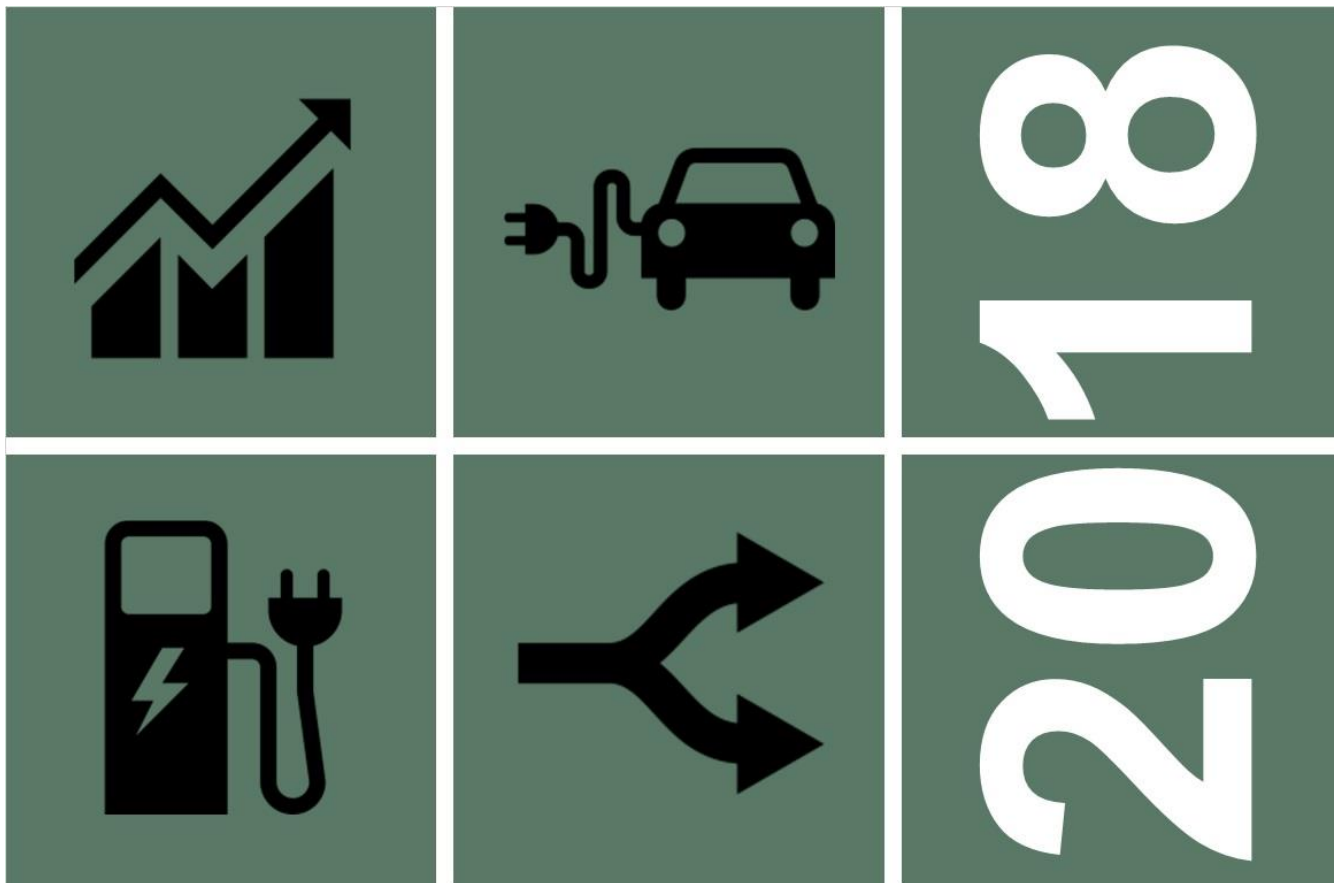


# Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz – Update 2018

EBP-Hintergrundbericht  
5. März 2018



Dieser öffentlich zugängliche, unentgeltliche Bericht beschreibt Systemgrenze, Annahmen und Datenquellen der «Szenarien der Elektromobilität der Schweiz – Update 2018» sowie das zugrundeliegende diffusionstheoretische Modell. Die Abbildungen illustrieren die Resultate. Ergänzend sind u.a. die folgenden Einzeldaten in einem kostenpflichtigen Lizenzmodell verfügbar:

**EU:**

- Abschätzungen der Neuwagenmarkt-Anteile, getrennt für BEV & PHEV, jährlich von 2018 bis 2025 für alle EU28-Mitgliedstaaten einzeln

**Schweiz:**

- Neuwagenmarkt-Anteile, relativ und absolut, getrennt für BEV & PHEV, inkl. maximale DC-Ladeleistungsstufe, jährlich von 2018 bis 2035.
- Fahrzeugbestand (registrierter, statischer Fahrzeugbestand) und fahrleistungsgewichtete (dynamische) Flotte, getrennt für BEV & PHEV, inkl. maximale DC-Ladeleistungsstufe, jährlich von 2018 bis 2035.
- Benötigte Strommenge, getrennt für BEV & PHEV in je 4 Fahrzeuggrössenklassen und je Ladestations-Typ.
- Anzahl Ladevorgänge, getrennt für BEV & PHEV in je 4 Fahrzeuggrössenklassen und je Ladestations-Typ.
- Aufteilung von Neuwagenmarkt, Fahrzeugbestand und Fahrleistung nach DC-Ladeleistung (getrennt für BEV und PHEV; in 4 kW-Stufen).

**Kantone:**

- Sämtliche obige Grössen sind auch für die 26 Kantone einzeln disaggregiert verfügbar.

**Gemeinden:**

- Fahrzeugbestand (registrierter, statischer Fahrzeugbestand).
- Benötigte Strommenge, getrennt für BEV & PHEV und je Ladestations-Typ.
- Anzahl Ladevorgänge, getrennt für BEV & PHEV und je Ladestations-Typ.

Sämtliche Resultate liegen für die drei, mit der Energiestrategie 2050 kompatiblen, Szenarien «Business as usual», «Efficiency» und «Connected Mobility» sowie für die zwei disruptiven Szenarien «Partial Diesel Ban» und «Decarbonisation» vor.

## Projektteam

Peter de Haan  
Roberto Bianchetti  
Silvan Rosser  
Alexandra Märki  
Isolde Erny

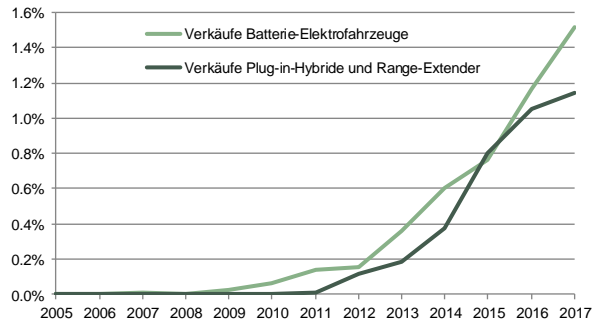
EBP Schweiz AG  
Zollikerstrasse 65  
8702 Zollikon  
Schweiz  
Telefon +41 44 395 11 11  
info@ebp.ch  
www.ebp.ch

Druck: 5. März 2018  
2018-02-15\_CH\_EmobSzen\_PKW\_2018.docx

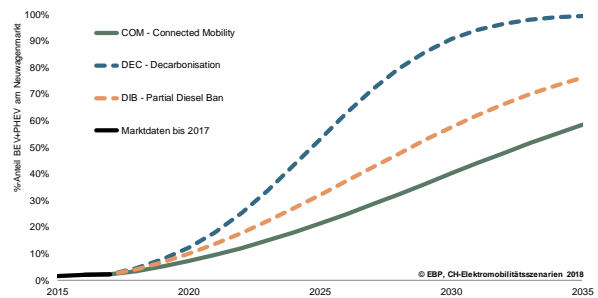
## Update CH-Szenarien 2018 – Das ist neu

### Neuste Marktdaten und Statistiken.

Das vorliegende Update 2018 aktualisiert die verkehrliche Seite der Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz. Es bezieht sich auf den Datenstand Februar 2018. Es werden die drei Szenarien verwendet, welche bottom-up kompatibel sind mit den Szenarien der Energiestrategie 2050.

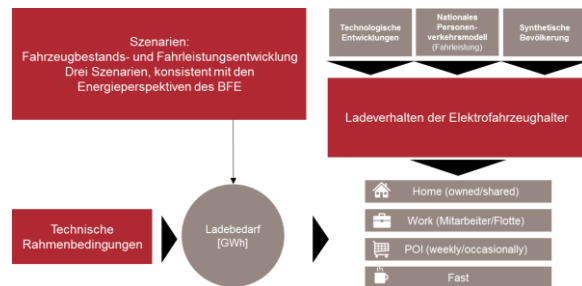


**Disruptive Szenarien.** Angesichts der neusten Entwicklungen werden mit dem vorliegenden Update 2018 zusätzlich zwei disruptive Szenarien «Partial Diesel Ban» und «Decarbonisation» veröffentlicht, welche eine deutlich schnellere Marktdurchdringung der Elektromobilität zeigen.



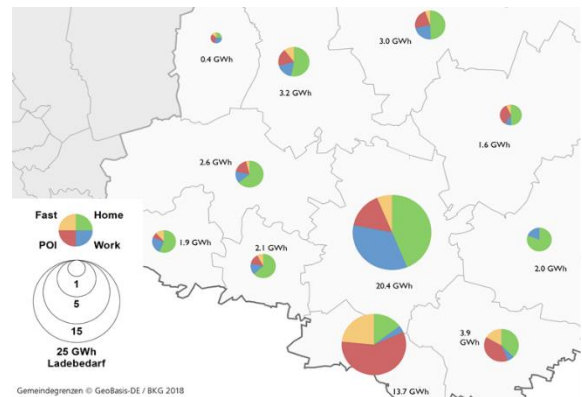
### Modellierung des Ladeverhaltens.

EBP modelliert das Ladeverhalten der Elektrofahrzeuge bottom-up nach charakteristischen Nutzertypen. Dabei werden zahlreiche Datensätze ausgewertet. Die relevantesten sind das nationale Personenverkehrsmodell und die EBP-eigene synthetische Bevölkerung Schweiz.



### Regionalisierung auf Gemeindeebene.

Ausgehend von den kantonalen Ergebnissen werden die Szenarien der Elektromobilität weiter auf Gemeindeebene regionalisiert. Damit sind Aussagen zur Anzahl Elektrofahrzeuge, Anzahl Ladevorgänge je Ladestationstyp und zur Stromnachfrage der Elektromobilität je Gemeinde möglich. Weiter lässt sich der Bedarf an Ladestationen je Ladestationstyp pro Gemeinde ableiten.



## Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage und Zielsetzung	5
2.	Die Diffusion des Elektroantriebs in den Neuwagenmarkt	7
2.1	Diffusion von Innovationen nach Rogers	7
2.2	Entwicklung bis 2017 und kurzfristige Aussichten	8
2.3	Diffusion von Innovationen mit linearer Wachstumsphase nach Moore	9
3.	Entwicklung von Automarkt, Batterien und Aufnahmeleistungen	10
4.	Definition der drei Szenarien für die Schweiz	13
5.	Resultate der Szenarien der Elektromobilität für die Schweiz 2018	16
5.1	Marktdurchdringungen in den drei Szenarien bis 2035	16
5.2	Ladeverhalten: vom Automarkt bis zur Ladestation	18
5.3	Auswirkungen der Elektromobilität auf das Stromsystem	20
6.	Disruptive Entwicklung der Elektromobilität	23
6.1	Definition der disruptiven Szenarien für die Schweiz	23
6.2	Resultate der disruptiven Szenarien für die Schweiz	23
7.	Kantonale Szenarien	24
7.1	Für die Elektromobilität relevante Faktoren	24
7.2	Auswirkung der Faktoren auf Diffusionsgeschwindigkeit und längerfristigen Marktanteil	26
7.3	Kantonaler Verlauf der Neuzulassungen, der statischen und der dynamischen Flotte	27
8.	Szenarien der Elektromobilität in den Gemeinden	29
9.	Autokaufverhalten und Elektromobilität	30
10.	Künftige Herausforderungen der Elektromobilität	32

## 1. Ausgangslage und Zielsetzung

Der Marktanteil der Elektrofahrzeuge am Neuwagenmarkt ist in den letzten Jahren weltweit stark angestiegen (IEA 2017). Die Neuzulassungszahlen erreichen weltweit und in der Schweiz jedes Jahr neue Rekordwerte. In Norwegen waren im Dezember 2017 bereits 52 % der Neuwagen elektrisch. Nahezu alle grossen Automobilhersteller haben in den vergangenen Jahren umfassende Elektromobilitätsstrategien und Rollout-Konzepte zur Elektrifizierung ihrer Modellpalette angekündigt, darunter neu auch Volkswagen, Daimler, der französische PSA-Konzern, Mercedes oder Porsche.

Auch von Seiten der Politik gibt es klare Indizien dazu, dass das Wachstum der Elektromobilität in den kommenden Jahrzehnten steil nach oben zeigen dürfte. Mit dem Inkrafttreten des Abkommens von Paris müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor deutlich zurückgehen. Infolgedessen wird das geltende CO<sub>2</sub>-Gesetz in der Schweiz für den Zeitraum von 2021 bis 2030 totalrevidiert. In der EU gilt ab 2021 der neue Zielwert von 95 gCO<sub>2</sub>/km für neuzugelassene Personenkraftwagen. Bis 2030 soll die Emissionsvorschrift weiter verschärft werden. China ist der mit Abstand grösste Markt der Elektromobilität. Im Jahr 2016 wurden rund 40 % aller weltweit verkauften Elektrofahrzeuge in China abgesetzt (IEA 2017). Ab 2019 müssen Autohersteller in China zehn Prozent ihrer Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb verkaufen. Im Jahr 2020 gilt dann eine Quote von 12 %.

Anfang 2018 gab es zahlreiche Beschlüsse und Ankündigungen zu (partiellen) Fahr- und Verkaufsverboten von Diesel- und Benzinautos. In einigen deutschen Städten könnten bereits Ende 2018 partielle Fahrverbote für Dieselfahrzeuge durchgesetzt werden. In der französischen Hauptstadt sollen ab dem Jahr 2030 keine Diesel- und Benzinautos mehr fahren dürfen. Auch in Dänemark stehen Diesel-Fahrverbote zur Debatte. Offizielle Pläne der französischen und britischen Regierungen sehen ab 2040 ein Verkaufsverbot für Neuwagen mit Verbrennungsmotoren vor.

Die TA-Swiss-Studie „Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz“ (EBP und EMPA im Auftrag TA-Swiss, BFE, BAFU, ASTRA, ARE) wurde 2013 veröffentlicht und von EBP im Jahr 2016 mit den «Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz» (EBP 2016c) aktualisiert. Sie sind die Basis für die meisten seither in der Schweiz erstellten Konzepte für den Ausbau der Ladeinfrastruktur, die Anpassung der Verteilnetze, für kantonale Massnahmen zur Förderung der Elektromobilität oder zur Ausrichtung neuer Geschäftsstrategie der Energieversorgerunternehmen. Für die Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz wurde für jedes Jahr von 2015–2035 eine Mikrosimulation des Neuwagenmarkts Schweiz durchgeführt. Die simulierten Neuwagen-Verkaufszahlen gehen in ein kohortenbasiertes Flotten- und Fahrleistungsmodell ein. So wird berechnet, welche Elektrofahrzeuge pro Bezugsjahr wie viele Kilometer zurücklegen und wie viel Strom sie dabei benötigen. Das vorliegende Update 2018 aktualisiert die verkehrliche Seite Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz (EBP 2016c). Das Update bezieht sich auf den Datenstand Februar 2018. Es werden die bisherigen drei Szenarien verwendet, welche weiterhin bottom-up kompatibel sind mit den entsprechenden Szenarien der Energiestrategie 2050.

Angesichts der neusten Entwicklungen werden mit dem vorliegenden Update 2018 zusätzlich zwei disruptive Szenarien «Partial Diesel Ban» und «Decarbonisation» veröffentlicht, welche eine deutlich schnellere Marktdurchdringung der Elektromobilität zeigen.

### **Was ist ein Elektrofahrzeug?**

PEV Plug Electric Vehicles (Steckerfahrzeuge), Summe von BEV und PHEV

EV Electric Vehicles (Elektrofahrzeuge), in der Literatur sehr unterschiedlich verwendeter Begriff, der sowohl für BEV (d.h. ohne PHEV) wie auch für PEV (inkl. PHEV) stehen kann, aber auch für BEV+REEV, manchmal gar fälschlicherweise für PEV+HEV. In der vorliegenden Studie werden BEV + PHEV als Elektrofahrzeuge bezeichnet.

BEV Battery Electric Vehicles (batterieelektrische Fahrzeuge), Elektrofahrzeuge mit extern aufladbarer Batterie, ohne zusätzlichen Verbrennungsmotor.

PHEV Obergriff für Autos mit hybridem Antrieb (Verbrennungs- und Elektromotor); dabei gibt es verschiedene Konzepte:  
Extern aufladbare Parallel- und Vollhybrid-Fahrzeuge (dies sind HEV mit einer grösseren, extern aufladbaren Batterie, sie können auch rein elektrisch fahren, typischerweise 20 bis 80 km, und serieller Hybrid (siehe REEV).

REEV Range Extended Electric Vehicles (Range-Extender) sind serielle Plug-in-Hybride: Nur der Elektromotor treibt die Räder an, ein kleiner, auf die Stromerzeugung optimierter Verbrennungsmotor kann zugeschaltet werden, um einen Generator anzutreiben und den Elektromotor so mit Strom zu versorgen.

### **Und was ist *kein* Elektrofahrzeug?**

HEV Hybrid Electric Vehicles (Hybridfahrzeuge), Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor. HEV verfügen über eine Batterie, welche aber nur als temporärer Energiespeicher verwendet wird und (aus Kosten- und Gewichtsgründen) möglichst klein gehalten wird; er wird aufgeladen über den Verbrennungsmotor oder durch die Rückgewinnung von Bremsenergie. Da die Batterie sich nicht extern über eine Steckdose aufladen lässt, zählen HEV, im Gegensatz zu PHEV, nicht zu den Elektrofahrzeugen.

FCEV Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeuge) sind Brennstoffzellenfahrzeuge, die aus den Energieträgern Wasserstoff oder Methanol in einer Brennstoffzelle elektrische Energie erzeugen und mit dem Elektroantrieb in Bewegung umwandeln. Zeitweise wird die elektrische Energie in einer Traktionsbatterie zwischengespeichert. Somit ist der Antrieb wie ein serieller Hybridantrieb (REEV) aufgebaut. Da FCEV eine separate Tankstelleninfrastruktur benötigen, ist ihre längerfristige Marktdurchdringung – über Nischenanwendungen hinaus – noch unklar. Sie werden deshalb unter den REEV geführt und nicht separat ausgewiesen.

## 2. Die Diffusion des Elektroantriebs in den Neuwagenmarkt

Modelle zur Diffusion von Innovationen in einen Markt versuchen, die zugrundeliegenden Wachstums- und Sättigungsprozesse abzubilden. Eine zentrale Annahme ist meistens, dass es für den Marktanteil eine jeweils spezifische längerfristige Sättigungsgrenze gibt (bevor dann die nächste Innovation kommt).

Die Diffusion von Innovationen in einen Markt wird häufig nach den theoretischen Konzepten von *Rogers* beschrieben. Spezifisch für den Fall von relevanten Wechselwirkungen zwischen einer Innovation und den Markt-Rahmenbedingungen hat *Moore* diese Konzepte erweitert. In diesem Kapitel beschreiben wir die diffusionstheoretische Modellierung des Elektroauto-Markts.

### 2.1 Diffusion von Innovationen nach Rogers

Den Ausgangspunkt der Diffusionstheorie nach *Rogers* (1995) bildet die Adoptionstheorie. Sie beschreibt, welche Faktoren dazu beitragen, dass ein Individuum eine Innovation annimmt (an den englischen Sprachgebrauch angelehnt, sagt man auch „adoptiert“). *Rogers* führt hierfür *fünf Faktoren* für den Adoptionsentscheid und *fünf Gruppen* von Adoptoren ein.

Fördernd (oder, bei deren Fehlen, hemmend) für die Adoptionsentscheidung nennt *Rogers* (1995) *fünf Faktoren*:

- *Relative Advantage*: subjektiv wahrgenommene Verbesserung gegenüber dem Status Quo
- *Compatibility*: Kompatibilität einer Technologie mit Erfahrungen, Werten und Bedürfnissen
- *Complexity*: subjektive Komplexität von neuen Technologien
- *Trialability*: Erprobbarkeit, beispielsweise der Zugang zu Testanwendungen, und die
- *Kommunizierbarkeit* der Innovation

Die viel zitierten und oft auch umgangssprachlich verwendeten fünf Adoptionsgruppen definieren sich dann wie folgt:

- *Innovators*: hoher sozialer Status; überdurchschnittliche Kaufkraft; hohe soziale Vernetzung; risikoafin und tolerant gegenüber Kinderkrankheiten einer Innovation; haben die finanziellen Mittel, beim vorübergehenden Ausfall einer Innovation einen Ersatz zu besorgen
- *Early adopters*: hoher sozialer Status und überdurchschnittliche Kaufkraft; werden von den nachfolgenden Gruppen stark wahrgenommen als Opinion Leaders; überdurchschnittliche Ausbildung
- *Early Majority*: sind bereit, eine Innovation zu adoptieren, wenn sie keine Kinderkrankheiten mehr hat; offen für rationale Argumente und Kosten-Nutzen-Überlegungen

- *Late Majority*: sind skeptisch gegenüber Neuem und unbekanntem Technologien; unterdurchschnittlicher Sozialstatus und Kaufkraft
- *Laggards*: adoptieren eine Innovation zuletzt; risikoavers; traditionsbewusst; überdurchschnittliches Alter

## 2.2 Entwicklung bis 2017 und kurzfristige Aussichten

Die Marktentwicklung in der Schweiz bis 2017 zeigt die eindeutigen Merkmale der Pionierphase, die Phase der «Innovators» und «early adopters» (Abbildung 1). Im Jahr 2017 erreichten die Anzahl PHEV und BEV 1.1 % resp. 1.5 % des Neuwagenmarkts, was insgesamt eine Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge von 2.7 % ausmacht. Die meistverkauften Modelle sind Tesla Model S (14.1 %), Tesla Model X (11.1 %), Renault Zoe (9.2 %), BMW i3 (8.1 %) und Opel Ampera-e mit 5 % (Quelle: auto-schweiz).

