarien BAU, EFF respektive COM. Ab 2020 wird sich die verfahrene Strommenge ständig erhöhen und 21.5 GWh, 43.8 GWh beziehungsweise 66.0 GWh im Jahr 2030 betragen. Auf kantonaler Ebene werden die

Strommengen im Jahr 2030 folgendermassen aussehen: 6.0 GWh, 12.4 GWh bzw. 18.7 GWh für BS und 15.5 GWh, 31.4 GWh bzw. 47.3 GWh für BL.

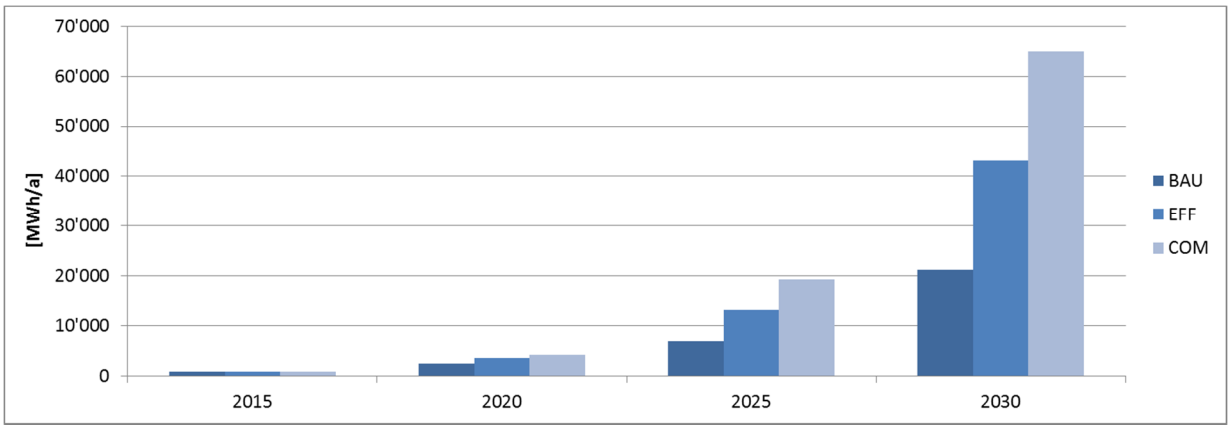

Abbildung 24: Verfahrene Strommenge in BS/BL je Jahr und Szenario.

Zur Plausibilisierung werden diese Resultate anderen Abschätzungen gegenübergestellt. Sie sind im Einklang mit den Werten der Mobilitätsakademie, gemäss welchen für eine Elektrifizierung von 10% des Fahrzeugbestandes etwas mehr als 1% des vorhandenen Stroms benötigt wird. Eine Studie der ZHAW (2011) hat gezeigt, dass eine Elektrifizierung von 100% des Personenwagenbestandes der Schweiz eine Nachfrageerhöhung von 16% des heutigen Stromverbrauchs zur Folge hätte.
Eine Vollelektrifizierung auf dem Gebiet BS/BL im Jahr 2030 würde 7.1% des heutigen Stromverbrauchs für BS beziehungsweise 15.9% für BL ausmachen. Die berechneten 18.7 GWh (Szenario COM, mit einer Elektrifizierung von 18% des Fahrzeugbestandes) im Jahr 2030 entsprechen ungefähr 1.3% des heutigen Elektrizitätsverbrauchs in BS, der gemäss statistischem Jahrbuch des Kantons Basel-Stadt 1'468 GWh für das Jahr 2012 beträgt. Die 47.3 GWh in BL machen (Jahr 2030, Szenario COM und Elektrifizierung von 15% des Fahrzeugbestandes) etwa 2.4% des Elektrizitätsverbrauch in BL aus (der Elektrizitätsverbrauch für das Jahr 2006 entspricht 1'980 GWh, gemäss Energiestatistik des statistischen Amts Basel-Landschaft).
Der schweizerische Stromverbrauch für Elektromobilität im Jahr 2030 beträgt für Szenario BAU ungefähr 490 GWh (TA-SWISS 2013). Die Strommengen für BS (etwa 6 GWh) und BL (etwa 15 GWh) entsprechen ungefähr 1.2% beziehungsweise 3.1% des schweizerischen Werts. Diese Angaben können anhand der Bevölkerungsanteile von BS (2.4%) und BL (3.4%) an der schweizerischen Gesamtbevölkerung plausibilisiert werden.

5.6 Anzahl Ladevorgänge nach Ladestationstyp

Anhand der benötigten Strommenge pro Ladevorgang und der Verluste in den Ladestationen wird die Anzahl Ladevorgänge je Szenario und Jahr berechnet. Diese wird anschliessend auf Ladetypen aufgeteilt. Abbildung 25 zeigt die Aufteilung der Ladevorgänge je Ladestations-Typ, Stichjahr und Szenario. Aus den Grafiken ist ersichtlich, dass H&C-Ladevorgänge eine prominente Rolle in allen Szenarien spielen werden (ungefähr 70% aller Ladevorgänge) und im Jahr 2030 ungefähr 3.0, 6.7 respektive 9.9 Mio. Ladevorgänge ausmachen (für die Szenarien BAU, EFF beziehungsweise COM). Die Anzahl W&C-Ladevorgänge wird etwas kleiner als die Menge der S&C-Ladevorgänge sein, während die Anzahl an C&C-Ladevorgängen jeweils 5% des Totals ausmachen wird.

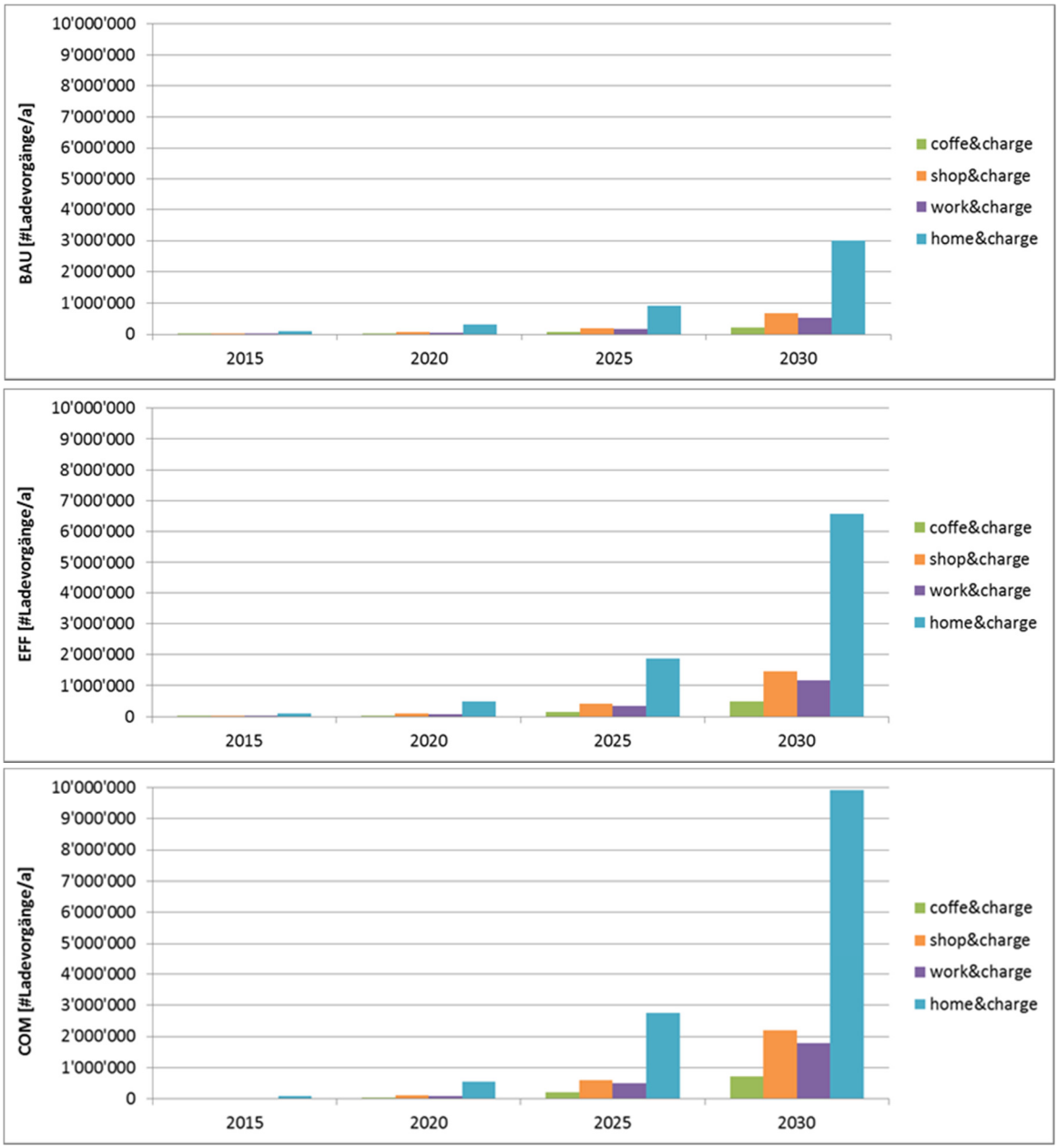

Abbildung 25: Anzahl Ladevorgänge je nach Szenario, Stichjahr und Ladestationstyp.

5.7 Anzahl Ladestationen

Abbildung 26 stellt in vier unterschiedlichen Grafiken die Anzahl benötigter Ladestationen je Szenario und Stichjahr dar. Die prozentualen Anteile der Ladestationstypen bleiben im Vergleich zur Anzahl Ladevorgänge unverändert. H&C-Ladestationen bilden die Mehrheit der Ladestationen, mit im Jahr 2030 ungefähr 10'000, 22'500 und 34'000 Ladestationen (für die Szenarien BAU, EFF beziehungsweise COM). W&C wird der zweithäufigste Ladestationstyp sein, mit 1'400, 3'200 und 4'900 Ladestationen für die Szenarien BAU, EFF und COM.

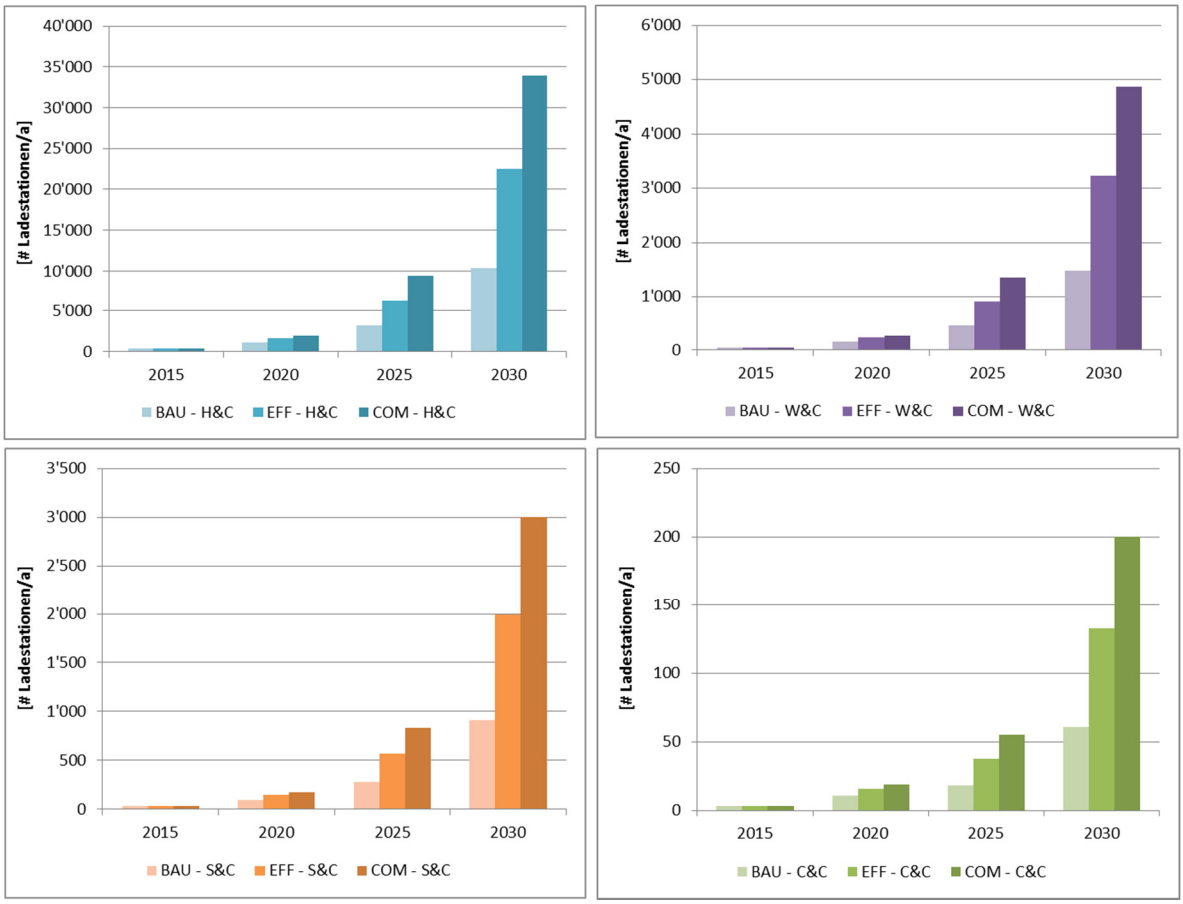

Abbildung 26: Anzahl Ladestationen je nach Ladestationstyp, Stichjahr und Szenario.

Anders als bei der Anzahl Ladevorgänge sind in diesem Fall die W&C-Ladestationen zahlreicher als S&C, die im Jahr 2030 900, 2'000 beziehungsweise 3'000 Ladestationen je nach Szenario erreichen. Das ist darauf zurückzuführen, dass bei S&C jeweils 2 Ladevorgänge pro Ladestation und Tag angenommen werden, für W&C jedoch nur 1 Ladevorgang. Dadurch ist die Anzahl an benötigten W&C-Ladestationen grösser. Die C&C-Ladestationen werden im Jahr 2030 60, 130 und 200 Einheiten für die Szenarien BAU, EFF und COM erreichen.

5.8 Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen

5.8.1 Alle Ladetypen je Kanton und Stichjahr

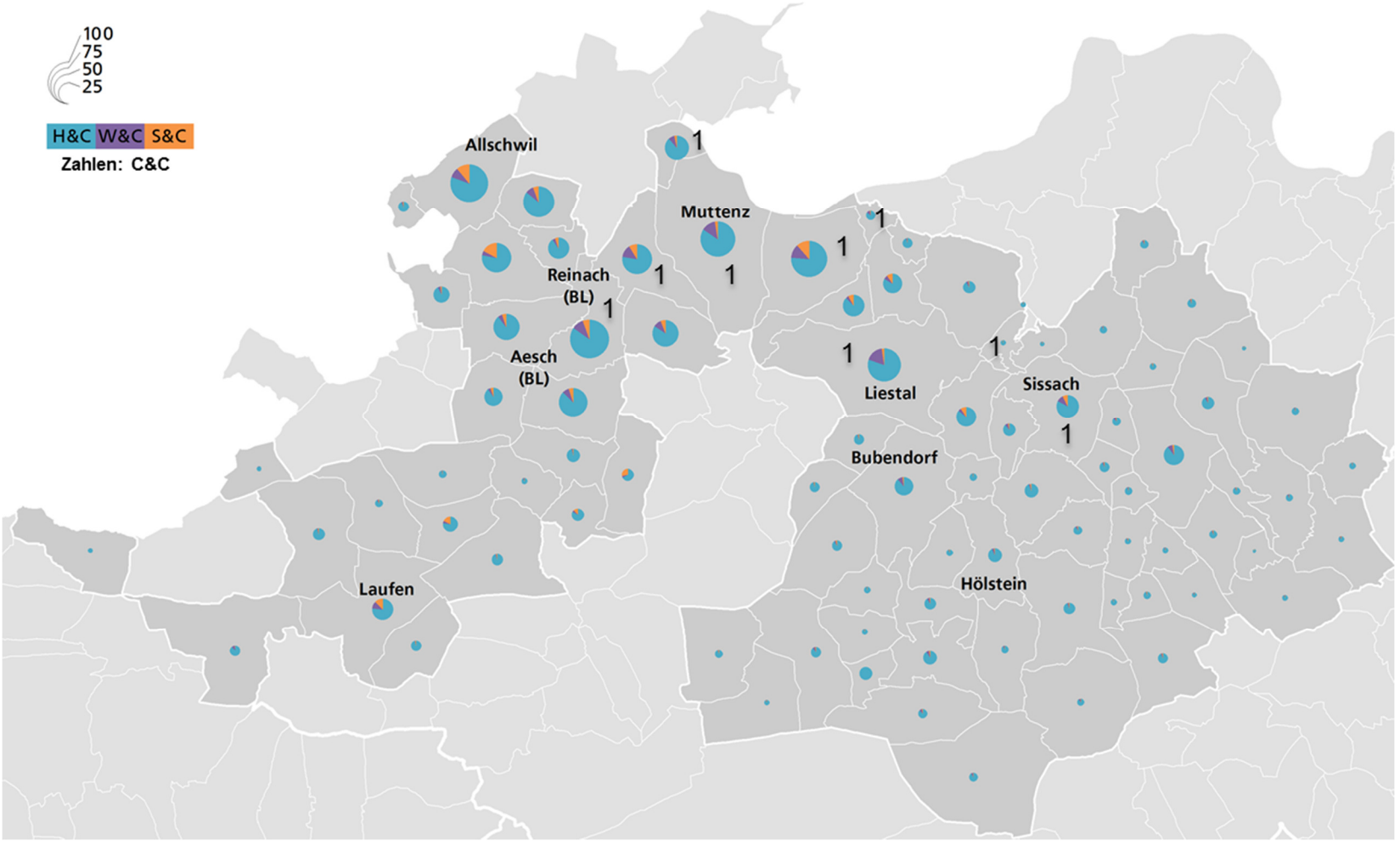

Abbildung 27: Räumliche Verteilung der prognostizierten Nachfrage nach Ladestationen in Basel-Land im Jahr 2020 für das Szenario EFF. Sämtliche Resultate für alle Stichjahre und Szenarien befinden sich im Anhang.