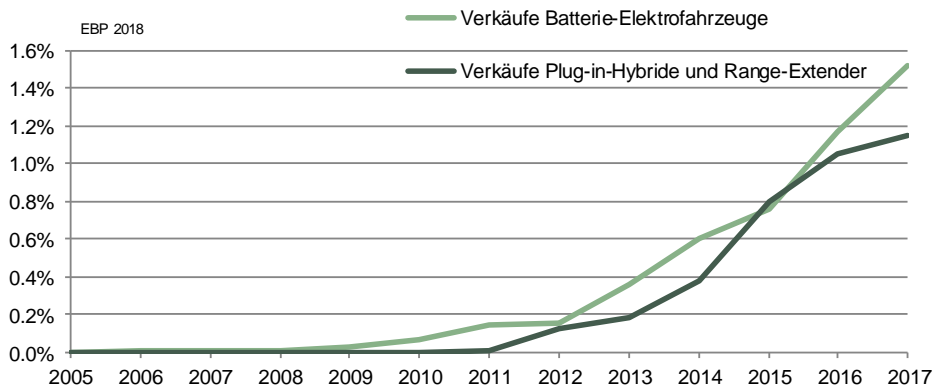


Abbildung 1. Verlauf der BEV- und PHEV-Anteile in der Schweiz. Quelle 2005–2012: Auswertungen MOFIS; 2013: EBP (2014b); 2014: EBP (2015b); 2015: EBP (2016b); 2016: EBP (2017b); 2017: EBP Schätzung.

Für die künftige Marktentwicklung in der Schweiz ist zentral, dass beim Übergang von der Pionierphase in den Massenmarkt mehrere für den Neuwagenkäufer relevante Kriterien betrachtet werden müssen. Romm (2006) postuliert, dass die Marktdurchdringung eines energieeffizienten Personenwagen-Alternativantriebs vor allem beeinflusst wird durch die Kriterien (i) Neuwagenpreis; (ii) reduzierte Hersteller- und Modellpalette; (iii) limitierte Reichweite; (iv) fehlende Ladeinfrastruktur, inklusive fehlender Interoperabilität, fehlenden Standards bei Steckern, Ladeleistungen und Ad-hoc-Zugang; (v) wahrgenommene Sicherheit; (vi) kontinuierliche technische Fortschritte bei den konventionellen Verbrennerfahrzeugen.

Für die «innovator»-Phase sind obige Kriterien nicht relevant. Für die «early adopter»-Phase stehen die Kriterien (ii) und (iv) im Vordergrund. Für die anschließende Massenmarkt-Phase sind dann die Kriterien (i), (ii), (iii) und (vi) ausschlaggebend. Das Kriterium (v) sollte über die Zeit automatisch an Relevanz verlieren (technisch gesehen sind Elektrofahrzeuge nicht gefährlicher für die Insassen und die übrigen Verkehrsteilnehmenden als konventionelle Verbrennerfahrzeuge).



## 2.3 Diffusion von Innovationen mit linearer Wachstumsphase nach Moore

Da absehbar ist, dass in den nächsten Jahren namentlich beim Kriterium (ii) noch keine sehr breite Modellpalette an Elektrofahrzeugen vorhanden sein wird und ausserhalb urbanen Gebieten noch keine einfach zu nutzende Ladeinfrastruktur (iv) vorhanden sein wird, dessen Nutzung als flächendeckend und problemlos wahrgenommen werden wird, sind die Bedingungen für die Annahme eines Diffusionsverlaufs nach *Rogers* nicht gegeben.

*Moore* hat für Diffusionsprozesse, bei denen relevante Abhängigkeiten von anderen, parallel verlaufenden Innovationen oder Rahmenbedingungen vorliegen, erstmals 1991 das Konzept von *Rogers* erweitert. *Moore* (2014) baut auf *Rogers* (1995) auf und argumentiert, dass es oft zu einen «chasm» also einer «Kluft» vor der Massenmarkt-Phase kommt. Nachstehende Abbildung 2 zeigt die von ihm postulierte, und für die vorliegende Studie in ein mathematisches Modell umgesetzte, Phase mit einem eingeschränkten Wachstum. In dieser Phase wächst der Marktanteil der Innovation jährlich weiter; die Zuwachsraten entwickeln sich jedoch nicht gemäss einer logistischen Funktion («S-Kurve-Wachstum»), sondern linear.

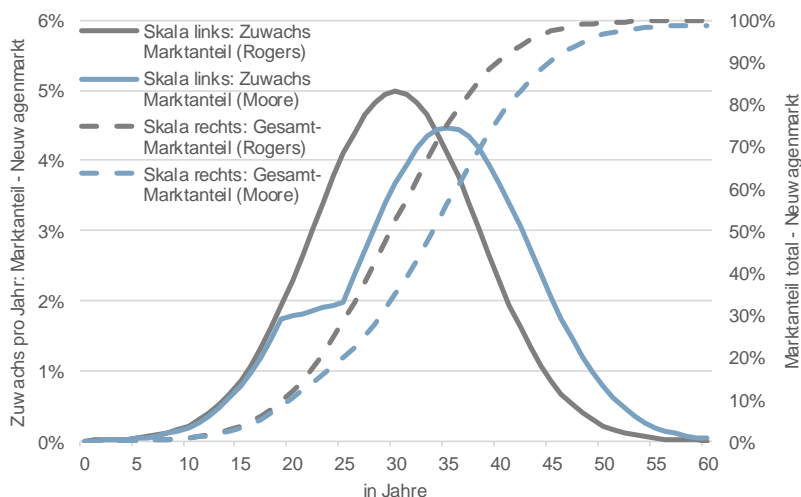


Abbildung 2: Illustratives Beispiel zu den beiden diffusionstheoretischen Konzepten nach *Rogers* (1995) und nach *Moore* (2014).

Die bescheidene Modellpalette der Elektrofahrzeuge und die noch nicht flächendeckende Ladeinfrastruktur wird in den nächsten Jahren ein Hindernis für die Elektromobilität in der Schweiz darstellen. Das Update 2018 verwendet deshalb den durch *Moore* (2014) erweiterten diffusionstheoretischen Ansatz. Es werden drei Phasen mit unterschiedlichen Wachstumsraten unterschieden:

- Pionierphase bis inkl. 2018 (Marktdaten bis inkl. 2017) («innovators» & «early adopters»)
- Phase linearen Wachstums im Gleichschritt mit der Entwicklung der Auswahl an Neuwagen und der Ladeinfrastruktur («chasm»)
- Massenmarkt-Phase (S-Kurve-Wachstum) («early market», «late market» sowie «laggards»).

### 3. Entwicklung von Automarkt, Batterien und Aufnahmeleistungen

Der Schweizer Neuwagenmarkt wird in Jahresschritten von 2016 bis 2035 modelliert; dazu wird für jedes Jahr eine synthetische Flotte aller auf dem Markt angebotenen Elektrofahrzeuge entwickelt (getrennt für BEV und PHEV), mit den jeweiligen Leistungsdaten und Neuverkaufspreisen. Die Marktdurchdringung wird auch beeinflusst durch die abgeschätzte Entwicklung der Batteriekosten inkl. deren (auf das Gewicht bezogene) Energiedichte, durch Experten-Abschätzungen zur Entwicklung des Fahrzeugangebots 2019–2022, und durch Annahmen zum Energieverbrauch (in kWh je km). Die eingesetzte Mikrosimulation «sim.car» wurde erstmals an der ETH Zürich eingesetzt und seither weiterentwickelt (de Haan et al. 2007). Die Mikrosimulation verwendet Treue-Raten (Markentreue, Modellsegmenttreue, Treibstofftyptreue und Antriebstyptreue), welche in der BAM-Befragung (EBP 2017a) erhoben werden. Es spielt deshalb eine wichtige Rolle, wie viele Hersteller, und in welchen Modellsegmenten, Elektroautos (BEV und PHEV) im Angebot stehen. Die simulierten Neuwagen-Verkaufszahlen gehen in ein kohortenbasiertes Flotten- und Fahrleistungsmodell ein.

Strom lässt sich nicht einfach speichern. Die Batterie ist die teuerste Komponente eines Elektroautos und stellt zurzeit der wichtigste limitierende Faktor für den Erfolg dar. In BEV und den meisten PHEV kommt der gleiche Batterie-Typ zum Einsatz wie in Laptops und Smartphones: Lithium-Ionen-Batterien, welche die dominierende Speichertechnologie in den nächsten Jahrzehnten bleiben wird. Dank Forschung und Entwicklung werden die Energiedichten der Batterien auf dem Markt stetig ansteigen, jedoch zeichnet sich keinen sprunghaften technologischen Durchbruch ab. Nachstehende Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der gewichtsbezogenen Energiedichte bis 2035. Die Energiedichte soll bis 2022 um weitere 15 % gesteigert werden. Relevant ist auch die volumenbezogenen Energiedichte. Von nahezu allen seriengefertigten Elektroautos der ersten Generation sind im Jahr 2017 neue Batteriepakete auf den Markt gekommen. Sie erhöhen die Reichweite signifikant, konnten aber im gleichen Einbauvolumen realisiert werden wie das ursprüngliche Batteriepaket. Das Gewicht der neuen Batteriepakete ist aber etwas höher.

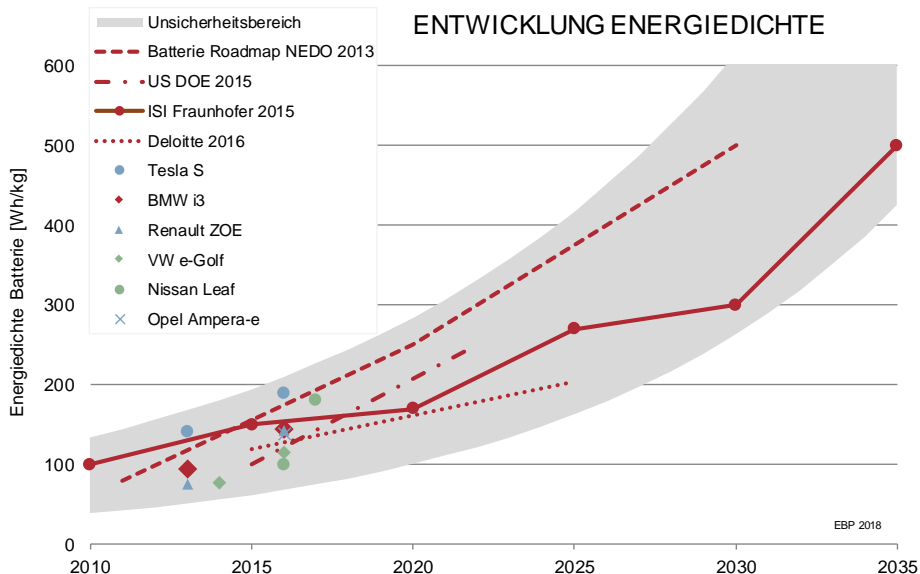


Abbildung 3. Entwicklung der gewichtsbezogenen Energiedichte der Batterien bis 2035 (eigene Darstellung EBP).

Weil immer mehr Elektroautos hergestellt werden, werden die Kosten pro Speicherkapazität dank Skaleneffekten weiter sinken (Abbildung 4). Innerhalb von sieben Jahren sind die Preise um beinahe zwei Drittel gesunken. Der Preisrückgang hat sich in den letzten drei Jahren jedoch stark abgeschwächt; nichtdestotrotz wird es vorhergesagt, dass die Preise nochmals um 75 % bis 2035 sinken werden. Die weitere Steigerung der Produktion und die Erhöhung der Kapazität der einzelnen Batteriemodule von 60 auf 100 kWh, und somit Reduzierung des Verpackungsanteils pro Batteriemodul, soll die angestrebte Preisreduktion ermöglichen (IEA 2017). Es wird aber dabei bleiben, dass die Energiedichte von Batteriespeichersystemen um Grössenordnungen schlechter ist als von einem Benzintank.