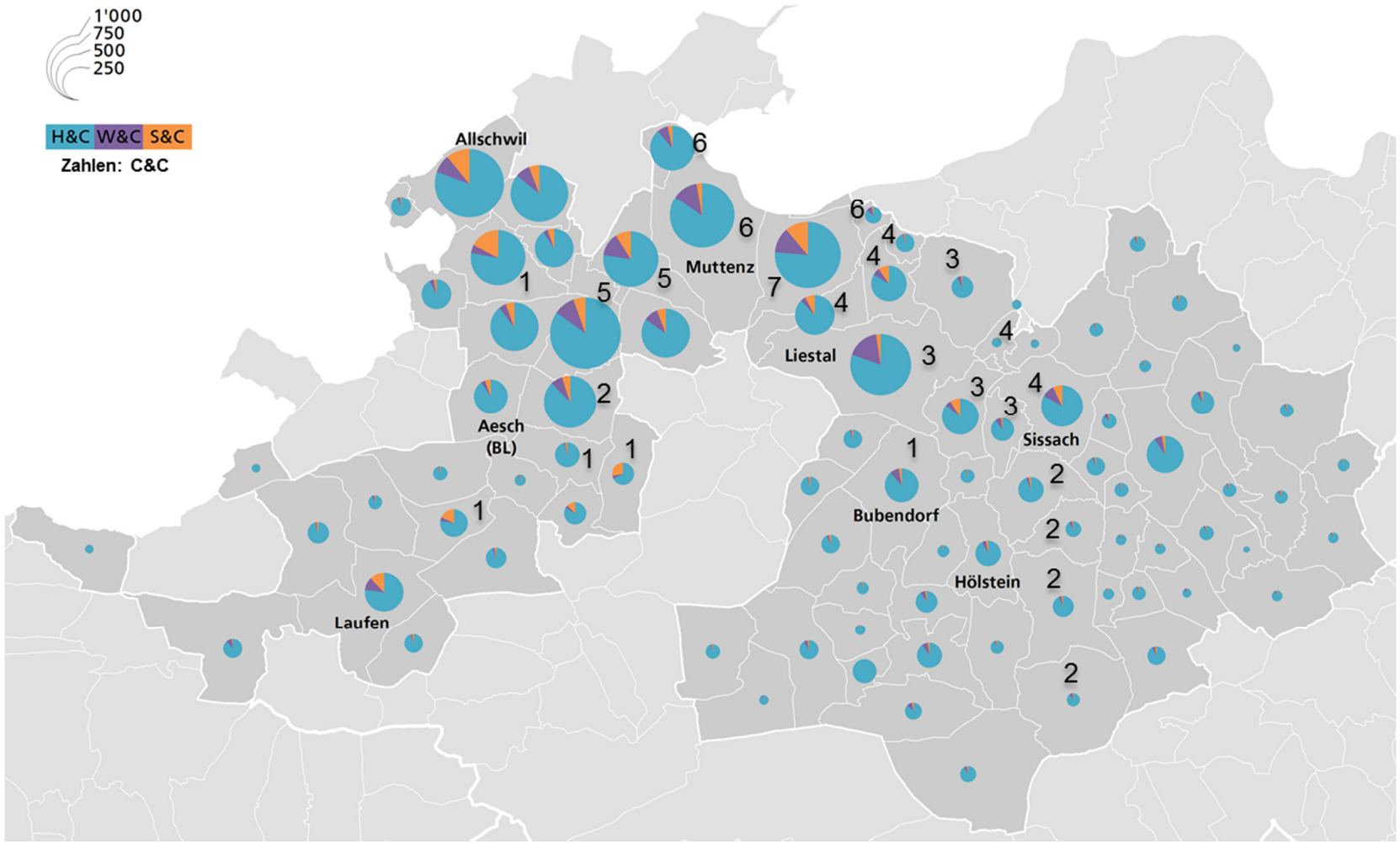

Abbildung 28: Räumliche Verteilung der prognostizierten Nachfrage nach Ladestationen in Basel-Land im Jahr 2030 für das Szenario EFF. Hinweis zur Gemeinde Liestal: Der Anteil an S&C Ladestationen ist in diesem Sektor sehr klein, da aus kantonaler Perspektive keine publikumsintensiven Einrichtungen vorhanden sind. Allerdings ist Liestal ein regionales Zentrum, weshalb die Nachfrage nach S&C Ladestationen wohl höher ausfallen wird als es hier dargestellt wird.

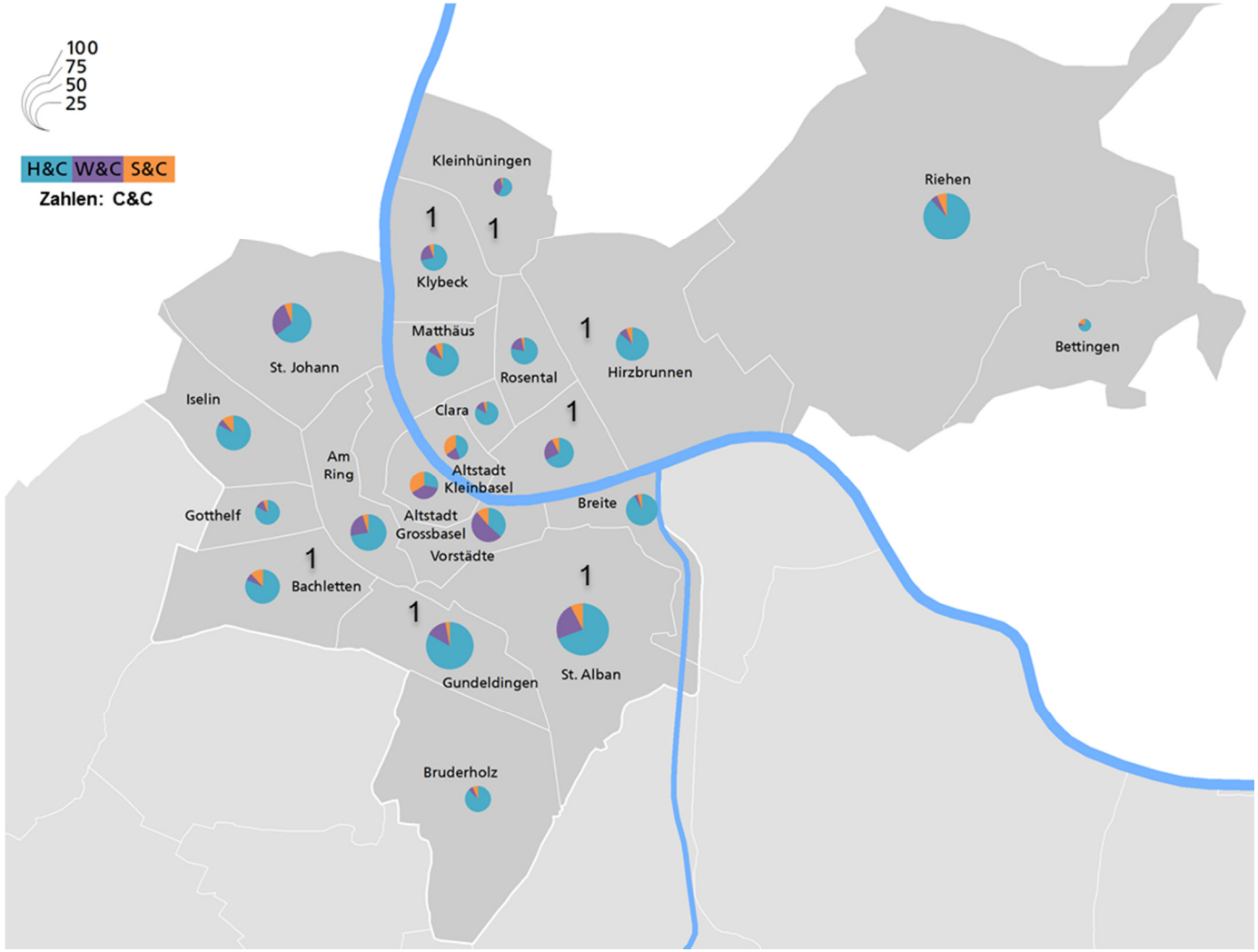

Abbildung 29: Räumliche Verteilung der prognostizierten Nachfrage nach Ladestationen in Basel-Stadt im Jahr 2020 für das Szenario EFF. Hinweis: In der Innenstadt sollen in Zukunft autofreie Zonen geschaffen werden. Aus diesem Grund werden zukünftige Parkplätze und somit auch Ladestationen eher am Rand dieser Zone verortet werden (bspw. in Parkhäusern). Demzufolge wird die Nachfrage nach W&C und S&C Ladestationen in der Innenstadt tendenziell tiefer ausfallen als es hier dargestellt ist.

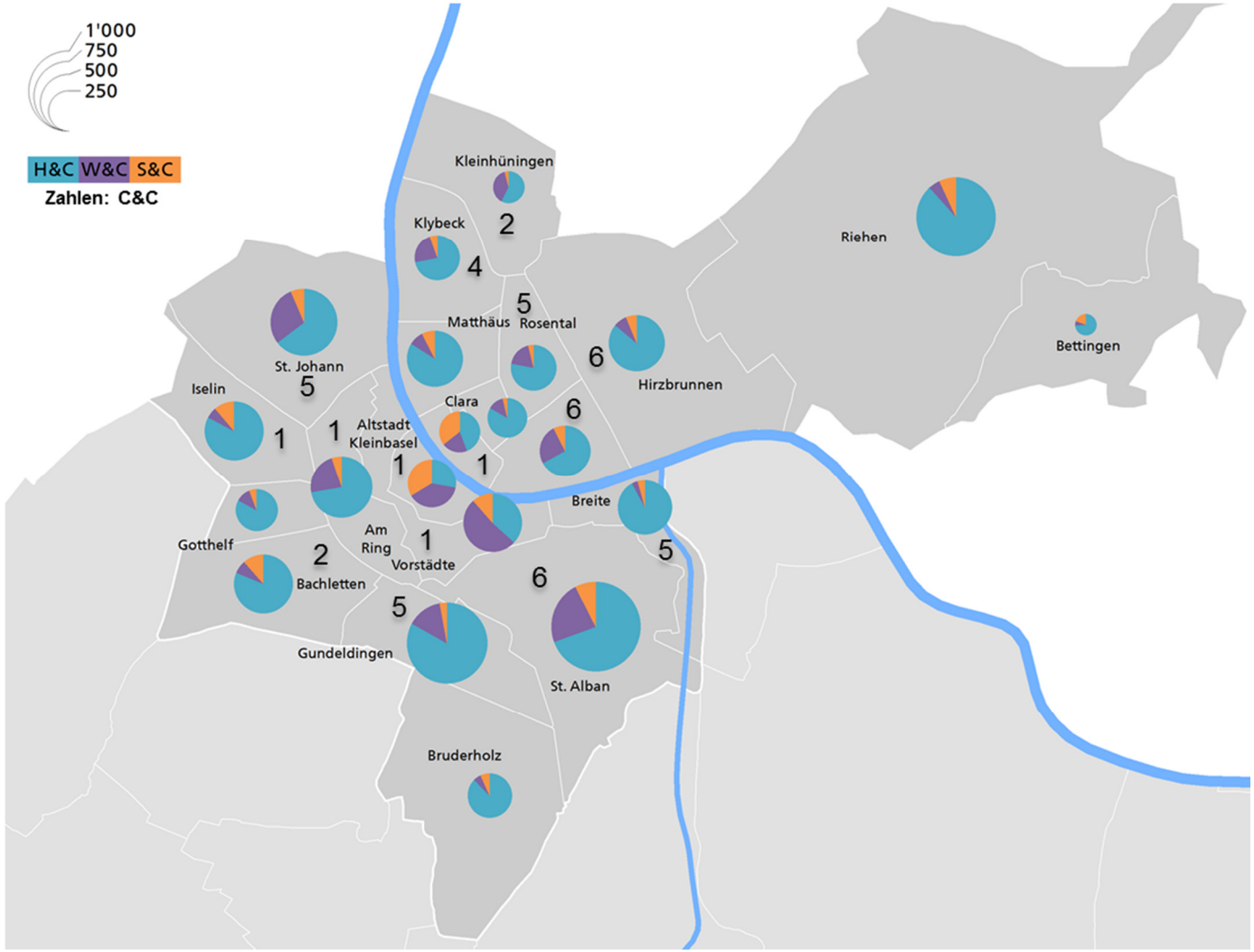

Abbildung 30: Räumliche Verteilung der prognostizierten Nachfrage nach Ladestationen in Basel-Stadt im Jahr 2030 für das Szenario EFF. Hinweis: In der Innenstadt sollen in Zukunft autofreie Zonen geschaffen werden. Aus diesem Grund werden zukünftige Parkplätze und somit auch Ladestationen eher am Rand dieser Zone verortet werden (bspw. in Parkhäusern). Demzufolge wird die Nachfrage nach W&C und S&C Ladestationen in der Innenstadt tendenziell tiefer ausfallen als es hier dargestellt ist.

5.8.2 Coffee & Charge

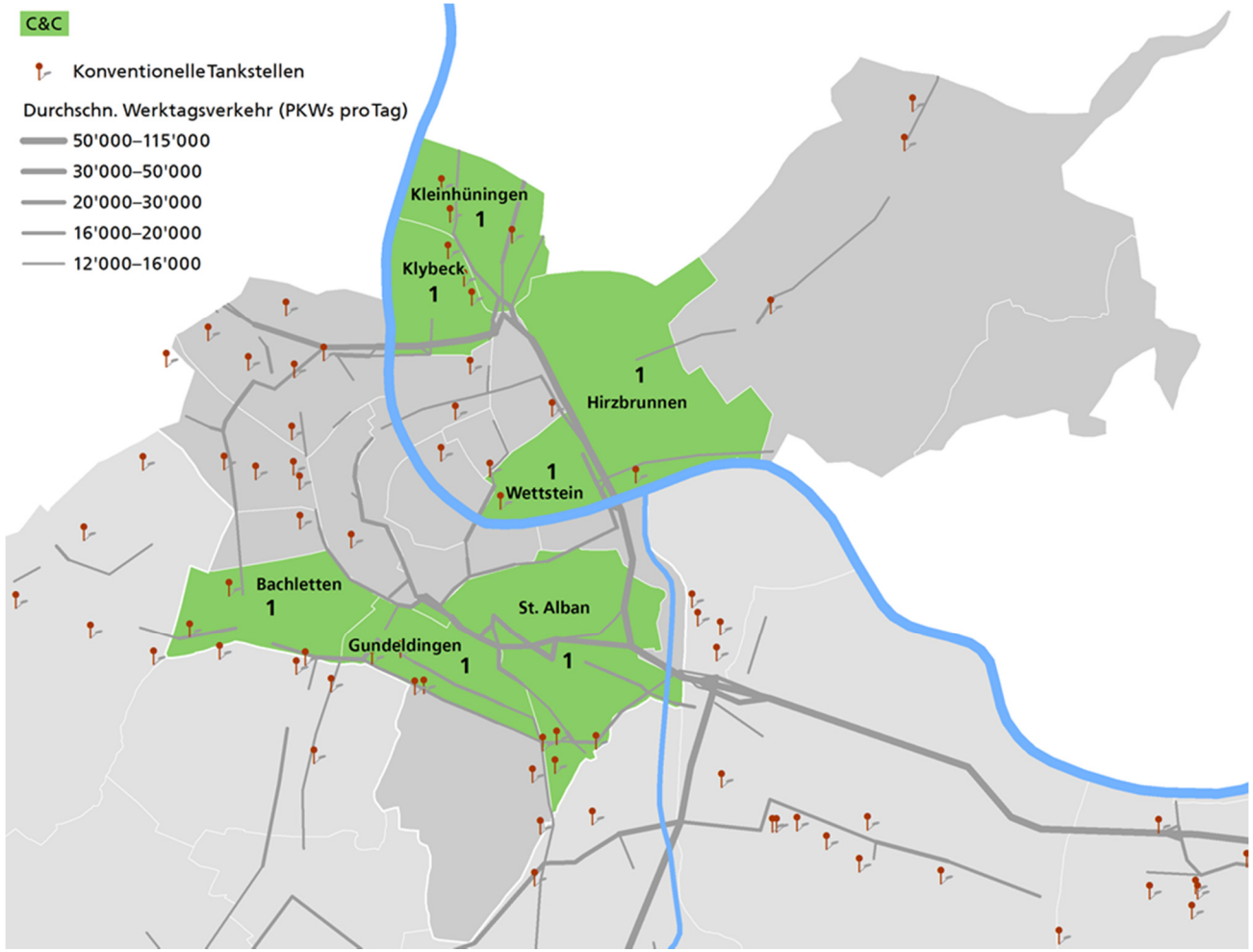

Abbildung 31: Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen (Zahlen) je Quartier im Szenario EFF 2020 Basel-Stadt. Die schwarzen Linien zeigen den durchschnittlichen Werktagsverkehr ab mindestens 12'000 MFZ pro 24h. Die Stecknadeln zeigen die aktuellen Treibstofftankstellen. Sämtliche Resultate für alle Stichjahre und Szenarien befinden sich im Anhang.

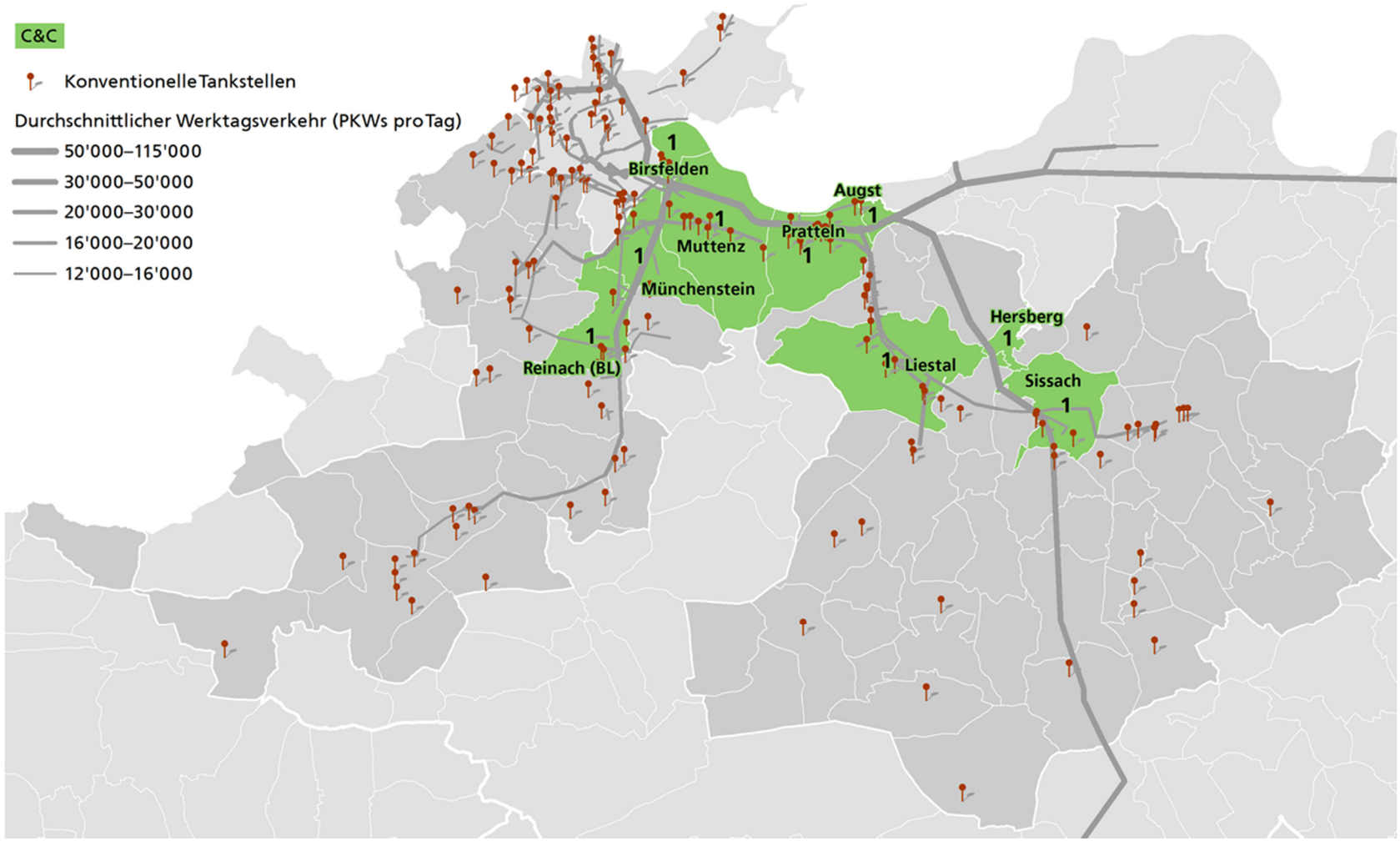

Abbildung 32: Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen (Zahlen) je Gemeinde im Szenario EFF 2020 Basel-Landschaft. Die schwarzen Linien zeigen den durchschnittlichen Werktagsverkehr ab mindestens 12'000 MFZ pro 24h. Die Stecknadeln zeigen die aktuellen Treibstofftankstellen.

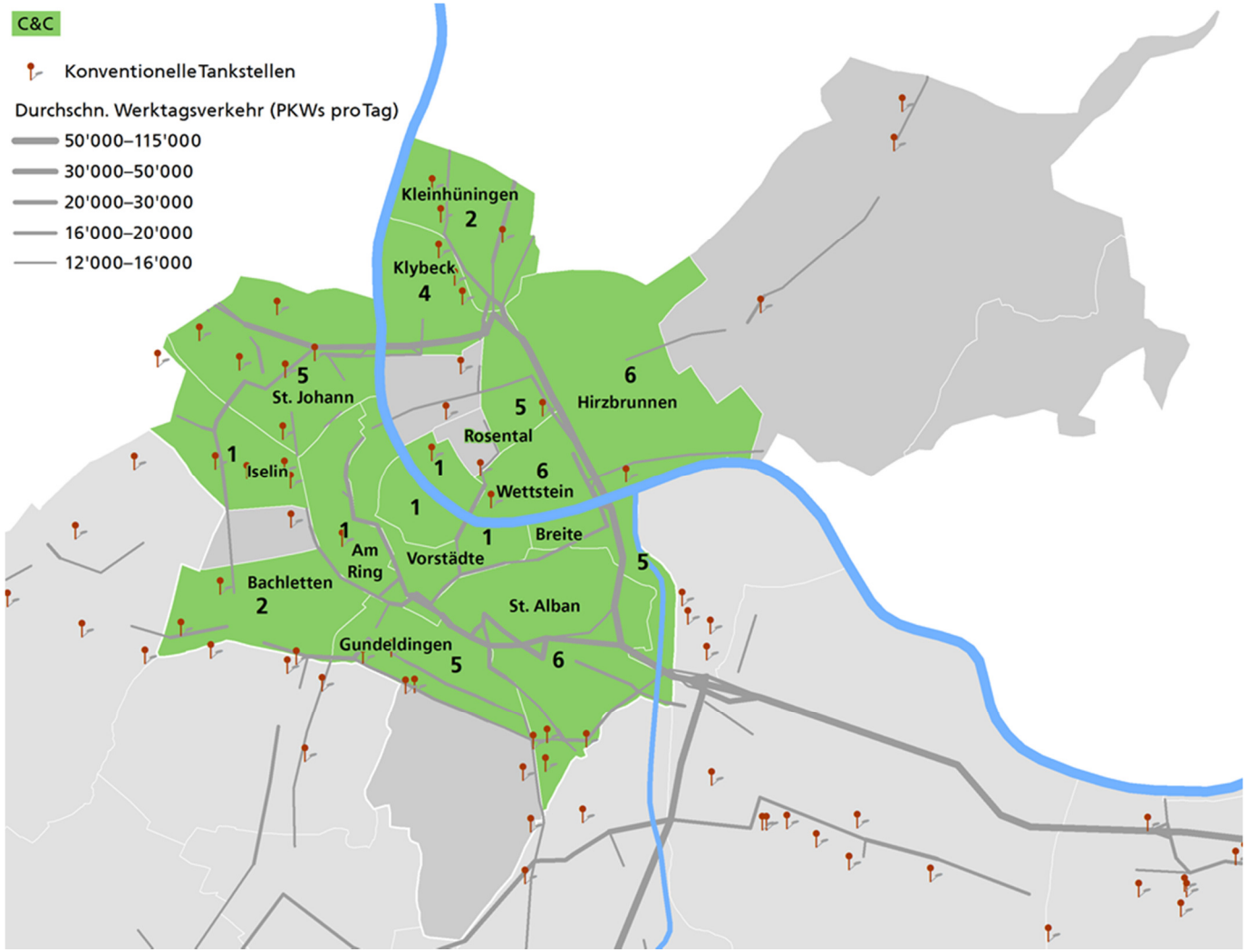

Abbildung 33: Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen (Zahlen) je Quartier im Szenario EFF 2030 Basel-Stadt. Die schwarzen Linien zeigen den durchschnittlichen Werktagsverkehr ab mindestens 12'000 MFZ pro 24h. Die Stecknadeln zeigen die aktuellen Treibstofftankstellen.

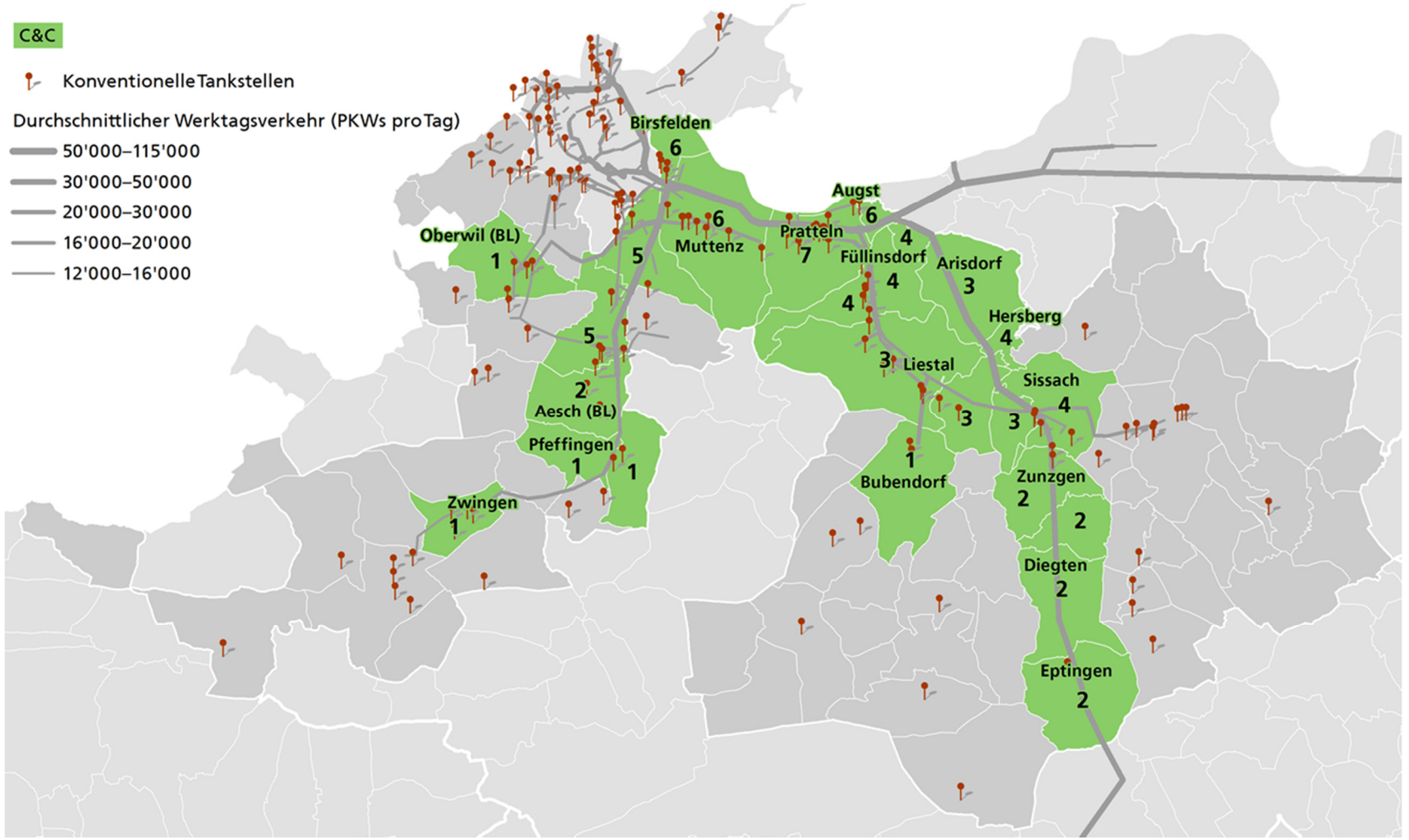

Abbildung 34: Prognostizierte Nachfrage nach Ladestationen (Zahlen) je Gemeinde im Szenario EFF 2030 Basel-Landschaft. Die schwarzen Linien zeigen den durchschnittlichen Werktagsverkehr ab mindestens 12'000 MFZ pro 24h. Die Stecknadeln zeigen die aktuellen Treibstofftankstellen.

5.9 Tagesverlauf der Stromnachfrage

Zur Berechnung der typischen Tagesverlaufskurven wurde ein Excel-basiertes Modell entwickelt. Damit kann das Leistungsprofil für die Region Basel für die zwei Stichjahre 2020 und 2030 für jedes Szenario ermittelt werden. Zusätzlich können Leistungsprofile auch für einzelne Gemeinden oder Quartiere berechnet werden. Ein zentrales Ziel ist es, allfällige Belastungsspitzen zu identifizieren, welche die Netzstabilität beeinträchtigen könnten. Es werden daher folgend Beispiele von Leistungsprofilen für das Stichjahr 2030 im COM Szenario gezeigt, wo die Marktpenetration von Elektrofahrzeugen und somit auch die Netzbelastung am grössten ausfallen.

Für den Kanton Basel-Stadt ergibt sich eine Leistungsspitze von über 5000 kW abends um ca. 19-20 Uhr, verursacht insbesondere durch H&C-Ladevorgänge, während die tiefste Belastung morgens um 5-6 Uhr erwartet wird (siehe Abbildung 35). Im Gegensatz dazu zeigt das Leistungsprofil für das Quartier Basel-Vorstädte eine Lastspitze um die Mittagszeit, verursacht v.a. durch viele W&C-Ladestationen im Verhältnis zu den anderen Ladetypen (siehe Abbildung 36). Ähnlich sieht es in der Altstadt Kleinbasel aus. In Wohnquartieren wie Gotthelf folgt das Leistungsprofil wie zu erwarten stark dem H&C-Ladeverhalten (siehe Abbildung 37).
Insgesamt spielen im Kanton Basel-Stadt C&C Ladestationen auf Quartier- bzw. Gemeindeebene jeweils eine untergeordnete Rolle.