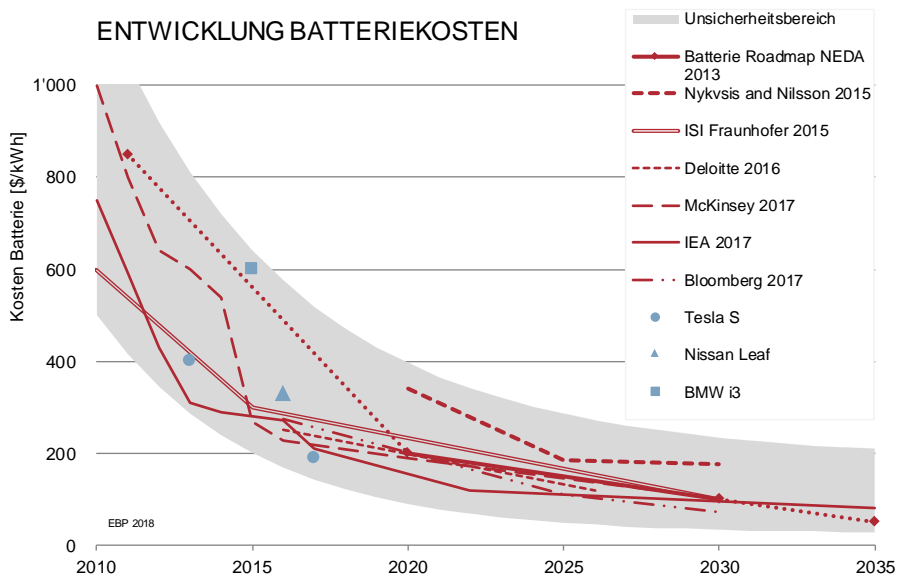


Abbildung 4. Entwicklung der spezifischen Batteriekosten bis 2035.

Batterien können ausschliesslich mit Gleichstrom (DC) geladen werden, das Stromnetz funktioniert ausschliesslich mit Wechselstrom (AC) – es findet also immer eine Umwandlung statt. Bei DC-Ladestationen erfolgt diese in der Ladestation, bei AC-Ladestationen hingegen im Fahrzeug. AC-Laden ist begrenzt auf maximal 43 kW. Gleichstrom (DC) ermöglicht mit CCS und CHAdeMO Steckern Ladeleistungen bis 150 kW, in Zukunft bis 350 kW. Solche hohen Leistungen erfordern aber netzseitig Anpassungen und sogar Kühlung der Ladekabel. Eine Kühlung der Ladekabel senkt die Effizienz des Ladevorgangs, da mehr Energie benötigt wird. Abbildung 5 (AC Ladeleistungen) und Abbildung 6 (DC Ladeleistungen) zeigen die maximalen Ladeaufnahmeleistungen aller Elektrofahrzeuge auf dem Markt. Die meisten Fahrzeuge erlauben 3.7 kW AC Ladungen, können aber auch an Ladesäulen mit höherer Leistung laden. Die Leistung wird vom Batteriemanagementsystem abgeregelt. Die DC-Ladeleistung ist in diesem Falle für die meisten Modellen zurzeit noch auf 50 kW begrenzt.

Die Leistung der Ladestationen soll zukünftig bis zu 350 kW betragen, womit die Ladezeiten gegenüber heute üblichen Ladelösungen signifikant verringert werden kann. Die heutige Generation von verfügbaren Elektrofahrzeugen ist nicht kompatibel mit derartig hohen Ladeleistungen. D.h. die Fahrzeugindustrie soll sich zukünftig auf derart hohe Ladeleistungen von bis zu 350 kW einstellen, wobei bei den Personenwagen die gängigen, maximalen Aufnahmeleistungen sich höchst wahrscheinlich auf 150 kW beschränken werden. Schnellladungen mit Leistungen jenseits der 150 kW sind mit zusätzlichem Aufwand verbunden: Die Ladekabel müssen entsprechend gekühlt werden, da hohe Temperaturen entstehen. Es ist anzunehmen, dass eine Ladung im beschriebenen Schnellladenetz deutlich teurer sein wird als heute übliche Kosten für eine Batterieladung.

Mittel- bis langfristig ist zu erwarten, dass On-Board-Umwandler eher bei 3.7 kW oder 11 kW limitiert sein werden (kleineres und leichteres Gerät als Notfalllösung im Auto). Falls sich entsprechende Branchenstandards durchsetzen würde, ist längerfristig sogar denkbar, dass On-Board-AC-DC-Wandler verschwinden, so dass auch im Home-charging-Bereich mit niedrigen Ladeleistungen mit Gleichstrom geladen würde (Wallboxen mit AC/DC-Umwandler).

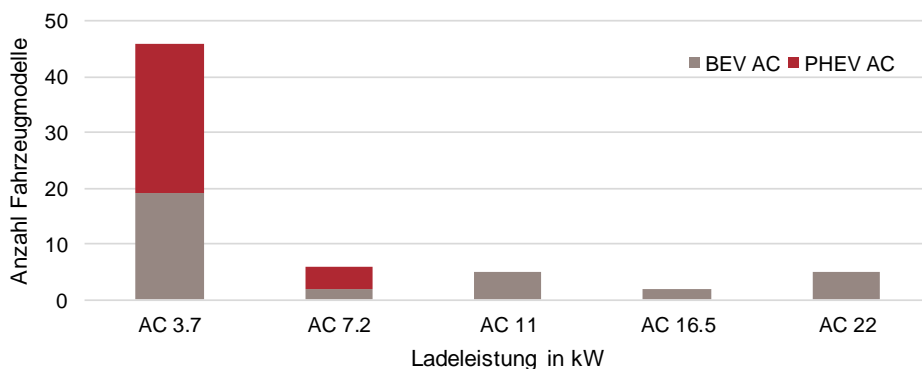


Abbildung 5: Maximale AC-Ladeaufnahmeleistungen. Eigene Darstellung EBP.

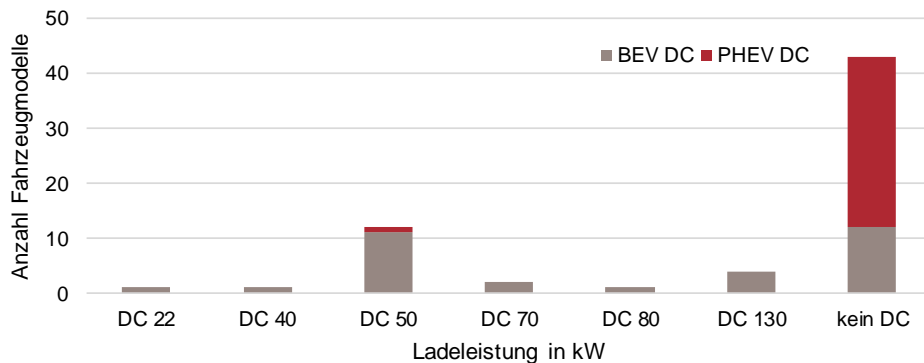


Abbildung 6: Maximale DC-Ladeaufnahmeleistungen. Eigene Darstellung EBP.

## 4. Definition der drei Szenarien für die Schweiz

### Drei Szenarien für die Schweiz zur Konkretisierung der Energiestrategie 2050

Als Grundlage für die Schweizer Energiestrategie 2050 wurde eine umfassende Modellierung aller Komponenten des Schweizer Energiesystems durchgeführt (BFE 2012). Das vorliegende Update konkretisiert und aktualisiert die drei Szenarien der 2012er BFE-Energieperspektiven für die Energiestrategie 2050. In den Jahren zuvor wurden ausführliche Elektromobilitätsszenarien in der TA-Swiss Studie 2013 und dem Update 2016 (EBP 2016c) veröffentlicht. Die drei bottom-up gerechneten Szenarien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- BAU (Business As Usual): Dieses Szenario berücksichtigt die weitere Verschärfung der Emissionsvorschriften für neue Personenwagen. Die Schweiz übernimmt dabei die Vorschriften der EU (neuer Zielwert: 95 g CO<sub>2</sub>/km im Jahr 2021). Ohne Elektrofahrzeuge (BEV+PHEV) in der Neuwagenflotte sind die Emissionsvorschriften für die Schweizer Autoimporteure nicht einzuhalten. Da die höhere Kaufkraft in der Schweiz dazu führt, dass die Schweizer Neuwagen höhere CO<sub>2</sub>/km-Werte haben als der Durchschnitt über alle EU-Mitgliedstaaten, wird die Elektromobilität in der Schweiz eine nochmals höhere Bedeutung haben als in der EU. Insbesondere kann dies dazu führen, dass elektrifizierte und teil-elektrifizierte Modellvarianten preislich attraktiver angeboten werden müssen als im Ausland, um die Emissionsziele auch in der Schweiz zu erreichen. Der Bund unterstützt die Elektromobilität des Weiteren indirekt, z.B. hat das Bundesamt für Energie (BFE) den Aufbau einer nationalen Datenbank zu Ladesäulen gestartet (als Grundlage für Apps von Dritten) und den Handlungsleitfaden «Elektromobilität für Gemeinden» veröffentlicht (EnergieSchweiz 2017).

- EFF (Efficiency): Für effiziente Fahrzeuge werden zusätzliche Förder- und Anreizinstrumente eingeführt, damit die Ziele 2030/2035 der Energiestrategie im Bereich der Strassenmobilität erreicht werden können. Technologieneutrale Förderinstrumente (für sehr effiziente Verbrennerfahrzeuge, für Plug-in-Hybride, für reine Elektrofahrzeuge sowie für Brennstoffzellen- und Biotreibstoff-Fahrzeuge) werden bevorzugt. Die Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes für die Zeit nach 2020 verfolgt eine weitere Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Vorschriften für Fahrzeuge in den Jahren 2025 und 2030 in Anlehnung an die EU. Die Entwicklung der Ladeinfrastruktur wird koordiniert (ASTRA 2015) und deren Einführung im öffentlichen Strassenraum erleichtert, für die Schnellladeinfrastruktur werden Mindestanforderungen eingeführt. Die Energiepreise steigen moderat an und der technische Fortschritt führt zu einer weiteren Energieeffizienzsteigerung bei den Neuwagen. Das Mobilitäts- und Konsumverhalten bleibt im Grundsatz gleich.
- COM (Connected Mobility): Aus energiesystemischen Überlegungen werden Elektroautos spezifisch gefördert. Höhere Energie- und Mobilitätspreise führen zu Änderungen im Mobilitätsverhalten: Weil längere Strecken mehr durch die Kombination von Auto und Bahn zurückgelegt werden, braucht es weniger langstreckenfähige Personenwagen. Ein zunehmender Anteil der Fahrzeugkilometer wird mit kleinen Elektrofahrzeugen (Mikromobilität: Fahrzeugklassen L5e, L6e, L7e statt M1) zurückgelegt. Die Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes für die Zeit nach 2020 verfolgt eine deutliche Verschärfung der CO<sub>2</sub>-Vorschriften für Fahrzeuge in den Jahren 2025 und 2030 in Anlehnung an die EU.

Die betrachteten Szenarien BAU, EFF und COM stellen keine Extremszenarien dar; im Falle von starken Schocks (Wirtschaftskrise; Energiepreise; Verbote) oder technologischen Brüchen (nicht voraussehbare Fortschritte bei Verbrennungsmotoren, Elektro- oder Wasserstoffantrieben) kann es zu einer Entwicklung kommen, welche ausserhalb des von BAU und COM aufgespannten Fächers liegt.

Das Szenario BAU ist ein Trendszenario, die Szenarien EFF und COM sind Zielszenarien, deren Eintreten davon abhängt, dass bestimmte (oben beschriebene) Voraussetzungen erfüllt sind.

### **Entwicklung von Bevölkerung, Motorfahrzeugbestand und Verkehrsleistung**

Das Update 2018 berücksichtigt die 2016er Bevölkerungsszenarien des BFS (mittleres Szenario) (BFS 2016) sowie die Personenverkehrs-Perspektiven 2040 (ARE 2016). Es wird die ständige Wohnbevölkerung (BFS 2017a), der Motorfahrzeugbestand (BFS 2018a) und die kantonale Verteilung der neuen Inverkehrsetzungen (BFS 2018b) berücksichtigt. Bei den Daten zum Mobilitätsverhalten wird der aktuellste Mikrozensus Verkehr und Mobilität aus 2015 verwendet (ARE/BFS 2017).