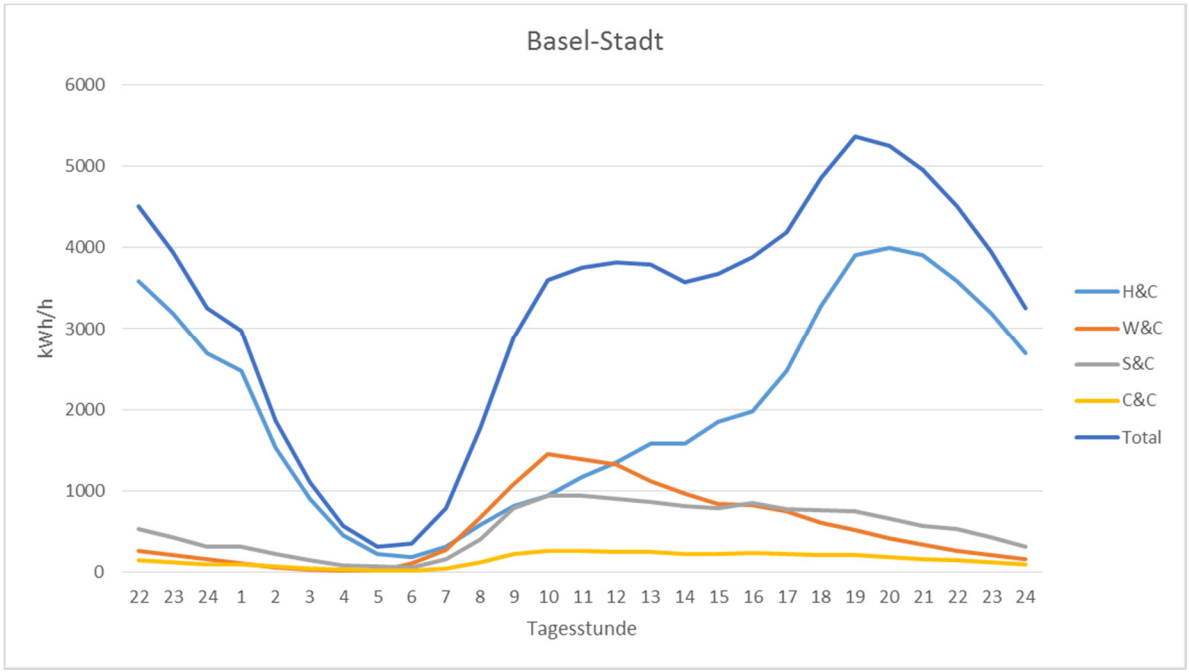

Abbildung 35: Leistungsprofil für den Kanton Basel-Stadt im Jahr 2030, COM Szenario

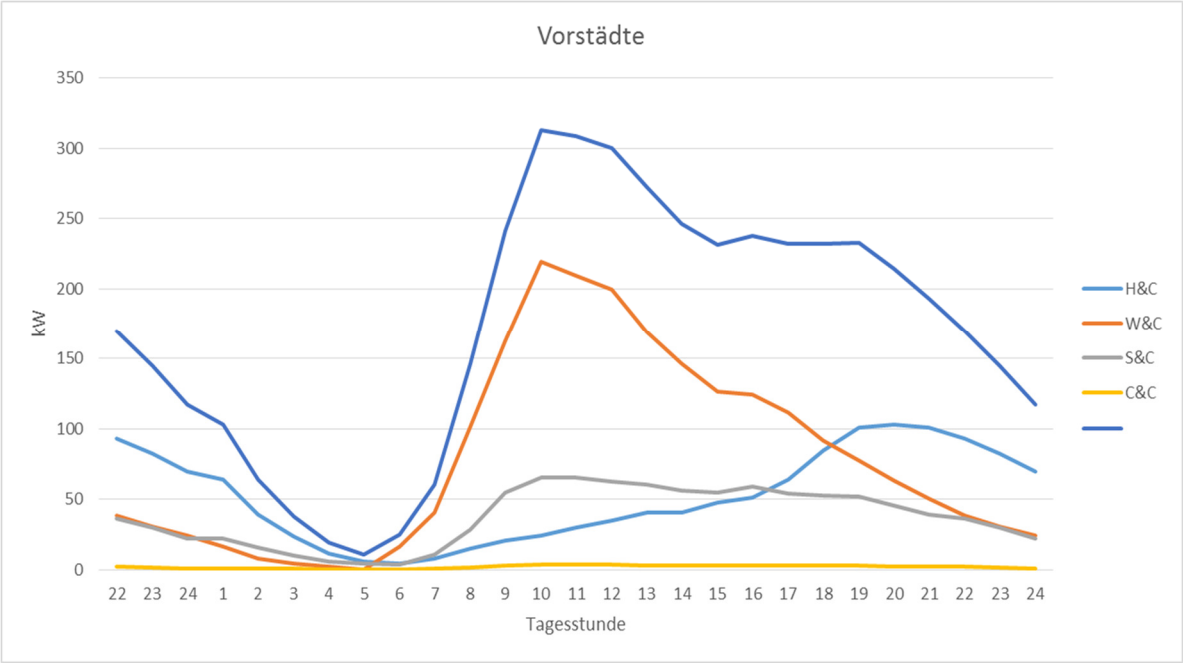

Abbildung 36: Leistungsprofil für Basel-Vorstädte im Jahr 2030, COM Szenario

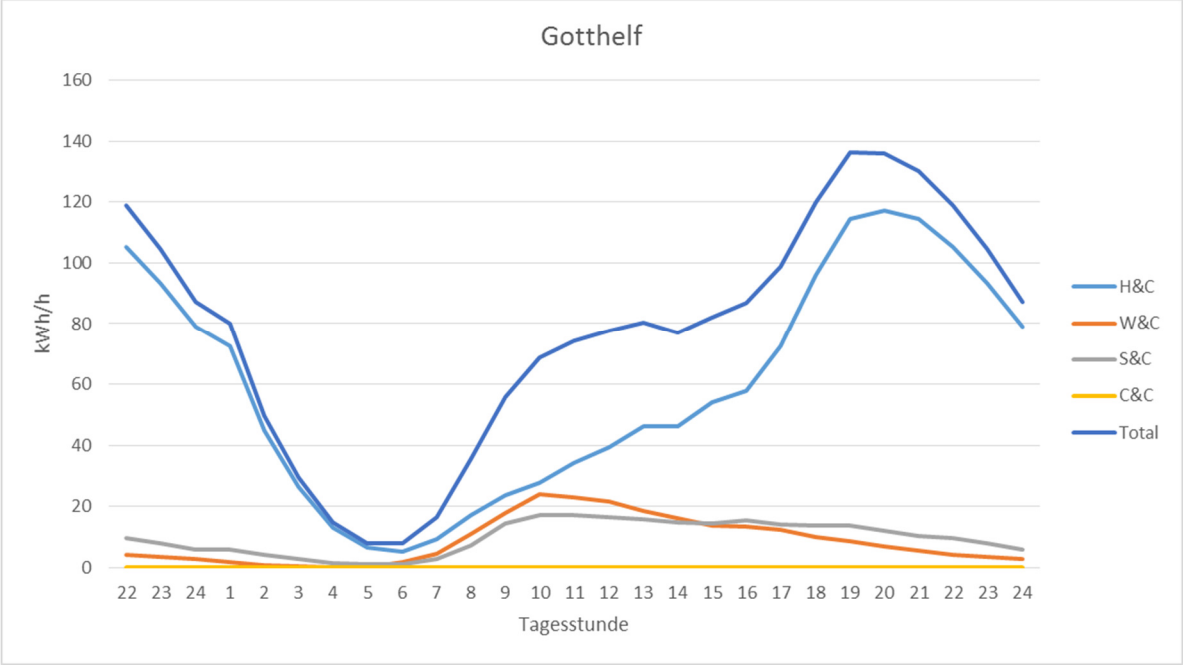

Abbildung 37: Leistungsprofil für Gotthelf im Jahr 2030, COM Szenario

Im Kanton Basel-Land zeigen viele (ländliche) Gemeinden ein Leistungsprofil, das sehr stark dem Tagesprofil von H&C-Ladevorgängen entspricht. Dies spiegelt sich klar im Profil ab (siehe Abbildung 38). Daneben gibt es auch Gemeinden entlang den Hauptverkehrsachsen, wie Pratteln, Augst oder Oberwil, die stärker durch S&C-, W&C- und C&C-Ladevorgänge beeinflusst werden (siehe Beispiel Pratteln in Abbildung 39).

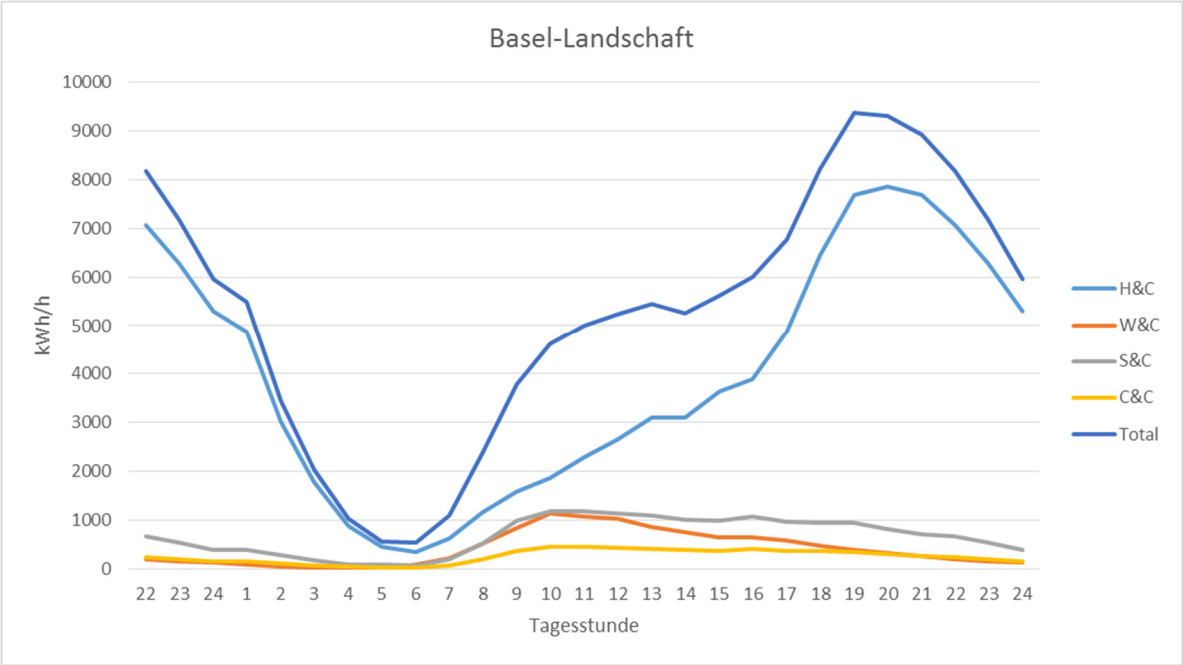

Abbildung 38: Leistungsprofil für Basel-Landschaft im Jahr 2030, COM Szenario

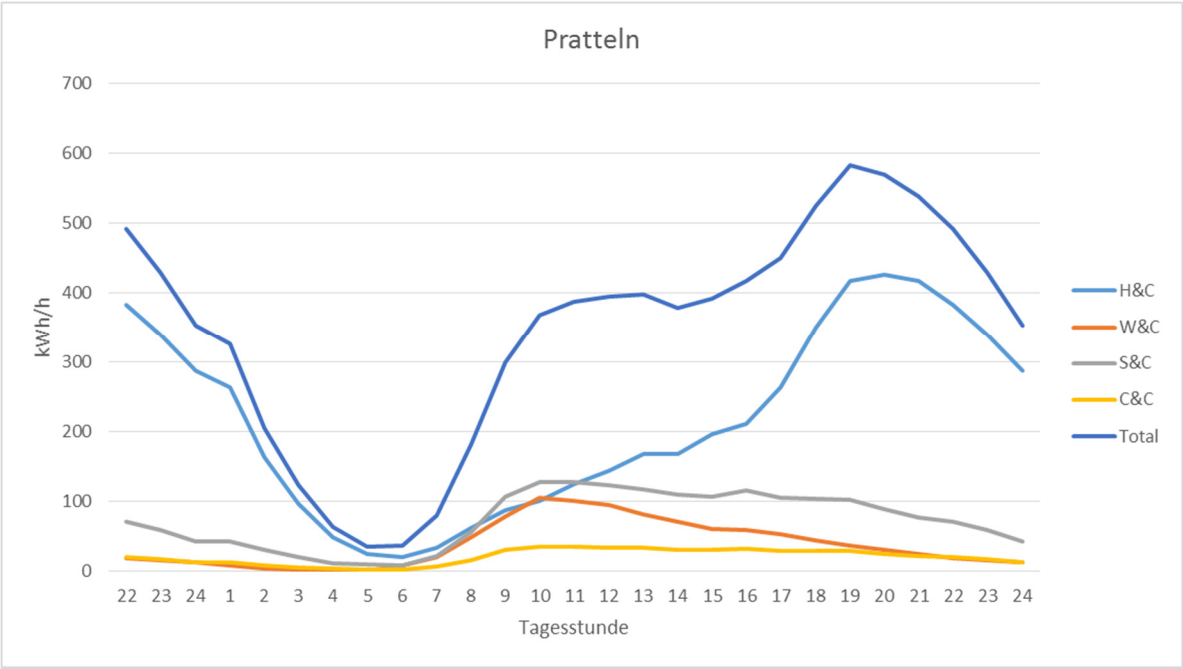

Abbildung 39: Leistungsprofil für Pratteln im Jahr 2030, COM Szenario

6 Möglichkeiten und Nutzen von Schnellladestationen und Fahrzeugen als Netzspeicher

6.1 Voraussetzungen

Bei der Nutzung von Schnellladestationen und Fahrzeugen im Sinne lokaler Netzspeicher, handelt es sich um die intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen und deren Infrastruktur zur Erbringung von Systemdienstleistungen. Die Erwartung an eine solche Einbindung ist, dass Elektrofahrzeuge und deren Infrastruktur einen ausgleichenden Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes leisten könnten. Dies angesichts einer zunehmenden Einspeisung schwankender Stromproduktion, auf höheren Netzebenen wie auch dezentral direkt in den lokalen Netzen.
Einen Beitrag könnten einerseits mit Batterien ausgerüstete Schnellladestationen leisten, anderseits Elektrofahrzeuge, die zu virtuellen Regelleistungskraftwerken zusammengefasst werden.

Grundsätzlich können die folgenden Möglichkeiten von Systemdienstleistungen unterschieden werden:

a) Zeitversetztes Laden/smart charge/low-tariff charging (der Nutzer kann vorgeben, bis wann ein minimaler State-of-Charge erreicht sein muss)
b) Lastabwurf/negative Regelleistung
c) Rückspeisung/positive Regelleistung (der Nutzer kann vorgeben, welcher minimaler State-of-Charge nicht unterschritten werden darf)

Für (a) reicht Rundsteuerungs-Technologie. Für die Ausschöpfung der Potenziale von (b) sowie v.a. von (c) ist eine zentral gesteuerte Kommunikation Voraussetzung, welche den Zugriff erlaubt auf Schnellladestationen bzw. auf Elektrofahrzeuge, welche an Ladestationen angeschlossen sind.

6.2 Smart Charge und Vehicle-2-Grid

Technische und wirtschaftliche Beurteilung

Beim **zeitversetzten Laden** besteht das Geschäftsmodell darin, dass der Energieversorger beim Stromeinkauf das zeitversetzte Laden einplanen kann. Dies reduziert die Stromeinkaufskosten des Energieversorgers. Ein Teil der Ersparnis wird dem Kunden weitergegeben (Niedertarif), ein Teil bleibt beim Energieversorger. Im Gegensatz zur früheren Rundsteuerung würde das zeitversetzte Laden nicht zu fixen Uhrzeiten stattfinden, sondern dynamisch z.B. am Vortag aufgrund der Produktionserwartung und den Strompreisen festgelegt werden. Neben der Verschiebung in Nachtstunden (zur Nutzung günstiger Bandenergie) wird v.a. die Verschiebung in allfällige Mittagsspitzen der Photovoltaik-Überproduktion von Interesse sein. Technisch gesehen genügt dafür heutige Rundsteuerungstechnologie. Zeitversetztes Laden macht nur bei H&C sowie W&C Sinn, nicht jedoch bei S&C oder C&C. Wenn man die geladene Strommengen in Blöcken von 3h zusammenfasst (nur H&C und W&C), so werden im COM-Szenario für das Jahr 2020 Grössenordnungen von 0.3 MWh (BS) und 0.7 MWh (BL) erreicht, die vom Zeitfenster 9-12 Uhr auf 13-15 Uhr verschoben werden könnten, bzw. 0.6 und 1.5 MWh, die von 19-21 Uhr auf die Nacht verschiebbar wären.
Der **Lastabwurf** lässt sich technisch zusammen mit Lösungen für das zeitversetzte Laden implementieren, die Potenziale sind aber geringer: Zu einem gegebenen Zeitpunkt t sind zwar viele Fahrzeuge an einer Ladestation angeschlossen, sie laden aber nicht (mehr). Das technische Lastabwurf-Potenzial ist deshalb ca. um einen Faktor 10 kleiner als bei der Rückspeisung. Das Geschäftsmodell besteht darin, ein virtuelles Kraftwerk für negative Regelenergie anzubieten. Dabei sind grössere Mengen an Fahrzeugen nötig, um auch zu Tageszeiten mit hoher Mobilität (die Fahrzeuge sind dann nicht mit dem Netz verbunden) eine entsprechende Regelenergie anbieten zu können. Zwar kann mit einfacher Rundsteuerung

der Lastabwurf bewerkstelligt werden; dabei ist aber nicht klar, wie viel Leistung effektiv abgeworfen wird. Nur bei einer entsprechenden zentralen Steuerung, welche die tatsächliche Verfügbarkeit der einzelnen Fahrzeuge berücksichtigt, kann der Lastabwurf so gesteuert werden, dass eine genau definierte und garantierte Leistung abgeworfen werden kann.
Bei der **Rückspeisung** gilt zu beachten, dass Fahrzeugbatterien zwar hohe Leistungen abgeben können, in ihnen aber relativ wenig Energie gespeichert ist. Die Rückspeisung ist deshalb v.a. im Bereich sehr kurzfristiger, kurz andauernder Regelenergie bis 15 Minuten möglicherweise relevant, nicht jedoch betreffend der längeren Speicherung grösserer Energiemengen. Es gibt derzeit jedoch noch keine existierenden Geschäftsmodelle dazu. Die Bezahlung des Batterieinhabers für die im Einzelfall zurückgespeiste Strommenge erscheint zu kompliziert und illusorisch. Die Verwendung der Rückspeisung durch den Energieversorger im Rahmen von Flat-Rate-Modellen ist denkbar: Bleibt die Batterie im Eigentum z.B. des Energieversorgers, kann er sie für die Rückspeisung verwenden ohne Entschädigung des Besitzers des Fahrzeugs. In der Literatur wird als weiteres Geschäftsmodell die Hinauszögerung des Netzausbaus auf unterster Netzebene aufgeführt. Dies ist im Grundsatz richtig, in der Praxis erscheinen die Potenziale aber gering. Wenn im Einzelfall ein Ausbau auf NE7 hinausgezögert werden soll, während gleichzeitig zunehmende stochastische dezentrale Einspeisung stattfindet, wären stationäre (allenfalls provisorische, in der Nähe von Trafostationen aufgestellte) Speichersysteme zu bevorzugen.

Tabelle 16: Geladener Fahrstrom in kWh pro Stunde, nur H&C und W&C, im COM-Szenario

	Kanton Basel-Stadt				Kanton Basel-Landschaft			
Stunde	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
1	26	127	579	1'952	61	308	1'432	4'849
2	16	75	345	1'163	36	184	854	2'891
3	9	46	210	706	22	111	518	1'755
4	5	23	105	353	11	56	259	877
5	2	9	41	139	4	22	102	345
6	2	10	44	148	5	23	108	367
7	5	25	113	380	12	60	279	943
8	10	50	228	768	24	121	564	1'908
9	15	73	335	1'128	35	178	828	2'802
10	19	93	424	1'428	45	225	1'048	3'548
11	21	100	458	1'542	48	243	1'132	3'831
12	22	107	488	1'643	52	259	1'206	4'084
13	23	112	514	1'730	54	273	1'270	4'298
14	22	107	492	1'655	52	261	1'215	4'113
15	24	115	526	1'773	56	280	1'301	4'405
16	26	124	568	1'912	60	302	1'403	4'750
17	30	146	668	2'250	71	355	1'651	5'590
18	37	182	833	2'806	88	443	2'059	6'972
19	44	211	968	3'261	102	515	2'393	8'102
20	44	213	974	3'280	103	518	2'407	8'151
21	43	208	954	3'214	101	507	2'359	7'987
22	39	190	869	2'928	92	462	2'149	7'276
23	35	168	771	2'597	81	410	1'906	6'454
24	29	139	638	2'150	67	339	1'578	5'342

Schwierigkeiten und Hindernisse

Bei allen drei Arten von Systemdienstleistungen besteht eine zusätzliche Schwierigkeit beim Einsatz von Auto-Batterien darin, dass der Benutzer die Möglichkeit haben möchte, den Eingriff in den Ladevorgang abzulehnen, z.B. wenn er bald wieder wegfahren und eine volle Batterieladung haben möchte. Früher konnte man über Mittag die Waschmaschine nicht verwenden. Etwas Analoges beim Elektrofahrzeug wäre denkbar, bspw. keine Möglichkeit über mehrere Stunden das Auto aufzuladen. Dies führt zu einer zusätzlichen vertraglichen wie auch technischen Komplexitätsdimension. In der Vertragspraxis wären Unterbrechungen des Ladevorgangs für bis maximal 15 Minuten bei H&C sowie W&C wohl durchsetzbar ohne

Möglichkeit des Nutzers, den Ladevorgang nicht unterbrechen zu lassen („Vetorecht“). Für Lastabwurf besteht die Schwierigkeit deshalb weniger ausgeprägt als für zeitversetztes Laden und Rückspeisung.
Ein Haupthindernis ist die Kombination der Systemdienstleistungen mit dem Benutzerbedürfnis, einen minimalen State-of-Charge zu erreichen oder zu halten. Dies bedingt eine Kommunikation mit dem Auto und stellt neue Herausforderungen an den Energieversorger und/oder Hersteller/Betreiber der Ladestation.
Bei der Rückspeisung ist die Kommunikation mit und die Kooperation des Batteriemanagementsystems des Autos erforderlich, und es benötigt bidirektionale Ladegeräte. Es ist nicht davon auszugehen, dass Autohersteller der Kommunikation und Kooperation ihrer Fahrzeuge mit Dritten, namentlich mit örtlichen Energieversorgern, viel Gewicht beimessen werden. Wenn schon, ist auf mittlere bis längere Frist der direkte Einstieg der Fahrzeughersteller in dieses Geschäftsfeld zu erwarten.

Fazit: Für sich betrachtet kann die Erbringung von Netzdienstleistungen durch Elektrofahrzeuge zwar als sinnvoll betrachtet werden. Weil jedoch konkurrierende Technologien (direktelektrische Wasserwärmer, Wärmepumpen, Kühl- und Gefriergeräte) bei niedrigeren Grenzkosten gleich grosse Potenziale aufweisen betreffend zeitversetztes Laden und Lastabwurf, und dabei weniger technologische Hindernisse auftreten, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass Geschäftsmodelle eher bei solchen konkurrierenden Technologien realisiert würden. Bei der Rückspeisung elektrischer Energie stellen Fahrzeugbatterien oft den einzigen überhaupt vorhandenen dezentralen Speicher dar. Das Hauptproblem ist hier, dass die Verfügbarkeit der Autos nicht garantiert ist (sie können unterwegs sein, soeben mit niedrigem SOC zurückgekehrt sein oder sollten mit voller Batterie für eine Autofahrt bereitstehen). Damit geht der potenzielle Vorteil des lokalen Ausgleichs auf unterster Netzebene verloren. Elektroauto-Batterien können dies nie alleine leisten, da sie nie lokal gesichert zur Verfügung stehen. Stationäre Batterien, dies können auch 2nd-life-Elektroauto-Batterien sein, stehen hier im Vordergrund.
Auch wenn die Potenziale des zeitversetzten Ladens vielversprechend sind, ist festzuhalten, dass völlig autarke, nur auf dezentral erzeugter erneuerbarer Energie basierende Elektromobilität eine Herausforderung darstellt und nur mit zusätzlichen Kosten für Speichersysteme möglich ist. Exemplarisch für den Fall, dass nur Photovoltaik zur Verfügung stünde, zeigt Abbildung 40, dass zwei Elemente erforderlich wären: (i) Für Autopendler Verzicht auf Aufladen zuhause, dafür Aufladen am Arbeitsplatz tagsüber, mit einer entsprechenden (in diesem Bericht nicht zugrunde gelegten) Verlagerung von Ladestrom-Anteilen von H&C in Richtung W&C; (ii) für die übrigen Elektroautos: Aufladen im Laufe des Tages vor/nach den jeweiligen Fahrten, d.h. oft wird das Fahrzeug erst am nächsten Tag nach 9 Uhr morgens überhaupt wieder aufgeladen.

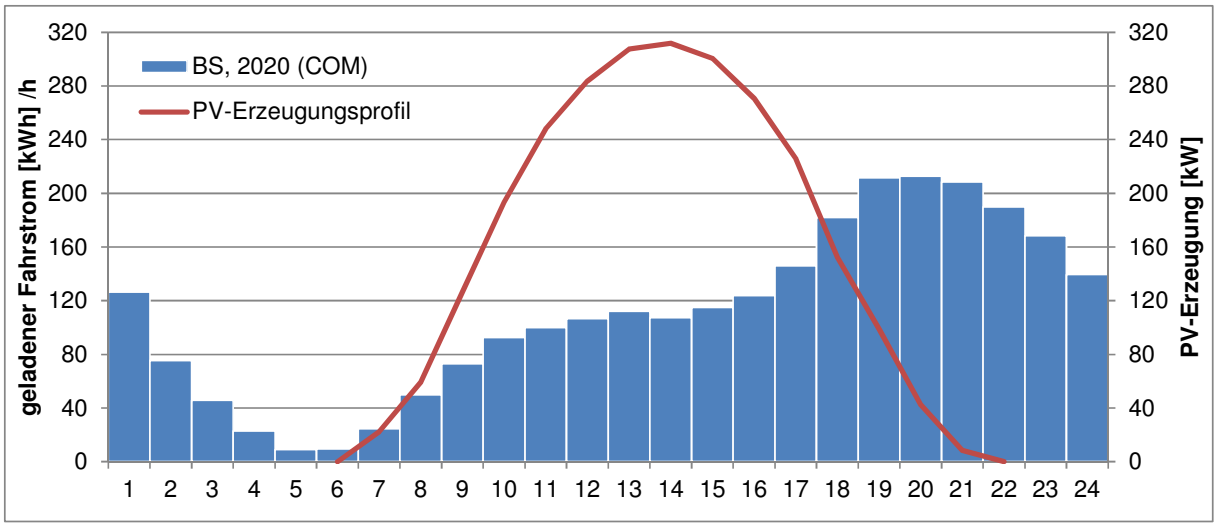

Abbildung 40: Gegenüberstellung des Tagesgangs von geladenem Fahrstrom für H&C und W&C mit einem prototypischen Photovoltaik-Erzeugungsprofil (PV-Erzeugung in der Abbildung entspricht der Menge des geladenen Stroms).

Zusammenfassend kann deshalb festgehalten werden:

i) Die Potenziale für zeitversetztes Laden sind deshalb gross, weil konventionelle Technologien eingesetzt werden können und Geschäftsmodelle erkennbar sind;

ii) Der Hauptnutzen des zeitversetzten Ladens besteht darin, zusätzliche Kosten für den Netzausbau auf unterster Netzebene zu vermeiden; dank zeitversetztem Laden können die Lasten für den lokalen Trafo begrenzt werden (für eine Illustration siehe z.B. Eurelectric 2011);

iii) Bei Lastabwurf sind die technischen Potenziale gering (die meisten an einer Ladestation angeschlossenen Fahrzeuge laden zum Zeitpunkt t gar nicht), die Realisierung ist zusammen mit dem zeitversetzten Laden aber möglich. Für Unterbrüche bis 15 Minuten scheint ein Verzicht auf ein „Vetorecht“ des Fahrzeugbesitzers denkbar;

iv) Bei Rückspeisung ab Elektroauto-Batterien sind die Potenziale gering, die Hürden sind aber beträchtlich und gefährden somit die Realisierung von Geschäftsmodellen; andere Technologien (Lastabwurf bei stationären Anwendungen; Rückspeisung aus stationären Batterien inkl. 2nd-Life-Elektroauto-Batterien) scheinen attraktiver. Auch sind keine Normen vorhanden oder absehbar, welche die Rückspeisung standardisieren würden (NPE 2013b).

Die technischen Hindernisse sind bei Schnellladestationen mit lokalem Batteriepuffer geringer. Unsicher ist allerdings, ob und zu welchem Anteil Schnellladestationen überhaupt mit einer stationären Batterie ausgerüstet sein werden. Dies wird im nächsten Unterkapitel thematisiert.

Exkurs: Verkürzt Schnellladung die Batterielebensdauer? Die Lebensdauer einer Batterie wird von zwei Entwicklungen bestimmt: Von der kalendarischen Lebensdauer, d.h. der reinen Alterung. Und von der Anzahl Lade-Entlade-Zyklen. Schnellladung beeinflusst die kalendarische Alterung nicht. Es ist eine in der Literatur umstrittene Frage, welchen Einfluss die Schnellladung auf die maximal mögliche Anzahl Lade-Entlade-Zyklen hat. Studien wie VDI (2011) behaupten, dass die Lebensdauer verkürzt wird. Neuere Messungen legen allerdings nahe, dass erstens die kalendarische Alterung in aller Regel dominant ist, und nicht die Anzahl Lade-Entlade-Zyklen, und dass zweitens der Einfluss der Schnell-Ladung auf die Maximalanzahl Lade-Entlade-Zyklen gering ist. Damit besteht der Einfluss zwar aus technischer Sicht prinzipiell schon, ist aber wohl im Alltag nicht erheblich.

6.3 Mögliche Regelkapazitäten von Schnellladestationen

Ein flächendeckender Ausbau von Schnellladesäulen, welcher in einer Sensitivitätsanalyse betrachtet wurde, führt bereits ab etwa 6 Schnellladestationen pro städtischem Netzgebiet zu Überlastungen und somit zu theoretischem Speicherbedarf (BFE, 2013). Eine Zwischenspeicherung in einem stationären Speicher zur Vermeidung von ladebedingten Netzüberlastungen stellt hier eine mit hohen zusätzlichen Kosten verbundene Lösung dar.
Die Entwicklung dezentraler Batteriespeicher, welche lokale Schwankungen im Netz abfedern und Stromüberschüsse speichern können, steht jedoch erst ganz am Anfang:

- Bei der EKZ in Dietikon ist der erste und grösste Batteriespeicher der Schweiz und einer der grössten Europas nun bereits seit zwei Jahren in Betrieb. Das System wurde in Dietikon in die vor Ort bestehende Netzinfrastruktur eingebunden. Zum Testkonzept gehören eine Photovoltaik-Anlage, Schnellladestationen für Elektromobile sowie ein Bürogebäude der EKZ. Ob sich der Einsatz eines Batteriespeichers in Zukunft finanziell rechnet ist fraglich, da die Herstellung der Batterien sehr teuer ist (EKZ, 2014).
- Seit Ende letzten Jahres untersucht in der Hamburger HafenCity ein Teilprojekt den Einsatz von ausgedienten Elektrofahrzeugbatterien als Leistungspuffer von Schnell-Ladestationen für Elektrofahrzeuge, um so das Stromnetz während des Ladevorgangs zu entlasten (Windkraft-Journal, 2014).

Eine fundierte Aussage bezüglich des Einsatzes von lokalen Energiespeichern bei Schnellladestationen zur Entlastung der Netze kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht getroffen werden.

7 Zentrale Elemente der prospektiven Infrastrukturplanung

7.1 Einbindung des Baus von Ladestationen in den Planungsprozess

Bei der Planung der Ladeinfrastruktur sollte zuerst nach den zu ladenden Fahrzeugtypen (E-Bikes und Kat.-L.-Leichtfahrzeuge auf der einen Seite; Kat.-M_1-Elektrofahrzeuge auf der anderen Seite) differenziert werden. Danach können die Anforderungen an die Ladeinfrastruktur abgeleitet werden (AC (Wechselstrom) und DC (Gleichstrom) mit der gewünschten Ladeleistung).
Es ist davon auszugehen, dass die erforderliche Ladeleistung limitiert bleiben wird und auch bauseitig limitiert werden darf: Infolge der auch künftig zunehmenden Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge sowie der Reduktion des Energiebedarfs (einerseits reduzierte Verluste in Ladegerät, Batterie, Elektromotor; anderseits Fahrgewichtreduktion dank leichterer Batterie mit höherer Energiedichte), bei erhöhter Reichweite und damit reduzierten State-of-Charge Anforderungen, wird der Bedarf nach hohen Ladeleistungen eher zurückgehen als ansteigen.
Bei kleineren Batteriekapazitäten wie sie bei E-Bikes und kleinen Elektrofahrzeugen ausreichen, erfolgt der Anschluss an das Wechselstromnetz einphasig durch die Nutzung vorhandener Haushaltssteckdosen und Anschlussleitungen. Bei den grösseren, „normalen“ Elektrofahrzeugen mit höheren Batteriekapazitäten dürfte in Zukunft hauptsächlich 3-phasig (AC) oder über DC geladen werden – sofern die elektrische Installation dies zulässt.

Je nach Ladestationstyp (z. B. S&C) gibt es andere Anforderungen an den Aufstellungsort. Dies umfasst das Vermeiden von Stolperfallen durch geeignete Kabelführung, das Fundament (bzw. allgemein die mechanische Festigkeit) und Schutz vor Vandalismus und – bei Aufstellung im Freien – der Schutz vor Umwelteinflüssen. Der Aufstellungsort ist so zu wählen, dass die Verwendung von Verlängerungskabeln vermieden werden kann. Wandstärke und –material bei der Ladestation/Wallbox sind zu berücksichtigen, stellen aber wohl normalerweise kein Problem dar.