Abbildung 7. Perspektiven des Verkehrs in der Schweiz 2040. Quelle: ARE.

### BEV vs. PHEV inkl. Range-Extender

PHEV erlauben die Lösung des Reichweitenproblems, weshalb sie in den nächsten Jahren sehr populär sein werden und ca. 50% des Neuwagenmarkts ausmachen dürften. Längerfristig ist davon auszugehen, dass die Fortschritte bei den Batterien und der Ausbau der Schnellladeinfrastruktur zu einem Rückgang der PHEV führen werden. Für die Szenarien wurden dazu je spezifische Verläufe angenommen. Es werden zwei Phasen unterschieden (Phase 1: unzureichende Reichweiten für Alleinautos und Einfluss der Emissionsvorschriften > PHEV nahe bei 50% und relevanter Anteil der Plug-in-Hybriden; Phase 2: Rückgang und Übergang zu seriellen Hybriden / Range-Extendern).

## 5. Resultate der Szenarien der Elektromobilität für die Schweiz 2018

### 5.1 Marktdurchdringungen in den drei Szenarien bis 2035

Die Abbildung 8 zeigt den Elektrofahrzeug-Marktanteil (BEV und PHEV) am Neuwagenmarkt bis 2035, in den drei Szenarien. Die Abbildung 9 illustriert die verzögerte Auswirkung auf den Gesamtfahrzeugbestand.

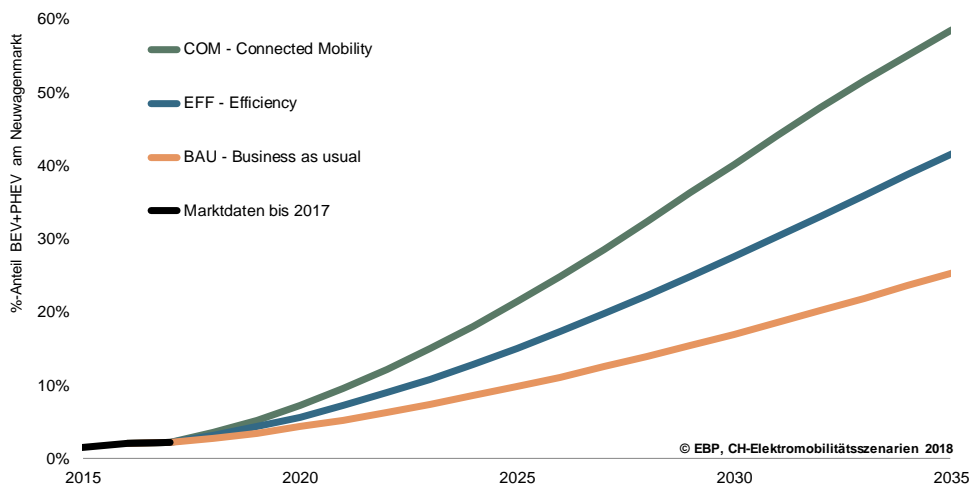


Abbildung 8: Anteil der Elektrofahrzeuge (Summe von BEV und PHEV) am Neuwagenmarkt in der Schweiz bis 2035.

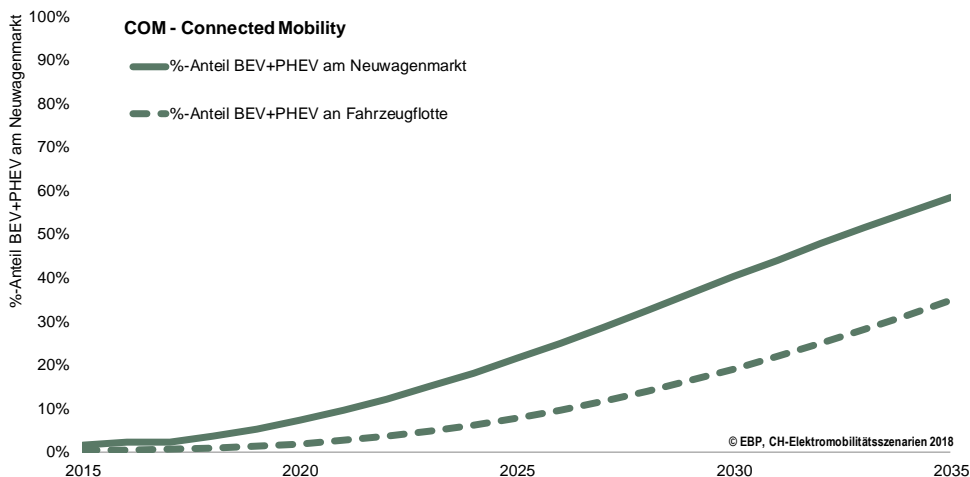


Abbildung 9: Anteil der Elektrofahrzeuge (Summe von BEV und PHEV) am Neuwagenmarkt und die verzögerte Auswirkung auf den Gesamtfahrzeugbestand (Fahrzeugflotte) in der Schweiz bis 2035 im Szenario COM.

#### Maximal mögliche DC-Ladeleistung

Zur Lösung der Reichweitenproblematik können einerseits immer grössere Batteriepakete eingesetzt werden. Andererseits ist es möglich, durch höhere maximal mögliche DC-Schnellladeleistungen das bedarfsgerechte



Nachladen während längerer Fahrten zu ermöglichen. Batteriepakete können dann auf jene Grösse massgeschneidert werden, welche für die Erfüllung von z.B. 99% aller Fahrten eines Jahres ausreicht. Es ist davon auszugehen, dass ab der dritten Generation von seriengefertigten Elektrofahrzeugen hohe DC-Ladeleistungen von mehr als 100 kW sich zu einem Standard entwickeln werden, mindestens bei EV der Mittel- und Oberklasse, später auch für PHEV und für die Kompaktklasse. Für kleinere PHEV und EV wird es jedoch auch längerfristig Fahrzeuge mit weniger als 100 kW DC-Ladeleistung geben. Dieser Aspekt spielt eine wichtige Rolle, um die öffentliche Ladeinfrastruktur planen zu können (optimale Ladeleistung, Diskriminierungsfreiheit).

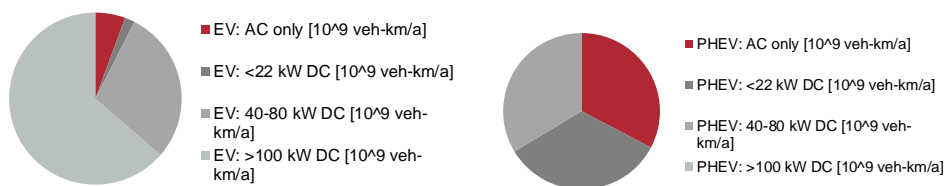


Abbildung 10: Aufteilung der EV- und PHEV-Fahrleistung nach maximal möglicher Ladeleistung (hier: für das Jahr 2035 im Szenario EFF).

### Kompatibilität mit den Eckwerten der Energiestrategie 2050 für die Periode 2020–2035

Die drei Szenarien von EBP sind kompatibel mit den Eckwerten der Energiestrategie 2050. Für eine aussagekräftige Gegenüberstellung des bottom-up berechneten Stromverbrauchs der Elektromobilität gemäss EBP-Szenarien und den Eckwerten von BFE (2012) müssen letztere zuerst auf die verkehrliche Basis von ARE (2016) umgerechnet werden. Allen Szenarien wird die gleiche Verkehrsleistung unterlegt. Für die spezifischen Verbräuche werden die bottom-up modellierten Verbrauchswerte aus TA Swiss (2013) herangezogen. Es handelt sich um Realverbrauchswerte; sie wurden nicht aus einem spezifischen Fahrzyklus abgeleitet.

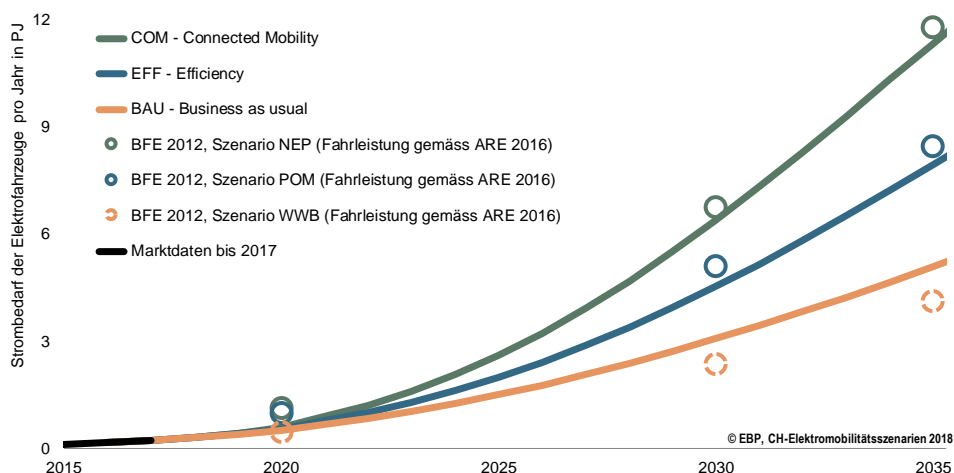


Abbildung 11: Gegenüberstellung des Stromverbrauchs für die Elektromobilität gemäss Bottom-up-Szenarien mit den Eckwerten aus BFE 2012 (3.6 PJ = 1 TWh). Das BAU-Szenario geht von anderen Annahmen aus als das WWB-Szenario und ist nicht direkt vergleichbar.

## 5.2 Ladeverhalten: vom Automarkt bis zur Ladestation

Das Ladeverhalten beschreibt wie häufig und wo Elektrofahrzeuge laden. Geschäftsmodelle mit der Elektromobilität und die Interaktion mit dem Stromsystem hängen daher grundlegend vom Ladeverhalten ab. Aktuell besitzen praktisch alle Elektrofahrzeughalter eine private Ladestation zu Hause, wo sie täglich kleine Strommengen (Tagesbedarf) nachladen. Elektrische Flottenfahrzeuge haben eine private Lademöglichkeit am Firmenstandort. Wird auch in Zukunft hauptsächlich privat geladen? Oder wird das öffentliche Laden an «Point of Interests (POI)», also beim Einkaufen, beim Fitnesscenter oder beim Zoo künftig immer wichtiger? Wird der Kostenvorteil des Heimladens Elektrofahrzeughalter davon abhalten an öffentlichen Ladestationen nachzuladen? Werden Elektrofahrzeuge nur dann öffentlich geladen, wenn die Fahrzeugbatterie schon stark entleert ist? Und wie präsentiert sich in diesem Fall die Zahlungsbereitschaft für eine hohe Ladeleistung (Schnellladung), welche die Ladezeit deutlich verkürzt?

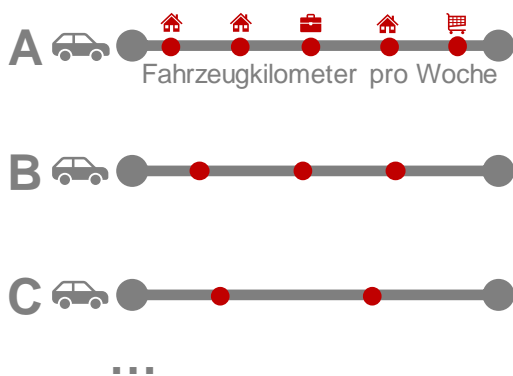


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Bottom-up-Modellierung des Ladeverhaltens der Elektrofahrzeughalter.