Die Ladeinfrastruktur sollte in der unmittelbaren Nähe von ein oder zwei Parkplätzen aufgestellt werden können, ohne das Verkehren der Fahrzeuge zu beeinträchtigen. Es sollte am Aufstellungsort eine ausreichende Beleuchtung vorhanden sein (mit höherer Leuchtkraft als in Einstellhallen und Parkgaragen heute gemeinhin üblich). Der physikalische Zugriff auf die Technik sollte getrennt sowohl für das Personal des verantwortlichen Energieversorgers/Verteilnetzbetreibers als auch für jenes eines allfälligen Ladestationsbetreibers gesichert sein.

Neben dem Bau von Ladestationen kann auch die Einplanung stationärer Batterien ein Thema werden – weil stationäre Batterien besser als Elektrofahrzeug-Batterien geeignet sind als Energiespeicher für ein „intelligentes Stromnetz“. Batterien für Elektrofahrzeuge sind teurer als solche, die im Haus selbst installiert wären, weil sie Unfall-sicher sein müssen und auf grössere Temperaturschwankungen ausgelegt sind.

Eine Übersicht über die wichtigsten Normen enthält NPE (2013b): Zu erwähnen sind namentlich DIN VDE 0100-722 (Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen; elektrische Festinstallation) und die geplante ISO 17409.

Exkurs induktives Laden: Beim induktiven Laden erfolgt die Energieübertragung kabellos durch ein elektromagnetisches Feld, ähnlich wie bei einem Induktionskochfeld oder einer elektrischen Zahnbürste, zum Beispiel über eine Bodenplatte in der Mitte des Parkfeldes. Diese Technologie ist aktuell (Stand Juni 2014) noch nicht kommerziell für Elektrofahrzeuge verfügbar. Es ist fraglich, ob sie sich je wird etablieren können. Wenn die Induktionsspulen von Fahrzeug und Bodenplatte nicht perfekt aufeinander ausgerichtet und sehr nahe zueinander gebracht werden können, sinkt die Energieeffizienz des Aufladevorgangs stark (NPE 2013b nennt zwar mögliche Luftabstände von 150mm; bei solchen Entfernungen sinkt jedoch die Energieeffizienz bereits empfindlich). Es wird deshalb in Zukunft ausschlaggebend sein, dass entweder das Fahrzeug automatisch (nicht manuell durch den Benutzer) positioniert wird oder die Bodenspule sich nach-adjustieren lässt. Dies scheint aus heutiger Sicht nur bei proprietären Systemen umsetzbar, auch wenn erste VDE-Normen für das induktive Laden in Erarbeitung sind (NPE 2013b). Solche proprietären Systeme setzen sich aber im Markt kaum durch (wie das Beispiel von „better place“ aufzeigt). Für den vorliegenden Bericht wird deshalb davon ausgegangen, dass induktives Laden über Bodenplatten keine Rolle spielen wird. Das induktive Laden über eine Spule, welche manuell ins Auto eingeführt wird (statt eines „Steckers“ mit Kupferkontakt-Übertragung) stellt zwar physikalische gesehen auch einen induktiven Ladevorgang dar, ist aber infrastruktur-seitig gesehen gleich zu betrachten wie ein normaler Stecker und wird hier deshalb nicht getrennt behandelt.

7.2 Kostenersparnis bei einer frühzeitigen Infrastrukturplanung

Die frühzeitige Berücksichtigung und Planung der Ladeinfrastruktur ist notwendig für den möglichst kosteneffizienten Ausbau der Infrastruktur. Wie Abbildung 41 zeigt, wird bis 2030 im COM-Szenario fast bei jeder Wohneinheit (Wohnung oder Hausteil), welche neu gebaut oder vollständig renoviert wird, der Zubau von H&C-Ladestationen zu prüfen sein, denn insgesamt über die beiden Kantone BS und BL gesehen entspricht die Anzahl der neu benötigten jährlichen Ladestationen in etwa der gesamten Bautätigkeit. Natürlich werden auch Ladestationen an Gebäuden eingerichtet, die nicht neu renoviert werden. Dennoch zeigen die involvierten Grössenordnungen, dass nur bei sehr frühzeitiger Planung die Zusatzkosten minimiert werden können. Der Einbau von Leerrohren wird deshalb in den meisten Publikationen empfohlen (siehe z.B. SFE 2013). Dies kann unter der Perspektive des erforderlichen beschleunigten Zubaus von Ladestationen ab 2025 tatsächlich deutliche Reduktionen späterer Kosten bewirken.

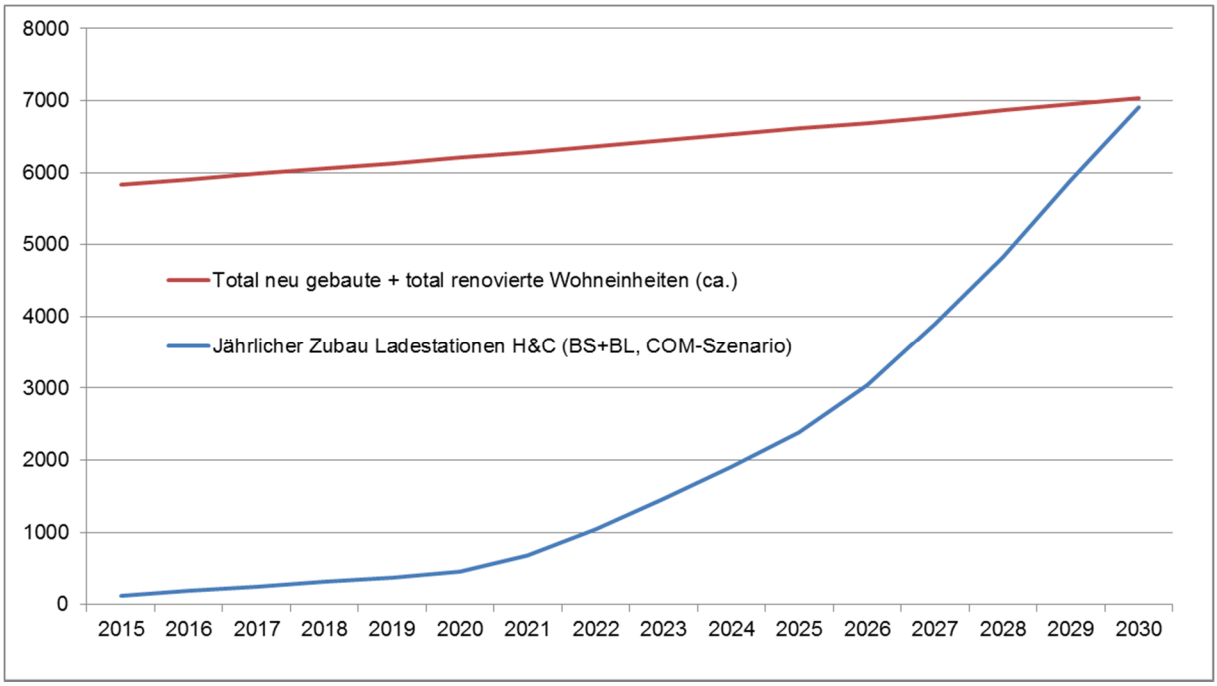

Abbildung 41: Gegenüberstellung der Anzahl jährlich neu zu erstellenden Anzahl H&C-Ladestationen und der geschätzten Anzahl jährlich neu gebauten oder total renovierten (1% des Gesamtbestandes) Wohneinheiten.

7.3 Einbindung zentraler Akteure und Best Practices

Die Ergebnisse aus dem noch laufenden Forschungsprojekt „KORELATION“ des Verbands e-mobile zeigen, dass die weitere Informierung von Akteuren in Bezug auf Elektromobilität und ihre Ladeinfrastruktur notwendig ist. In der Schweiz empfehlen alle Fachverbände, die Hausinstallation durch eine Fachperson überprüfen zu lassen, bevor die Ladevorrichtungen genutzt werden. Erstaunlich viele Teilnehmende am erwähnten Forschungsprojekt, v.a. Private, verzichteten allerdings auf eine solche Kontrolle. Die Meinung, beim Laden mit 8 Ampère sei dies nicht nötig, ist weit verbreitet und wird teilweise auch durch die Autoverkäufer unterstützt. Die Betreiber von Firmen-Elektroautos nehmen diesen Sicherheitsaspekt ernster. Daher sind ihre Kosten für die Anpassung der Installation aber eben auch höher. Generell gibt es beim Thema Hausinstallation noch grossen Informationsbedarf, sowohl bei den Autoverkäufern als auch bei den Kunden (Electrosuisse, e’mobile und VSE 2014).

Für die Besitzer, Betreiber oder Vermieter einer Liegenschaft stellt sich die Frage, welche Ladeinfrastruktur künftig aufgebaut werden soll, und welche elektrischen Installationen hierfür erforderlich sind. Auch die nötigen Investitionen und ihre Weiterverrechnung an die Nutzer sind ein Thema. Wenn Parkplätze mit Ladeinfrastruktur ausgerüstet werden, sollten diese auch klar als solche markiert, signalisiert und reserviert werden. Eine gute Erkennbarkeit verbunden mit der vorgesehenen Nutzung ausschliesslich für den Ladevorgang sorgt für Attraktivität und eine gute Auslastung der Station.

In Mietverträgen werden Vermieter deshalb neu Regeln aufnehmen müssen, was passiert, wenn Mieter Ladestation-Parkplätze zu lange belegen oder dazu gar nicht berechtigt sind.
Eine vorausschauende Planung und Errichtung geeigneter Ladepunkte kann verhindern, dass Fahrzeugbesitzer (z. B. Mieter) ihre Fahrzeuge unter Verwendung von Verlängerungskabeln usw. aus vorhandenen Steckdosen aus Wohnungen und Kellerräumen mit Strom versorgen.
Für Architekten und Bauherren sollte bei der Planung von Neu- oder Umbauten berücksichtigt werden, dass die für den Zeitraum nach 2020 deutlich wachsenden Verkaufszahlen von

Elektrofahrzeugen schon heute einzuplanen sind. Bei Neu- und Umbauten empfiehlt es sich, eine ausreichende Anzahl Leerrohre in geeignetem Durchmesser oder Kabel geeigneter Querschnitte zu den geeigneten Standorten, und Platzreserven in den Verteilern vorzusehen. In grossen Liegenschaften ist zudem zu prüfen, ob jedem Stellplatz eine direkt an den Mieter-Stromzähler angeschlossene Ladung ermöglicht wird.

8 Referenzen

ABB (2014). Electric Vehicle Charging Infrastructure. http://www.abb.com/product/us/9AAC173954.aspx?country=CH. Abgerufen am 03.03.2014.

Accenture (2011). Plug-in electric vehicles: Changing perceptions, hedging bets. Accenture end-consumer survey on the electrification of private transport, 48 Seiten.

Anderson, D. L. (2009). An Evaluation of current and future costs for Lithium-Ion batteries for use in electrified vehicle powertrains. Master of Environmental Management, Nicholas School of the Environment of Duke University.

ART (2011). Bevölkerungsprognose für den Kanton Basel-Landschaft
bis ins Jahr 2035. Amt für Raumplanung. Bau und Umweltschutzdirektion, Kanton Basel-Landschaft.

BFE (2013). Energiespeicher in der Schweiz. Bern. http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/33125.pdf. Abgerufen am 5.6.2014.

BFS (2010). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010–2060. Neuchâtel.

BFS (2011). Statistik der Unternehmensstruktur: Betriebszählung 2011. Neuchâtel. http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Dialog/varval.asp?ma=px-d-06-2A02&ti=Arbeitsst%E4tten+und+Besch%E4ftigte+nach+Gemeinde%2C+Wirtschaftssektor+und+Gr%F6ssenklasse%2C+provisorische+Daten+%28STATENT%29&path=../Database/German_06%20-%20Industrie%20und%20Dienstleistungen/06.2%20-%20Unternehmen/&lang=1&prod=06&openChild=true&secprod=2. Abgerufen am 2.6.2014.

BFS (2013). Bundesamt für Statistik. Leistungen des privaten Personenverkehrs auf der Strasse. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/01/new.Document.165700.pdf. Abgerufen am 19.03.2014.

BFS (2013a). Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung nach Kanton 1990-2012. Neuchâtel.

BFS (2013b). Strassenfahrzeuge in der Schweiz, Inverkehrsetzung neuer Strassenfahrzeuge 1990-2012. Neuchâtel.

BFS (2013c). Strassenfahrzeugbestand nach Fahrzeuggruppe und Kanton 1990-2012. Neuchâtel.

BFS (2014). Bundesamt für Statistik. Infothek. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/onlinedb/stattab/01.topic.9.html. Abgerufen am 18.03.2014.

BFS/ARE 2010. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010.

BRUSA (2014). Produkte, Energie. http://www.brusa.biz/index.php?id=147&L=0. Abgerufen am 20.03.2014.

Deutsche-Bank (2011). The End of the Oil Age: 2011 and beyond: a reality check. D. C. P. Sankey, S. Micheloto: 59.

Duleep, G., van Essen, H., Kampman, B., Grünig, M. (2011). Impacts of Electric Vehicles – Deliverable 2. Assessment of electric vehicle and battery technology. Delft, CE Delft.

EKZ (2014). Die grösste Batterie der Schweiz seit 2 Jahren im Test. http://www.ekz.ch/content/ekz/de/ueberuns/medien/medienmitteilungen/archiv2014/batteriespeicher_dietikon.html. Abgerufen am 21.05.2014.

Electrosuisse, e'mobile und VSE. Anschluss finden. Ausgabe März 2012.

Electrosuisse, e'mobile und VSE. Anschluss finden. Ausgabe August 2014.

Elektromobilität 2012, Bericht des Bundesamts für Strassen ASTRA. http://www.astra.admin.ch/themen/05534/05734/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCEdIJ8fWym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--. Abgerufen am 14.05.2014.

Erdgasfahren (2014a). Tankstellenverzeichnis, Ausgabe 2014. http://www.erdgasfahren.ch/shop/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/customer/erdgasch/Data/Broschueren/Fahren/tankstellenverzeichnis_d.pdf&t=1395507729&hash=c5a74d5d9a9e57b0ebefb81a0765992326eda56a. Abgerufen am 18.03.2014.

Erdgasfahren (2014b). FAQ. http://www.erdgasfahren.ch/fahren/faq. Abgerufen am 18.03.2014.

Eurelectric (2011). EURELECTRIC views on deployment of EV charging infrastructure. CARS21 – WG1: Infrastructure For Future Transport Fuels. 28 April 2011

EVTEC (2014). Produkte. http://www.evtec.ch/c5website/index.php/de/produkte. Abgerufen am 20.03.2014.

Franke, T. und Krems, J.F. (2013) Understanding Charging Behaviour of Electric Vehicle Users. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 21, November 2013, 75-89, http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2013.09.002.

Fraunhofer ISE (2011). Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Sonne effizient in den Tank packen – Fraunhofer ISE entwickelt Ladegerät für Elektrofahrzeuge mit 97% Wirkungsgrad. http://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2011/sonne-effizient-in-den-tank-packen-fraunhofer-ise-entwickelt-ladegeraet-fuer-elektrofahrzeuge-mit-97-wirkungsgrad. Abgerufen am 16.03.2014.

Fraunhofer ISI (2011). Produkt Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030. F. I. f. S.-u. Innovationsforschung: 28.

Helms, H., Pehnt, M., Lambrecht, U. und Liebich, A. (2010). Electric Vehicle and Plug-In Hybrid Energy Efficiency and Life Cycle Emissions. http://www.ifeu.org/verkehrundumwelt/pdf/Helms%20et%20al.%20(2010)%20Electric%20vehicles%20(TAP%20conference%20paper).pdf. Abgerufen am 15.01.2014.

IEA (2011). International Energy Agency. Technology Roadmap - Electric and plug-in hybrid electric vehicles. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EV_PHEV_Roadmap.pdf. Abgerufen am 23.01.2014.

Nielsen, L.H. und Jørgensen, K. (2000). Electric Vehicles and Renewable Energy in the Transport Sector – Energy System Consequences. http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:88050/datastreams/file_7729003/content. Abgerufen am 20.01.2014.

NOBIL (2014). 4.642 ladepunkt for elbiler i Norge. http://nobil.no/index.php/nyheter/92-4-642-ladepunkt-for-elbiler-i-norge. Abgerufen am 17.03.2014.

NPE (2012). Nationale Plattform Elektromobilität. Ladeinfrastruktur bedarfsgerecht aufbauen. https://www.eon.de/resources/base/docs/pdf/Dokumente/eonde/NPE_AG3_Arbeitspapier_Juni_2012_final.pdf. Abgerufen am 16.03.2014.

NPE (2013a). Nationale Plattform Elektromobilität. Die deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität – Version 2.0a, Mai 2013. 90 Seiten.

NPE (2013b). Nationale Plattform Elektromobilität. Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur. August 2013. 68 Seiten. VDI 2011.

NZZ (2009). Neue Zürcher Zeitung. http://www.nzz.ch/lebensart/auto-mobil/jedes-dritte-auto-ist-ein-firmenfahrzeug-1.3487453). Abgerufen am 15.03.2014.

NZZ (2012). Neue Zürcher Zeitung. http://www.nzz.ch/lebensart/auto-mobil/grosse-bedeutung-des-flottenmarkts-in-der-schweiz-1.17597964. Abgerufen am 15.03.2014.

Prognos (2012). Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.

Robinson, A.P., Blythe, P.T., Bell, M.C., Hübner, Y., Hill, G.A. (2013). Analysis of Electric Vehicle Driver Recharging Demand Profiles and Subsequent Impacts on the Carbon Content of Electric Vehicle Trips. Energy Policy, Volume 61, October 2013, 337-348, http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.074.

Schweizer Forum Elektromobilität (2013). VillE – Elektromobilität vor Ort. Bericht über die lokalen elektromobilen Aktivitäten in der Schweiz. Bern, 2013, 49 Seiten

Smart, J. und Schey, S. (2012). Battery Electric Vehicle Driving and Charging Behavior Observed Early in The EV Project. SAE International Journal of Alternative Powertrains, July 2012 1:27-33; doi:10.4271/2012.01.0199.

Speidel, S., Jabeen, F., Olaru, D., Harries, D., Braunl, T. (2012). Analysis of Western Australian Electric Vehicle and Charging Station Trials. Australasian Transport Research Forum, Australia, 1, pp. 1-12.

Statistisches Amt Basel-Landschaft. Energiestatistik, Brutto- und Endverbrauch in GWh seit 1990. http://www.statistik.bl.ch/stabl_data/stabl_generator/titel.php?unterthema_id=22&thema_id=9. Abgerufen am 11.04.2014.

Statistisches Jahrbuch des Kantons Basel-Stadt 2013. http://www.statistik-bs.ch/publikationen/jahrbuch/JB2012-K08.pdf. Abgerufen am 11.04.2014.

TA-SWISS (Hrsg.) (2013). De Haan, P. und Zah, R.: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. vdf Hochschulverlag AG, http://www.vdf.ethz.ch/service/3487/3488_Chancen-und-Risiken-der-Elektromobilitaet-in-der-Schweiz_OA.pdf. Abgerufen am 10.01.2014.

Transnova (2013). Electrification. http://www.transnova.no/english/electrification. Abgerufen am 17.03.2014.

U.S. DOE (2010). U.S. Department of Energy. Vehicle Technologies Program - Multi-Year Program Plan 2011-2015. http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/program/vt_mypp_2011-2015.pdf. Abgerufen am 15.01.2014.

VDI (2011). Elektromobilität: ITA-Kurzstudie. Innovations- und Technik-Analyse (IA). Zukünftige Technologien Nr. 93. Düsseldorf, im Juli 2011. 98 Seiten. ISSN 1436-5928

Windkraft-Journal (2014). Second Life Batteries – ein Projekt von Vattenfall und BMW. http://www.windkraft-journal.de/2013/08/28/second-life-batteries-ein-projekt-von-vattenfall-und-bmw/. Abgerufen am 21.05.2014.

ZHAW (2011).Solare Elektromobilität ein MUSS für MOBILITY SCHWEIZ. Franz Baumgartner, ZHAW SoE Institut für Energiesysteme u. Fluid Eng., Vortrag in Zürich, 22. Feb. 2011; Mobility Versammlung Sektion Zürich Stadt. https://home.zhaw.ch/~bauf/pv/talks/110222_solarmobilitaet_mobility_zurich.pdf

9 Glossar

A	Ampere; Masseinheit der elektrischen Stromstärke
AC	Alternating Current; Wechselstrom
Antriebsstrang (Drive Train)	Teil des Fahrzeugs; beinhaltet Motor(en), Getriebe und Kraftübertragung bis hin zum Rad.
BEV (Battery Electric Vehicle)	Fahrzeug, das ausschliesslich von einem batteriegespeisten Elektromotor angetrieben wird. BEV können nur mit Strom getankt werden.
DC	Direct Current; Gleichstrom
DWV	Durchschnittlicher Werktagsverkehr
E-Bike	Fahrrad mit elektrischem Hilfsantrieb
EV	Electric Vehicle
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FCV (Fuel cell vehicle)	Brennstoffzellenfahrzeug, welches mit Wasserstoff oder Erdgas (im Fahrzeug zu Wasserstoff reformiert) betankt wird. Mit dem Wasserstoff wird in einer Brennstoffzelle Strom für den elektrischen Antrieb erzeugt. Überschüssiger Strom wird in Batterien zwischengespeichert.
Glider	Teil des Fahrzeugs; beinhaltet die Karosserie, Inneneinrichtung, Achsen, Aufhängungen, Räder und alle weiteren Teile, die weder zum Antriebsstrang noch zum Energiespeicher gehören.
HEV	Hybrid Electric Vehicle, eine Kombination aus Verbrennungsmotor und Elektromotor mit Batterie; ein HEV tankt ausschliesslich Benzin oder Diesel (prinzipiell ist auch Gas möglich), Strom wird nur intern durch den Verbrennungsmotor oder durch Rekuperation erzeugt und in der Batterie zwischengespeichert. Ein HEV kann nicht an der Steckdose angeschlossen werden (siehe PHEV). HEV fahren gar nicht (milder Hybrid) oder nur kurze Strecken (Vollhybrid) rein elektrisch.
Hybridfahrzeug	Fahrzeug, das einen kombinierten Antrieb, bestehend aus Verbrennungsmotor und Elektromotor, besitzt. Darunter fallen sehr unterschiedliche Fahrzeugkonzepte von Benzinfahrzeugen mit einem vergrösserten Anlassermotor (> HEV mit milder Hybridisierung) bis hin zu Elektrofahrzeugen, die auf langen Fahrtstrecken On-Board-Strom mithilfeeines Verbrennungsmotors produzieren (> Range Extender).
ICE	Verbrennungsmotor, resp. Fahrzeug, welches mit einem

(Internal Combustion Engine)	Verbrennungsmotor angetrieben wird. Der Treibstoff kann Diesel, Benzin, Erdgas oder Biotreibstoff sein.
Kleinmotorwagen	Ein Motorfahrzeug gemäss VTS-Verordnung. Kleinmotorwagen unterliegen weniger strikten Anforderungen als normale Personenwagen, dürfen aber eine bestimmte Gewichtslimite nicht überschreiten. Sie stellen ein Segment der Gruppe der in dieser Studie «3-Wheeler» genannten Fahrzeuge dar. Der Renault Twizy ist ein aktuelles Beispiel.
Kleinst-EV	EV, welche nicht als «leichter Motorwagen» im Sinne der VTS-Verordnung, sondern zulassungsrechtlich als Motorfahrrad, Kleinmotorrad, Motorrad oder Kleinmotorwagen gelten. Eine genaue, auch für die Zukunft geltende Abgrenzung zwischen «E-Scooter» und «Kleinst-EV» gibt es dabei aus Sicht des Nutzers nicht.
kVA	Kilovoltampere; Masseinheit für Scheinleistung
kW	Kilowatt; Masseinheit für Leistung
kWh	Kilowattstunden; Masseinheit für Energie
MIV	Motorisierter individueller Verkehr
NEDC, NEFZ	Neuer europäischer Fahrzyklus (New European Driving Cycle, NEDC).
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Paralleler Hybrid	Ein Parallelhybrid ist ein Hybridfahrzeug, bei welchem sowohl Elektromotor als auch Verbrennungsmotor direkt mechanisch das Rad antreiben. Elektromotor und Batterie erlauben den on/off-Betrieb des Verbrennungsmotors und unterstützen bei Leistungsbedarfspitzen, sodass der Motor kleiner ausgelegt werden kann und höhere thermodynamische Effizienz erreicht.
PHEV	Hybridfahrzeug, das sowohl mit flüssigem Treibstoff betankt als auch mit Strom geladen werden kann. PHEV haben elektrische Reichweiten von rund 20 bis 150 Kilometer und benötigen den flüssigen Treibstoff für Langstreckenfahrten.
RE	Range Extender
REV	Range extended vehicle
Serieller Hybrid	Ein Hybridfahrzeug, bei welchem ein eher kleiner Verbrennungsmotor ausschliesslich für die Stromerzeugung zuständig ist und keine direkte mechanische Kraftübertragung vom Verbrennungsmotor zum Rad besteht. Der variierende Leistungsbedarf im dynamischen Fahrbetrieb wird voll durch Elektromotor und Batterie aufgefangen,

	welche grösser dimensioniert werden müssen als bei parallelen Hybriden.
V	Volt; Masseinheit der elektrischen Spannung

10 Anhang

Tabelle 17: Entwicklung der Energieeffizienz der Elektrofahrzeuge

Fahrzeugkategorie	Einheit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
EV Fullsize	kWh/Km	0.31	0.3	0.3	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22
EV Compact	kWh/Km	0.22	0.21	0.21	0.2	0.2	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
EV Micro	kWh/Km	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
EV L5e+L6e+L7e	kWh/Km	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
PHEV Fullsize	kWh/Km	0.20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.20	0.2	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
PHEV Compact	kWh/Km	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
PHEV Micro	kWh/Km	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
PHEV L5e+L6e+L7e	kWh/Km	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Tabelle 18: Entwicklung des Wirkungsgrades der Ladegeräte

Einheit	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
%	90.0	90.4	90.8	91.1	91.5	91.9	92.3	92.6	93.0	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0

Tabelle 19: Liste der betrachteten publikumsintensiven Einrichtung für S&C Ladestationen

Kanton	Gemeinde/Quartier	Publikumsmagnetische Einrichtung	Jährliche Besucherzahlen
BL	Pratteln	Aquabasilea	529 000
BL	Oberwil (BL)	Bau & Hobby Oberwil (Megastore)	
BS	Riehen	Fondation Beyeler	368 705
BL	Pratteln	Ikea	

BS	Altstadt Kleinbasel	MMM City	
BL	Oberwil (BL)	MMM Oberwil	
BS	St. Alban	St. Jakobspark	
BS	Bachletten	Zolli	1 812 438
Kanton	**Gemeinde/Quartier**	**Publikumsintensive Einrichtungen**	**Jährliche Besucherzahlen**
BL	Allschwil	Aldi Allschwil	
BL	Allschwil	Aldi Allschwil Nord	
BS	Altstadt Kleinbasel	Aldi Basel Nord	
BS	Gundeldingen	Aldi Basel Süd	
BS	Iselin	Aldi Basel West	
BL	Aesch (BL)	Aldi Aesch	
BL	Duggingen	Aldi Duggingen	
BL	Frenkendorf	Aldi Frenkendorf	
BL	Lausen	Aldi Lausen	
BL	Therwil	Aldi Therwil	
BL	Arlesheim	Arlesheim Brown Boveri	
BL	Allschwil	Bau & Hobby Allschwil	
BL	Sissach	Bau & Hobby Sissach	
BL	Zwingen	Bau & Hobby Zwingen	
BS	Altstadt Grossbasel	Coop City Basel Mitte	
BS	Altstadt Grossbasel	Coop City Basel Süd	
BL	Füllinsdorf	DoIt&Garden Füllinsdorf	
BL	Reinach (BL)	DoIt&Garden Reinach	
BS	Iselin	Gartenbad Bachgraben	141 407
BS	Hirzbrunnen	Gartenbad Eglisee	101 845
BS	Münchenstein	Gartenbad St. Jakob	185 347
BS	Am Ring	Hallenbad Rialto	103 186

BL	Reinach (BL)	International School Basel	
BS	Vorstädte	Kunstmuseum Basel	245 635
BL	Allschwil	MMM Allschwil	
BS	St. Alban	Mparc City	
BS	Altstadt Grossbasel	Museum für Geschichte	157 330
BS	Wettstein	Museum Tinguely	105 993
BS	Altstadt Grossbasel	Naturhistorisches Museum	100 373
BL	Münchenstein	Spenglerpark	
BS	Vorstädte	Theater Basel	164 645

Tabelle 20: Liste der öffentlichen Tankstellen im Raum Basel (Stand Februar 2014)

Tankstelle	Gemeinde	Verkehrsbelas-tung MFZ/24h	Steckdosen	Leistung	# Steckdosen	MFZ/Steckdose	# Steckdosen >10A	MFZ/Steckdose >10A
EFS	Basel-Stadt	8146						
IWB	Basel-Stadt	6164	1 CH T23; 1 CEE; 2 CH T13	16A; 16A; 10A	4	1541	2	3082
Hotel Hilton	Basel-Stadt	37668	1 CEE+; 1 CEE; 2 CH T13	32A; 16A; 10A	4	9417	2	18834
BP Tankstelle	Basel-Stadt	12004	2 CEE; 1 CH T13	16A; 10A	3	4001	2	6002
Parkhaus Schan-zenstrasse	Basel-Stadt	15116	2 Typ2	16A	2	7558	2	7558
Veloplus	Basel-Stadt	12004	1 CH T13	10A	1	12004		
Parkhaus Steinen-torberg	Basel-Stadt	12004	2 Typ2	16A	2	6002	2	6002
Holinger solar	Bubendorf	12300	1 Typ23; 2 CEE	16A; 16A	3	4100	3	4100
Garage Keigel AG	Frenkendorf	13000	1 Typ2	32A	1	13000	1	13000
TCS	Füllinsdorf	10000	1 CH T13	10A	1	10000		
Garage Keigel AG	Füllinsdorf	13000	1 CH T23; 1 Typ2; 1 CHAdeMO	16A; 16A; 125A	3	4333	3	4333
Liestal Bahnhof	Liestal	13874	2 CEE; 1 CH T13	16A; 10A	3	4625	2	6937

Tankstelle	Gemeinde	Verkehrsbelas-tung MFZ/24h	Steckdosen	Leistung	# Steckdosen	MFZ/Steckdose	# Steckdosen >10A	MFZ/Steckdose >10A
Elektra	Liestal	13874	1 Typ25; 4 CH T13	16A; 10A	5	2775	1	13874
Elektra	Münchenstein	10000	2 CEE; 1 CH T13	16A; 10A	2	5000	2	5000
Parkhaus	Münchenstein	12004	2 Typ2	16A	2	6002	2	6002
FHNW	Muttenz	9330	1 CEE; 2 CH T13	16A; 10A	3	3110	1	9330
Opel-Center	Muttenz	9330	2 CEE	16A	2	4665	2	4665
Friedhof	Muttenz	9330	1 CEE; 2 CH T13	16A; 10A	3	3110	1	9330
Kilchmattstr	Niederdorf	7700	1 Typ25; 2 CEE	16A; 16A	3	2567	3	2567
Schmutz Sport	Oberdorf	7700	1 Typ13	10A	1	7700		
Mediamarkt	Pratteln	10700	1 CEE	16A	1	10700	1	10700
Gemeindehaus	Riehen	?	1 CEE; 2 CH T13	16A; 10A			1	
Otto Wenk Platz	Riehen	6436	1 CEE; 2 CH T13	16A; 10A	3	2145	1	6436
Schaub Medien	Sissach	10200	1 CEE; 1 Schuko; 1 CH T25; 2 CEE; 1 CH T15	32A; 16A; 16A; 16A; 10A	6	1700	5	2040
Schreinerei	Wenslingen	1800	1 CH T13	10A	1	1800		
Total		**265538**			**59**	**4501**	**39**	**6001**

Tabelle 21: Anzahl Ladestationen je Sektor, Szenario, Stichjahr und Ladetyp für Basel-Landschaft

Szenario	**BAU**						**EFF**						**COM**					
Sektoren BL	**2020**			**2030**			**2020**			**2030**			**2020**			**2030**		
	H&C	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**
Aesch (BL)	28	2	2	267	23	15	42	4	2	582	49	33	49	4	3	878	74	50
Allschwil	45	5	6	425	45	57	68	7	9	928	98	125	79	8	11	1399	148	188
Anwil	2	0	0	16	0	0	3	0	0	34	1	1	3	0	0	52	1	1
Arboldswil	2	0	0	15	0	0	2	0	0	34	1	1	3	0	0	51	1	1
Arisdorf	5	0	0	50	3	1	8	0	0	110	6	3	9	1	0	165	9	4