EBP modelliert das Ladeverhalten der Elektrofahrzeuge bottom-up nach charakteristischen Nutzertypen (Abbildung 12). Dabei werden zahlreiche Datensätze ausgewertet. Die relevantesten sind das nationale Personenverkehrsmodell (ARE 2014), welche regionalisierte Verkehrsdaten je Verkehrszweck und Strassentyp liefert und die EBP-eigene [synthetische Bevölkerung Schweiz](#) (EBP 2017c), die Echtdatensätze zum Gebäudebestand und der Wohnbevölkerung mit synthetisch generierten Datensätzen zum Mobilitäts- und Konsumverhalten der Schweizerischen Bevölkerung verknüpft (Abbildung 13).

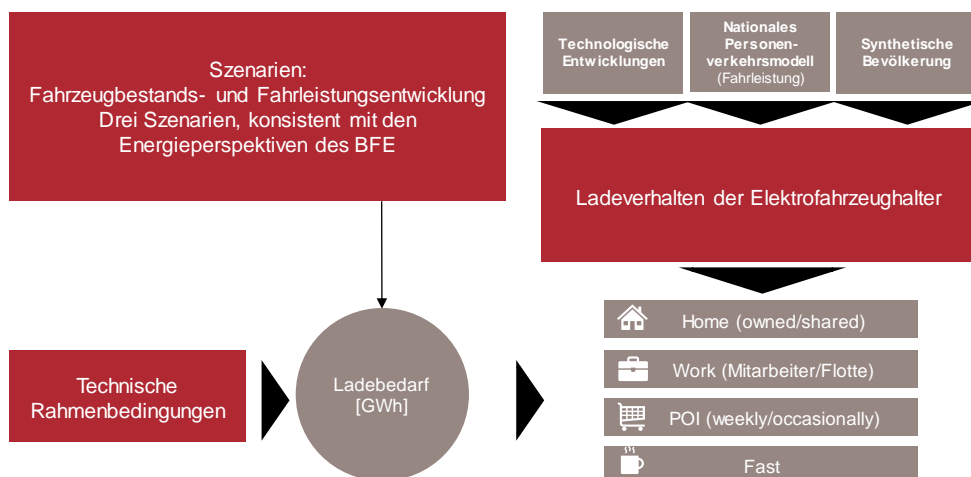


Abbildung 13: Modellierungsstruktur des Ladeverhaltens: vom Automarkt bis zur Ladestation.

Unter zusätzlicher Berücksichtigung der exakten Koordinaten von rund 160'000 potenzieller Standorte öffentlicher Ladestationen in der Schweiz können detaillierte Aussagen zum Ladeverhalten der Elektrofahrzeughalter prognostiziert werden. Ausgewiesen werden Stromverbrauch, Anzahl Ladevorgänge, sowie durchschnittlich geladene Strommenge je Ladevorgang und Anzahl Ladestationen je Ladestationstyp. Dabei werden vier Ladestationstypen unterschieden (Abbildung 14).



Abbildung 14: Kurzbeschreibung der vier Ladestationstypen.

Das zukünftige Ladeverhalten kann je nach Elektromobilitätsszenario unterschiedlich abgebildet werden. Die Abstimmung erfolgt dabei in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden.

Abbildung 15 zeigt die Aufteilung aller Ladevorgänge in der Schweiz je Ladestationstyp (links) für das Szenario EFF im Jahr 2035. An öffentlichen Ladestationen (POI und Fast) wird in diesem Modellierungsbeispiel deutlich weniger häufig geladen als an privaten Ladestationen (Home und Work). Aufgrund der grösseren geladenen Strommenge pro Ladevorgang ist der Stromverbrauch anteilmässig aber deutlich grösser (Abbildung 15, rechts).

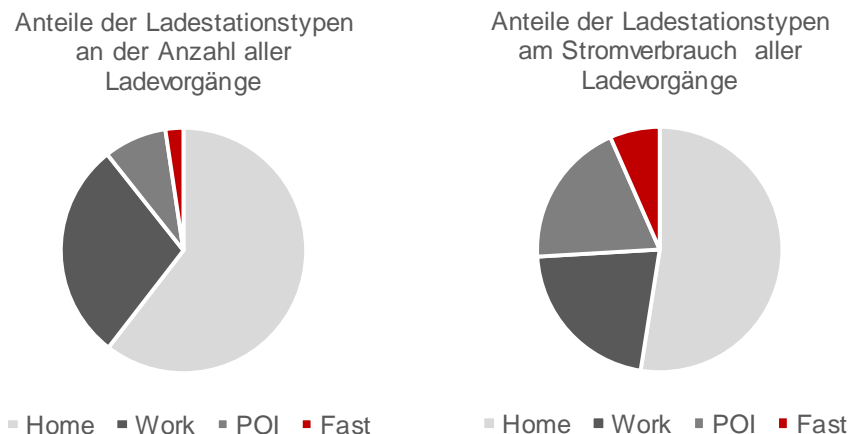


Abbildung 15: Anteile der Ladestationstypen an der Anzahl (links) und am Stromverbrauch aller Ladevorgänge (rechts), hier für das Szenario EFF und das Jahr 2035.

### 5.3 Auswirkungen der Elektromobilität auf das Stromsystem

Der Strombedarf der Elektromobilität in der Schweiz liegt im Jahr 2035 bei 1.5 bis 2.9 TWh. Dies entspricht rund 3–5 Prozent des heutigen Stromverbrauchs der Schweiz. Bei starker Marktdurchdringung der Elektromobilität steigt der Stromverbrauch bis 2050 schweizweit auf 5.5 TWh (knapp 10 Prozent des heutigen Stromverbrauchs).

Auf Basis der Modellierung des Ladeverhaltens können stündliche Profile der Stromnachfrage der Elektromobilität erzeugt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Ladeleistung und der geladenen Strommenge je Ladestationstyp ergibt sich eine spezifische zeitliche Stromnachfrage (Abbildung 16). Die Nachfrageprofile je Ladestationstyp orientieren sich an den Ankunftszeitpunkten je Verkehrszweck (Auswertung des Mikrozensus Verkehr und Mobilität 2015). Wird angenommen, dass Elektrofahrzeuge vor allem bei der Rückkehr nach Hause am Abend eingesteckt und geladen werden (Heimladung), verstärkt dies die abendliche Lastspitze in den Verteilnetzen. Gleiches gilt für das morgentliche Laden am Arbeitsplatz (Abbildung 17). Vor allem im Winter wird die Elektromobilität daher das Stromsystem in den anhin schon angespannten Stunden weiter belasten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Stromverbrauch der Elektromobilität temperaturabhängig ist. Im Winter verschlechtern tiefe Aussentemperaturen den Wirkungsgrad der Fahrzeugbatterien und das zusätzliche Heizen des Fahrzeugs führt zu einem Strommehrverbrauch. Der Stromverbrauch der Elektromobilität ist im Winter daher höher als im Sommer.

Bei ungesteuerten Ladevorgängen verursacht die Elektromobilität im Jahr 2035 eine zeitgleiche Höchstlast von bis zu 0.8 Gigawatt. Bis im Jahr 2050 könnte dieser Wert auf über 1.6 Gigawatt ansteigen. Die Höhe der Höchstlast der Elektromobilität hängt stark von der Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge ab. Das grösste Risiko stellen abendliche Ladevorgänge bei der Rückkehr nach Hause dar: je höher der Heimladung-Anteil desto höher wird die Höchstlastspitze. Bei einem Heimladung-Anteil von 60 Prozent

verursacht die Elektromobilität im Jahr 2035 eine Höchstlastspitze von knapp 1 Gigawatt, bei 80 Prozent 1.1 Gigawatt, bei 100 Prozent Heimladung würde die Höchstlast der Elektromobilität bereits im Jahr 2035 auf über 1.2 Gigawatt steigen (Abbildung 18).

Ladeprofil der Elektromobilität je Ladestationstyp

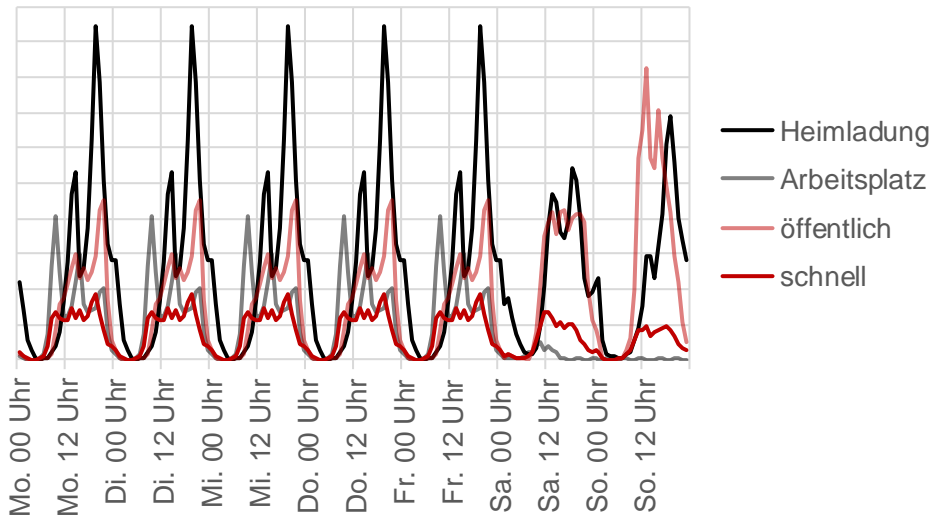


Abbildung 16: Stündliche Nachfrageprofile der Elektromobilität je Ladestationstyp.

Durch zeit- oder ferngesteuertes Laden oder den Einsatz von dezentralen Speichern, können diese Lastspitzen, ohne gleichzeitig hohe Stromproduktion von erneuerbaren Energien, vermieden werden. Längerfristig ist deshalb eine Steuerung der Ladevorgänge, vor allem bei Heimladungen, sinnvoll. Verteilnetzbetreiber haben daher schon heute ein Interesse daran, dass vorwiegend smarte Ladestationen eingebaut werden und die Ladeleistungen bei Heimladungen begrenzt wird.

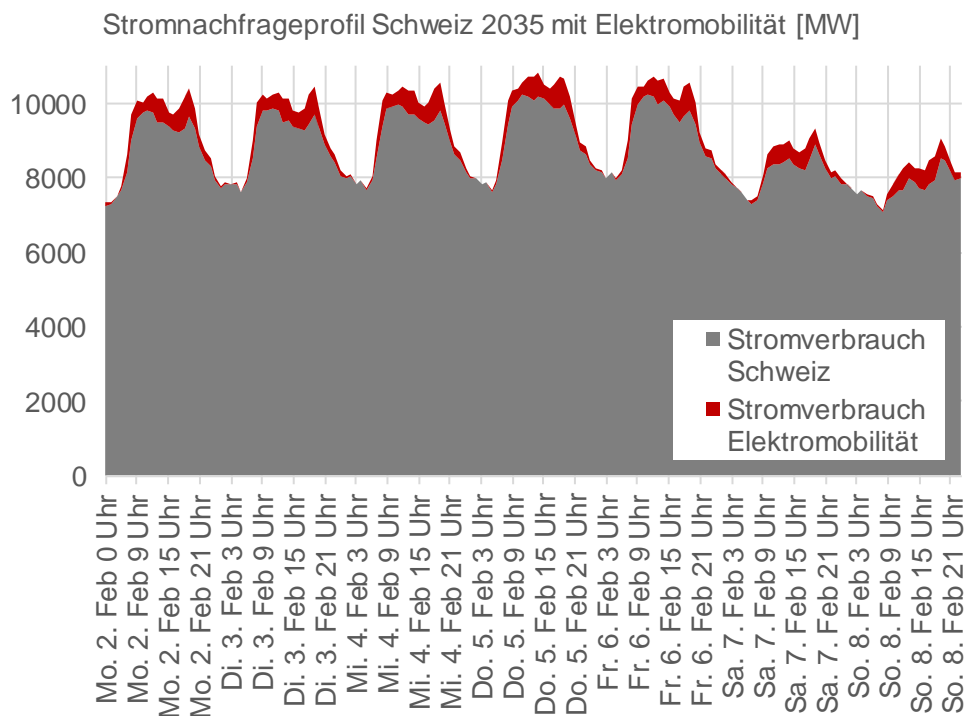


Abbildung 17: Stündliche (ungesteuerte) Stromnachfrageprofile der Elektromobilität in einer Februarwoche in der Schweiz im Jahr 2035 im Kontext zum gesamten Stromverbrauch der Schweiz.