Szenario	BAU						EFF						COM					
Sektoren BL	**2020**			**2030**			**2020**			**2030**			**2020**			**2030**		
	H&C	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**
Arlesheim	23	3	2	222	25	15	35	4	2	484	55	33	41	5	3	730	83	50
Augst	3	0	0	26	4	1	4	1	0	57	8	1	5	1	0	85	12	2
Bennwil	2	0	0	18	1	0	3	0	0	40	2	1	3	0	0	60	3	2
Biel-Benken	10	1	0	91	5	2	14	1	0	198	10	5	17	1	0	299	16	8
Binningen	33	3	2	314	30	21	50	5	3	686	66	46	58	6	4	1034	100	69
Birsfelden	21	2	1	198	18	7	31	3	1	432	38	16	37	3	1	651	58	24
Blauen	2	0	0	22	0	1	3	0	0	47	1	1	4	0	0	71	2	2
Böckten	2	0	0	22	2	1	3	0	0	47	5	1	4	0	0	71	8	2
Bottmingen	16	1	1	149	7	9	24	1	1	326	15	19	28	1	2	491	22	29
Bretzwil	2	0	0	22	1	1	3	0	0	47	2	1	4	0	0	71	2	2
Brislach	5	0	0	45	1	1	7	0	0	98	3	3	8	0	0	147	5	4
Bubendorf	12	1	0	112	11	3	18	2	1	244	24	7	21	2	1	368	37	11
Buckten	2	0	0	20	1	1	3	0	0	43	1	1	4	0	0	65	2	2
Burg im Leimental	1	0	0	8	0	0	1	0	0	17	0	0	1	0	0	26	1	1
Buus	3	0	0	26	1	1	4	0	0	57	2	2	5	0	0	86	3	2
Diegten	5	0	0	45	2	1	7	0	0	99	4	3	8	0	0	149	6	4
Diepflingen	2	0	0	21	1	1	3	0	0	45	2	1	4	0	0	68	3	2
Dittingen	2	0	0	20	1	1	3	0	0	43	2	1	4	0	0	65	4	2
Duggingen	4	0	2	36	2	15	6	0	2	80	5	33	7	0	3	120	8	50
Eptingen	2	0	0	17	1	0	3	0	0	36	3	1	3	0	0	55	5	1
Ettingen	12	1	1	115	5	7	18	1	1	250	12	15	21	1	1	377	17	23
Frenkendorf	16	1	1	153	7	14	24	1	2	335	16	30	28	1	3	505	25	45
Füllinsdorf	12	1	1	116	9	14	19	2	2	254	21	30	22	2	3	383	31	45
Gelterkinden	14	1	0	137	11	4	22	2	1	300	24	9	25	2	1	452	36	14
Giebenach	4	0	0	35	1	1	6	0	0	77	2	2	7	0	0	115	3	3
Grellingen	5	0	1	46	2	7	7	0	1	101	5	15	9	0	1	152	7	22
Häfelfingen	1	0	0	8	1	0	1	0	0	18	1	0	2	0	0	27	2	1
Hemmiken	1	0	0	6	0	0	1	0	0	14	1	0	1	0	0	21	1	1

Szenario	BAU						EFF						COM					
Sektoren BL	**2020**			**2030**			**2020**			**2030**			**2020**			**2030**		
	H&C	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**
Hersberg	1	0	0	10	0	0	2	0	0	21	0	1	2	0	0	32	1	1
Hölstein	7	0	0	66	4	2	10	1	0	144	8	4	12	1	0	217	12	6
Itingen	6	1	0	53	5	1	8	1	0	115	11	3	10	1	0	174	16	5
Känerkinden	1	0	0	14	0	0	2	0	0	29	1	1	3	0	0	44	1	1
Kilchberg (BL)	0	0	0	4	0	0	1	0	0	9	0	0	1	0	0	14	0	0
Lampenberg	2	0	0	15	0	0	2	0	0	33	1	1	3	0	0	50	1	1
Langenbruck	3	0	0	27	1	1	4	0	0	58	3	2	5	0	0	88	5	3
Läufelfingen	4	0	0	35	2	1	6	0	0	76	4	2	6	0	0	115	6	3
Laufen	13	2	2	127	18	20	20	3	3	278	39	45	24	3	4	419	58	67
Lausen	13	1	1	126	7	14	20	1	2	275	15	30	23	1	3	415	22	45
Lauwil	1	0	0	9	0	0	2	0	0	21	1	1	2	0	0	31	1	1
Liedertswil	7	0	0	63	0	0	10	0	0	137	1	0	12	0	0	207	1	0
Liesberg	4	0	0	35	4	1	6	1	0	76	8	2	6	1	0	114	12	3
Liestal	35	7	1	333	71	10	53	11	2	726	155	22	62	13	2	1095	233	33
Lupsingen	4	0	0	36	1	1	6	0	0	79	1	2	7	0	0	118	2	3
Maisprach	3	0	0	24	1	1	4	0	0	53	3	2	4	0	0	80	4	2
Münchenstein	28	5	3	262	46	30	42	7	5	573	100	66	49	8	6	864	151	100
Muttenz	41	6	1	390	59	12	62	9	2	851	129	27	72	11	2	1282	194	41
Nenzlingen	1	0	0	13	0	0	2	0	0	28	1	1	2	0	0	43	2	1
Niederdorf	5	0	0	48	3	1	8	1	0	104	7	3	9	1	0	157	11	4
Nusshof	1	0	0	8	0	0	1	0	0	17	1	0	1	0	0	26	1	1
Oberdorf (BL)	7	1	0	63	5	2	10	1	0	139	11	4	12	1	0	209	16	6
Oberwil (BL)	27	2	6	256	16	57	41	3	9	559	35	125	47	3	11	843	52	188
Oltingen	1	0	0	12	1	0	2	0	0	25	1	1	2	0	0	38	2	1
Ormalingen	6	0	0	54	3	2	9	1	0	117	7	3	10	1	0	177	11	5
Pfeffingen	7	0	0	65	1	2	10	0	0	141	3	4	12	0	0	213	4	6
Pratteln	39	6	6	371	60	55	59	10	9	809	131	120	69	11	10	1220	197	181
Ramlinsburg	2	0	0	20	1	1	3	0	0	43	1	1	4	0	0	65	2	2

Szenario	BAU						EFF						COM					
Sektoren BL	**2020**			**2030**			**2020**			**2030**			**2020**			**2030**		
	H&C	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**
Reigoldswil	4	0	0	36	2	1	6	0	0	80	5	3	7	0	0	120	8	4
Reinach (BL)	50	6	3	474	54	30	75	9	5	1035	117	66	88	10	6	1560	177	100
Rickenbach (BL)	2	0	0	16	0	0	3	0	0	34	1	1	3	0	0	52	1	1
Roggenburg	1	0	0	8	0	0	1	0	0	17	1	0	1	0	0	26	1	1
Röschenz	5	0	0	49	1	1	8	0	0	108	2	3	9	0	0	163	4	5
Rothenfluh	2	0	0	20	1	1	3	0	0	43	2	1	4	0	0	65	2	2
Rümlingen	1	0	0	12	1	0	2	0	0	26	1	1	2	0	0	39	2	1
Rünenberg	2	0	0	21	1	1	3	0	0	47	2	1	4	0	0	70	2	2
Schönenbuch	4	0	0	40	2	1	6	0	0	87	4	2	7	0	0	132	5	4
Seltisberg	4	0	0	36	1	1	6	0	0	78	2	2	7	0	0	118	3	3
Sissach	17	2	1	158	19	14	25	3	2	344	40	30	29	3	3	519	61	45
Tecknau	2	0	0	19	1	1	3	0	0	41	2	1	3	0	0	62	2	2
Tenniken	3	0	0	25	2	1	4	0	0	54	4	1	5	0	0	82	6	2
Therwil	24	1	2	229	13	14	36	2	2	500	28	31	42	2	3	754	43	47
Thürnen	4	0	0	34	1	1	5	0	0	75	3	2	6	0	0	113	4	3
Titterten	1	0	0	11	0	0	2	0	0	23	1	1	2	0	0	35	1	1
Wahlen	4	0	0	36	1	1	6	0	0	78	2	2	7	0	0	117	3	3
Waldenburg	3	0	0	28	3	1	4	0	0	60	7	2	5	1	0	91	10	3
Wenslingen	2	0	0	18	1	1	3	0	0	39	2	1	3	0	0	59	3	2
Wintersingen	2	0	0	19	1	0	3	0	0	41	2	1	3	0	0	62	2	2
Wittinsburg	1	0	0	12	1	0	2	0	0	26	1	1	2	0	0	40	2	1
Zeglingen	1	0	0	12	1	0	2	0	0	26	1	1	2	0	0	40	2	1
Ziefen	4	0	0	35	2	1	6	0	0	77	4	3	7	0	0	116	5	4
Zunzgen	7	0	0	66	2	2	10	0	0	144	5	4	12	0	0	217	8	6
Zwingen	7	0	2	65	4	15	10	1	2	142	8	33	12	1	3	214	13	50

Tabelle 22: Anzahl Ladestationen je Sektor, Szenario, Stichjahr und Ladetyp für Basel-Stadt

Szenario	BAU						EFF						COM					
	2020			2030			2020			2030			2020			2030		
Sektoren BS	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**	**H&C**	**W&C**	**S&C**
Altstadt Grossbasel	5	7	6	47	64	56	7	10	9	102	139	123	9	12	10	154	209	186
Vorstädte	9	13	3	90	126	28	14	20	4	196	275	62	17	23	5	295	414	93
Am Ring	21	6	1	196	61	14	31	10	2	428	133	31	36	11	3	645	201	46
Breite	20	1	1	194	7	9	31	1	1	424	16	20	36	1	2	639	24	31
St. Alban	41	14	4	392	130	42	62	21	7	857	285	92	73	24	8	1292	429	139
Gundeldingen	41	7	1	388	65	14	62	10	2	847	141	31	72	12	3	1277	213	46
Bruderholz	13	1	1	123	8	10	20	1	2	268	17	21	23	1	2	405	26	32
Bachletten	21	2	3	199	17	28	32	3	4	434	38	62	37	3	5	654	57	93
Gotthelf	11	1	1	102	14	7	16	2	1	222	30	16	19	3	1	335	45	24
Iselin	22	2	3	206	15	28	33	2	4	451	33	62	38	3	5	680	49	93
St. Johann	21	10	2	205	93	20	33	15	3	447	202	44	38	17	4	673	305	66
Altstadt Kleinbasel	6	3	4	53	24	42	8	4	7	115	52	92	10	4	8	173	79	139
Clara	10	2	0	93	14	4	15	2	1	204	31	10	17	3	1	308	47	14
Wettstein	13	5	1	123	47	14	20	7	2	269	102	31	23	9	3	406	154	46
Hirzbrunnen	20	2	1	193	17	14	31	3	2	422	37	31	36	3	3	636	55	46
Rosental	12	3	1	116	27	6	18	4	1	253	59	12	21	5	1	381	89	19
Matthäus	20	2	2	188	19	17	30	3	3	411	41	38	35	3	3	620	61	57
Klybeck	11	4	1	105	33	8	17	5	1	229	73	17	19	6	1	346	110	26
Kleinhüningen	4	3	0	42	27	3	7	4	0	91	60	7	8	5	1	137	90	10
Riehen	42	2	3	397	21	31	63	3	5	866	47	67	74	4	6	1306	71	101
Bettingen	3	0	1	24	2	6	4	0	1	53	5	14	5	0	1	80	7	21

Tabelle 23: Anzahl C&C Ladestation je Sektor, je Szenario und Stichjahr

Szenario	BAU		EFF		COM	
Sektoren BL	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
	C&C	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Aesch (BL)	0	1	0	2	0	4
Allschwil	0	0	0	0	0	0
Anwil	0	0	0	0	0	0
Arboldswil	0	0	0	0	0	0
Arisdorf	0	1	0	3	0	5
Arlesheim	0	0	0	0	0	0
Augst	1	3	1	6	1	9
Bennwil	0	0	0	0	0	0
Biel-Benken	0	0	0	0	0	0
Binningen	0	0	0	0	0	0
Birsfelden	1	3	1	6	1	9
Blauen	0	0	0	0	0	0
Böckten	0	0	0	0	0	0
Bottmingen	0	0	0	0	0	0
Bretzwil	0	0	0	0	0	0
Brislach	0	0	0	0	0	0
Bubendorf	0	0	0	1	0	2
Buckten	0	0	0	0	0	0
Burg im Leimental	0	0	0	0	0	0
Buus	0	0	0	0	0	0
Diegten	0	1	0	2	0	3
Diepflingen	0	0	0	0	0	0
Dittingen	0	0	0	0	0	0
Duggingen	0	1	0	1	0	2
Eptingen	0	1	0	2	0	4
Ettingen	0	0	0	0	0	0
Frenkendorf	0	2	0	4	0	5

Szenario	BAU		EFF		COM	
Sektoren BL	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
	C&C	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Füllinsdorf	0	2	0	4	0	5
Gelterkinden	0	0	0	0	0	0
Giebenach	0	2	0	4	1	7
Grellingen	0	0	0	0	0	0
Häfelfingen	0	0	0	0	0	0
Hemmiken	0	0	0	0	0	0
Hersberg	0	2	1	4	1	7
Hölstein	0	0	0	0	0	0
Itingen	0	1	0	3	0	5
Känerkinden	0	0	0	0	0	0
Kilchberg (BL)	0	0	0	0	0	0
Lampenberg	0	0	0	0	0	0
Langenbruck	0	0	0	0	0	0
Läufelfingen	0	0	0	0	0	0
Laufen	0	0	0	0	0	0
Lausen	0	2	0	3	0	5
Lauwil	0	0	0	0	0	0
Liedertswil	0	0	0	0	0	0
Liesberg	0	0	0	0	0	0
Liestal	1	1	1	3	1	4
Lupsingen	0	0	0	0	0	0
Maisprach	0	0	0	0	0	0
Münchenstein	0	2	1	5	1	7
Muttenz	1	3	1	6	1	9
Nenzlingen	0	0	0	0	0	0
Niederdorf	0	0	0	0	0	0
Nusshof	0	0	0	0	0	0
Oberdorf (BL)	0	0	0	0	0	0

Szenario	BAU		EFF		COM	
Sektoren BL	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
	C&C	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Oberwil (BL)	0	1	0	1	0	2
Oltingen	0	0	0	0	0	0
Ormalingen	0	0	0	0	0	0
Pfeffingen	0	0	0	1	0	1
Pratteln	1	3	1	7	2	10
Ramlinsburg	0	0	0	0	0	0
Reigoldswil	0	0	0	0	0	0
Reinach (BL)	0	2	1	5	1	7
Rickenbach (BL)	0	0	0	0	0	0
Roggenburg	0	0	0	0	0	0
Röschenz	0	0	0	0	0	0
Rothenfluh	0	0	0	0	0	0
Rümlingen	0	0	0	0	0	0
Rünenberg	0	0	0	0	0	0
Schönenbuch	0	0	0	0	0	0
Seltisberg	0	0	0	0	0	0
Sissach	1	2	1	4	1	5
Tecknau	0	0	0	0	0	0
Tenniken	0	1	0	2	0	3
Therwil	0	0	0	0	0	0
Thürnen	0	0	0	0	0	0
Titterten	0	0	0	0	0	0
Wahlen	0	0	0	0	0	0
Waldenburg	0	0	0	0	0	0
Wenslingen	0	0	0	0	0	0
Wintersingen	0	0	0	0	0	0
Wittinsburg	0	0	0	0	0	0
Zeglingen	0	0	0	0	0	0

Szenario	BAU		EFF		COM	
Sektoren BL	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
	C&C	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Ziefen	0	0	0	0	0	0
Zunzgen	0	1	0	2	0	4
Zwingen	0	1	0	1	0	2

Tabelle 24: Anzahl C&C Ladestationen je Sektor, Szenario und Stichjahr

Szenario	BAU		EFF		COM	
	2020	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
Sektoren BS	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Altstadt Grossbasel	0	0	0	1	0	1
Vorstädte	0	0	0	1	0	1
Am Ring	0	0	0	1	0	2
Breite	0	2	0	5	1	8
St. Alban	1	3	1	6	1	9
Gundeldingen	0	2	1	5	1	7
Bruderholz	0	0	0	0	0	0
Bachletten	1	1	1	2	1	2
Gotthelf	0	0	0	0	0	0
Iselin	0	1	0	1	0	2
St. Johann	1	2	0	5	1	6
Altstadt Kleinbasel	0	0	0	1	0	1
Clara	0	0	0	0	0	0
Wettstein	0	3	1	6	1	9
Hirzbrunnen	1	3	1	6	1	9
Rosental	0	2	0	5	0	8
Matthäus	0	0	0	0	0	0
Klybeck	0	2	1	4	0	7
Kleinhüningen	1	1	1	2	1	2

Szenario	**BAU**		**EFF**		**COM**	
	2020	**2030**	**2020**	**2030**	**2020**	**2030**
Sektoren BS	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**	**C&C**
Riehen	0	0	0	0	0	0
Bettingen	0	0	0	0	0	0