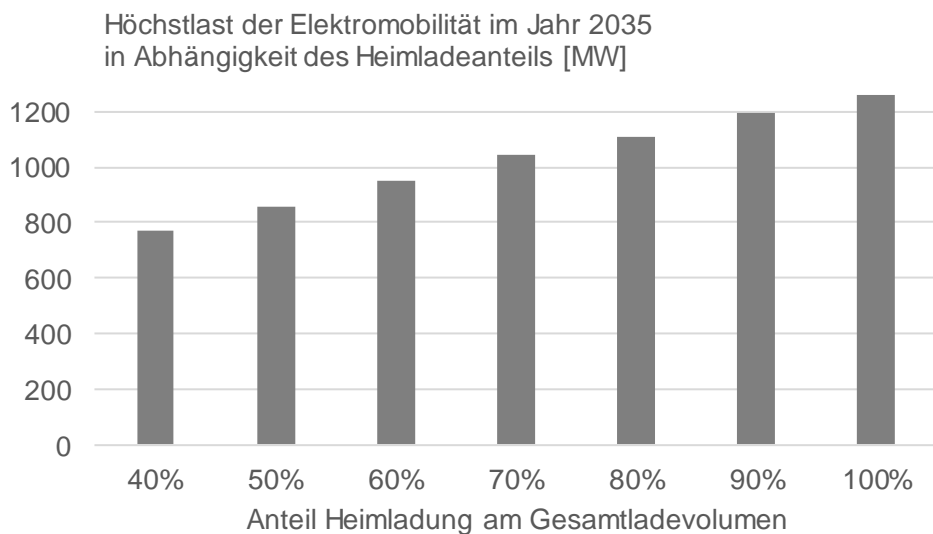


Abbildung 18: Zeitgleiche Höchstlast der Elektromobilität im Jahr 2035 bei ungesteuerten Ladevorgänge in Abhängigkeit des Heimpladung-Anteils am Gesamtladevolumen.

## 6. Disruptive Entwicklung der Elektromobilität

### 6.1 Definition der disruptiven Szenarien für die Schweiz

Die Elektromobilität als disruptive Innovation? Es ist denkbar, dass der elektrische Antrieb den Verbrennungsmotor im Verkehr noch vor Mitte des Jahrhunderts vollständig vom Markt verdrängt. Die mit dem Update 2018 präsentierten disruptiven Szenarien zeigen eine deutlich schnellere Marktdurchdringung der Elektromobilität, verglichen mit dem höchsten, mit der Energiestrategie 2050 kompatiblen, Szenario COM. Die zwei disruptiven Szenarien lassen sich wie folgt charakterisieren:

- DIB (Partial Diesel Ban): Die angekündigten und kurz im Anschluss teils bereits beschlossenen partiellen Fahrverbote von älteren Dieselfahrzeugen im europäischen Ausland führt zu einer starken Verunsicherung am Schweizer Neuwagenmarkt. Auch im Inland werden politische Vorstösse unternommen, welche auf Autos mit Verbrennungsmotoren zielen. Der Neuwagenmarkt für Dieselfahrzeuge bricht folglich in den nächsten Jahren zusammen. Der Dieselanteil am Neuwagenmarkt nimmt von heute rund 36 % bis im Jahr 2030 auf 10 % exponentiell ab. Viele Fahrzeugbesitzer wechseln zurück auf einen Benziner. Immer mehr entscheiden sich beim Neuwagenkauf aber auch für Plug-in-Hybride und voll-elektrische Fahrzeuge.
- DEC (Decarbonisation): Das Szenario DEC zeigt die vollständige Dekarbonisierung des Personenwagenverkehrs in der Schweiz bis 2050. Mit der Ratifikation des Klimaübereinkommens von Paris im Oktober 2017 hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, die Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um 50% zu senken. Infolgedessen wird das geltende CO<sub>2</sub>-Gesetz für den Zeitraum von 2021 bis 2030 totalrevidiert. Für die Zeit nach 2050 schlägt der Bundesrat die Klimaneutralität vor, also eine 100 %-Reduktion der Treibhausgasemissionen – die Dekarbonisierung (BAFU 2017). Die Dekarbonisierung erfordert eine sehr schnelle Transformation des Verkehrssektors. Demzufolge muss der Personenwagenverkehr im Jahr 2050 unabhängig von fossilen Treibstoffen sein. Das Szenario DEC beschreibt einen machbaren Dekarbonisierungspfad des motorisierten Individualverkehrs, lässt aber offen, mit welchen Politikmassnahmen dies erreicht werden kann. In Frage kommen Quoten oder Teilverbote. Autoimporteure müssten jedes Jahr einen höheren Anteil ihrer Neuwagen zwingend mit alternativem Antrieb absetzen oder es würden Grenzwerte der maximal zulässigen Normleistung pro Gewicht für Verbrennerfahrzeuge eingeführt.

### 6.2 Resultate der disruptiven Szenarien für die Schweiz

Abbildung 19 zeigt den Elektrofahrzeug-Marktanteil (BEV und PHEV) am Neuwagenmarkt bis 2035 für die zwei disruptiven Szenarien DIB und DEC, sowie für das Szenario COM zum Vergleich. Im Szenario DIB erreichen Elektrofahrzeuge (BEV+PHEV) im Jahr 2020 einen Neuwagenmarktanteil von 10 %. Im Szenario DEC werden ab dem Jahr 2035 keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mehr verkauft.

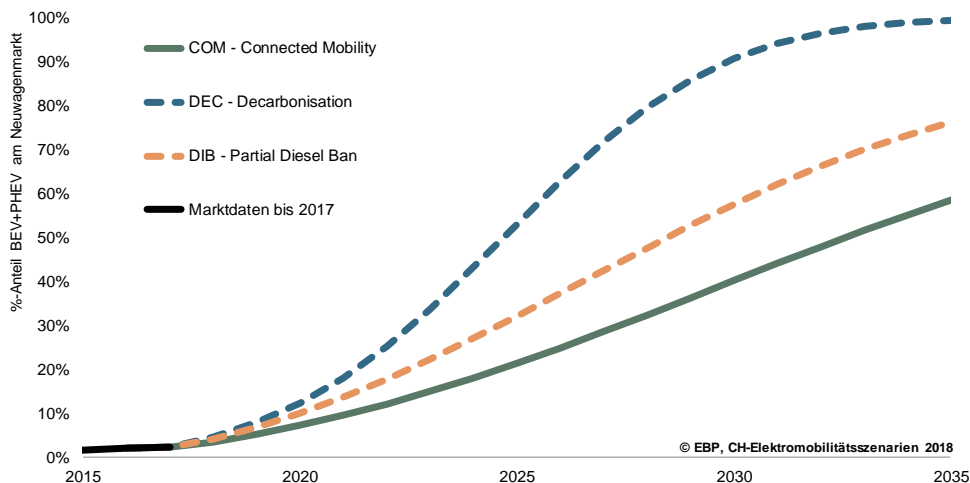


Abbildung 19: Anteil der Elektrofahrzeuge (Summe von BEV und PHEV) am Neuwagenmarkt in der Schweiz bis 2035.

Die Abbildung 20 zeigt die Entwicklung des Neuwagenmarktes bis 2035 im Szenario DEC. Modelliert wurden ICE, BEV, PHEV für je vier Fahrzeuggrößenklassen.

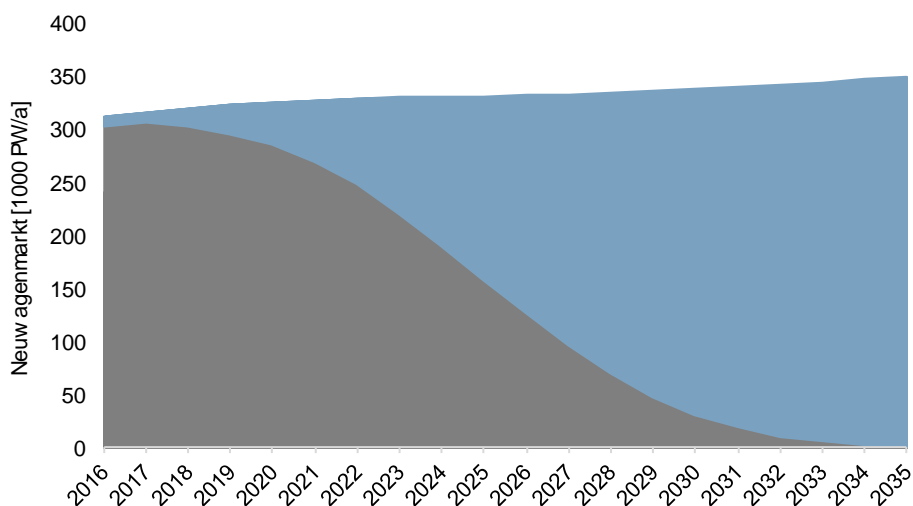


Abbildung 20: Entwicklung des Neuwagenmarktes. In grau sind Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICE) und in blau (BEV+PHEV) dargestellt, hier für das Szenario DEC.

## 7. Kantonale Szenarien

### 7.1 Für die Elektromobilität relevante Faktoren

Aufgrund diverser Faktoren unterscheiden sich die Voraussetzungen für, und die «Affinität» zur Elektromobilität von Kanton zu Kanton. Die Verbreitung der Elektromobilität wird daher, je nach Kanton, unterschiedliche Verläufe aufweisen.



Der Anteil Elektrofahrzeuge (BEV + PHEV) der neu zugelassenen Personenwagen nach Kanton im Jahr 2016 ist in Abbildung 21 dargestellt. Der Vergleich zwischen den Kantonen zeigt, dass in der Tendenz der Anteil Elektrofahrzeuge in der Romandie tiefer ist als in der Deutschschweiz. Mit 3.2 % ist der Anteil von neu zugelassenen Elektrofahrzeugen im Kanton Zürich am höchsten.

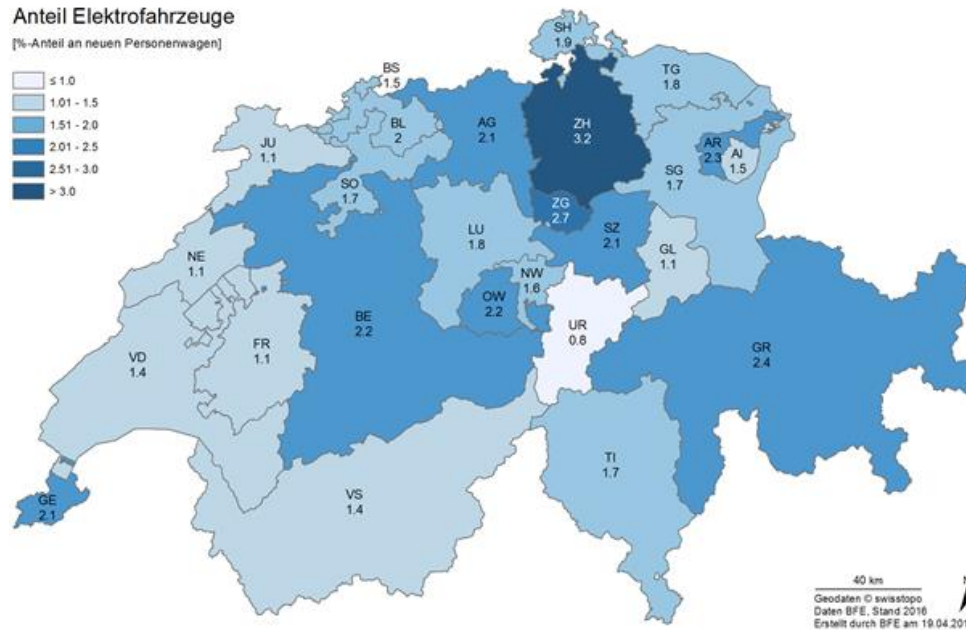


Abbildung 21: Anteil Elektrofahrzeuge der neuen Personenwagen nach Kanton, Jahr 2016 (EBP 2017b im Auftrag vom BFE).

Bei den Faktoren unterscheiden wir zwischen soziodemographischen Grössen und das Mobilitätsverhalten einerseits, und Standortfaktoren andererseits.

Die Unterschiede in *Soziodemographie und Mobilitätsverhalten* werden über eine quantitative Analyse der Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 (BFS / ARE 2017c)<sup>1</sup> und der MOFIS-Datenbank von ASTRA gewonnen. Es werden jene Kriterien identifiziert, welche die Affinität für Elektromobilität beeinflussen können (Tabelle 1).

Kriterium	Einfluss
Anzahl Fahrzeuge pro Haushalt	Mehr-Auto-Haushalte kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere, weil Elektrofahrzeuge häufig als Zweitauto eingesetzt werden.
Anteil Autofahrten länger als 50 km	Wer täglich mehr als 50 km fährt, kauft weniger häufig Elektrofahrzeuge als andere.
Ausbildungsstand	Personen mit mindestens einem Fachhochschul-Abschluss kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.
Motorisierungsgrad	Haushalte mit einem PKW zur ständigen Verfügung kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.

<sup>1</sup> Im Rahmen des Mikrozensus (MZ) Mobilität und Verkehr werden alle fünf Jahre ca. 60'000 Personen telefonisch zu ihrem Verkehrsverhalten befragt. Im Jahr 2015 haben 57'090 Einzelpersonen in der ganzen Schweiz an der Befragung teilgenommen.

Anteil von Carsharing	Carsharing Mitglieder kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere, weil sie für lange Fahrten ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor mieten können und somit die Problematik der Reichweite reduziert wird.
Zusammensetzung Haushalte nach Haushaltstyp	Haushalte ohne Kinder kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.
Durchschnittsalter PKW-Flotte	Je tiefer der Durchschnittsalter, desto schneller die Umwälzung des Personenwagenbestands und die Penetration von neuen Antriebstechnologien.
Durchschnittliche Leistung PKW-Flotte	Proxy für Kaufkraft. Viele angekündigte PHEV und BEV gehören der Oberklasse und werden starke Leistungen haben (Porsche, Tesla, usw.).

Tabelle 1: Kantonale Anpassung der Szenarien: Kriterien für das Mobilitätsverhalten.

Zusätzlich werden als *Standortfaktoren* weitere Kriterien untersucht, die einen Einfluss auf die Verbreitung der Elektromobilität haben:

- Der politische Wille zur Förderung der Elektromobilität;
- Die Innovationsbereitschaft;
- Existierende Ladeinfrastruktur und/oder Pilotprojekte;
- Die Anzahl Pendler;
- Die Qualität des ÖV-Angebots;
- Die Topographie;
- Das Klima, namentlich der Einfluss winterlicher Verhältnisse.

Für jedes der obigen Kriterien wird der Kanton im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt jeweils einer Kategorie (von «++», «+» über «0» zu «-» und «--») zugeordnet – pro Faktor werden nur ca. je 3 Kantone den Kategorien «++» bzw. «--» zugeteilt. Für die Standortfaktoren geschieht dies anhand einer qualitativen Experteneinschätzung.

## 7.2 Auswirkung der Faktoren auf Diffusionsgeschwindigkeit und längerfristigen Marktanteil

Die Modellierung der Marktpenetration der Elektromobilität wird anhand der Faktoren den kantonalen Voraussetzungen und «Affinitäten» angepasst. Es wird angenommen, dass sich die Faktoren mit der Zeit nicht verändern, und dass die Unterschiede für alle drei Szenarien innerhalb eines Kantons gleichermassen gelten.

Die folgenden Faktoren beeinflussen die kantonalen Marktpenetrationen betreffend der *Geschwindigkeit der Innovationsdiffusion* (im Resultat eine *zeitliche Verschiebung* der Kurve der Marktdurchdringung hin zu früheren, oder späteren, Jahren): Anzahl Fahrzeuge pro Haushalt; Anteil Autofahrten länger als 50 km; Ausbildung; Motorisierungsgrad; Carsharing; Policy; Bereitschaft für Innovation; Existierende Ladeinfrastruktur / Pilotprojekte; Anzahl Pendler; Durchschnittsalter PKW-Flotte. Die verbleibenden, folgenden Faktoren haben einen Einfluss auf den längerfristigen *Elektrofahrzeuge-Marktanteil*: die Verteilung der Haushalte nach Haushaltstyp; die Qualität des ÖV-

Netzes; die Topographie; das Klima; die durchschnittliche Leistung PKW-Flotte.

Im Endeffekt unterscheiden sich die Elektromobilitäts-Szenarien zwischen den Kantonen nach ihrem zeitlichen Verlauf und nach der Höhe des längerfristigen Marktanteils. Die nachstehende Abbildung zeigt illustrativ (hier für das COM-Szenario) die Unterschiede für einen Kanton.

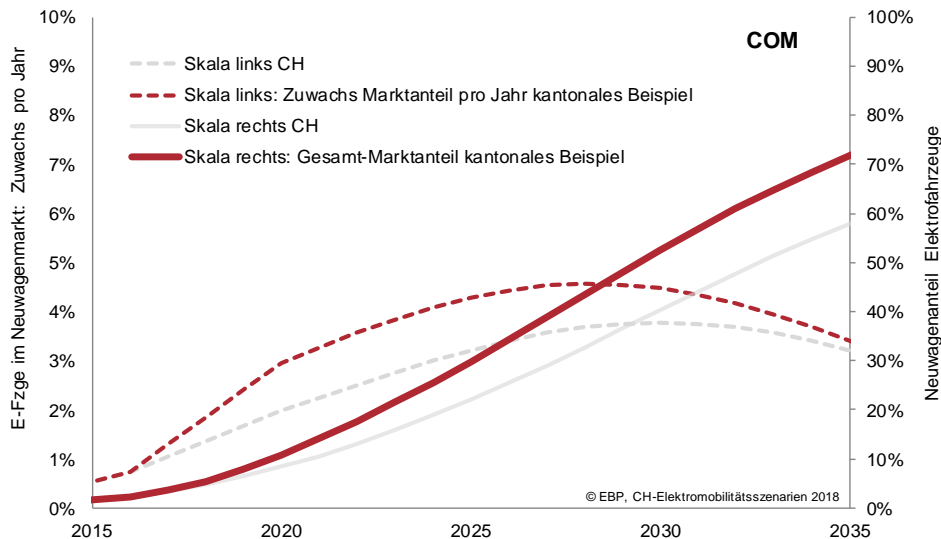


Abbildung 22. Illustrative Darstellung des Anteils der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen in einem ausgewählten Kanton, hier für das Szenario COM.

### 7.3 Kantonaler Verlauf der Neuzulassungen, der statischen und der dynamischen Flotte

Anhand der kantonalen Faktoren werden die nationalen Szenarien direkt für den jeweiligen Kanton disaggregiert. Die angepassten Marktpenetrationen ermöglichen dann die Berechnung (A) des kantonalen Neuwagenmarkts, (B) des daraus resultierenden (statistischen) Fahrzeugbestands der im Kanton immatrikulierten Fahrzeuge, sowie (C) die dynamische, fahrleistungsgewichtete Flotte. Letzteres stellt die Grundlagen für die Ermittlung des kantonalen Ladestations-Bedarfs dar.

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.

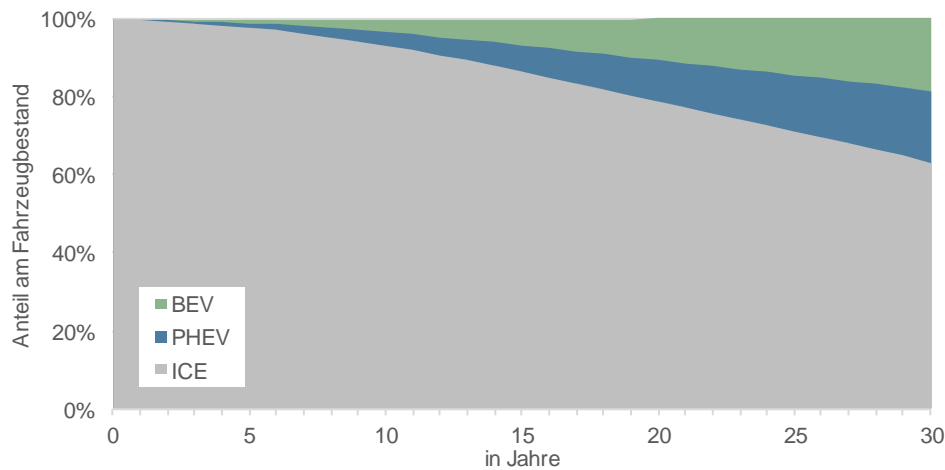


Abbildung 23: Illustrative Darstellung der Entwicklung des Fahrzeugbestandes (eigene Darstellung EBP).

Der statische Fahrzeugbestand umfasst die Anzahl Fahrzeuge, welche zu einem Stichtag immatrikuliert sind. Aber nicht jedes Fahrzeug fährt gleich viele Kilometer: Je neuer ein Fahrzeug ist, desto mehr Kilometer pro Jahr legt es zurück. Die neuesten 10% des Fahrzeugbestands legen also deutlich mehr als 10% aller Fahrzeugkilometer zurück. Das ist gerade für die Elektromobilität relevant. Ausgehend von der statischen Fahrzeugflotte wird deshalb die so genannte dynamische kantonale 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). Der dynamische Fahrzeugbestand beschreibt die zurückgelegte Fahrleistung je Fahrzeugsegment, die Einheit ist hier also „Anzahl gefahrene Kilometer“.

Diese Schritte ermöglichen die folgenden Prognosen, jeweils für den betreffenden Kanton: Strombedarf, Anzahl Ladevorgänge, räumlicher Bedarf an Ladestationen je nach Typ (*home charging, workplace charging, POI charging, fast charging*).

## 8. Szenarien der Elektromobilität in den Gemeinden

Ausgehend von den kantonalen Ergebnissen werden die Szenarien der Elektromobilität weiter auf Gemeindeebene regionalisiert. Damit sind Aussagen zur Anzahl Elektrofahrzeuge, Anzahl Ladevorgänge je Ladestationstyp und zur Stromnachfrage der Elektromobilität je Gemeinde möglich. Weiter lässt sich der Bedarf an Ladestationen je Ladestationstyp pro Gemeinde ableiten.

Die Regionalisierung auf Gemeindeebene geschieht anhand folgender Datengrundlage und Modellierungen:

- Jedem Haushalt im entsprechenden Kanton wird eine Affinität zur Elektromobilität zugeordnet. Basis dafür ist die EBP-eigene synthetischen Bevölkerung Schweiz. So werden die neuzugelassenen Elektrofahrzeuge zuerst den für Elektromobilität affinen Haushalten zugeteilt. So lassen sich auch sogenannte Zahnarztalleen erkennen, wo eine lokale Häufung von Elektrofahrzeugen in den nächsten Jahren zu erwarten ist.
- Die Statistik der Unternehmensstruktur (BFS 2017b), die Arbeitsplätze je Branche pro Gemeinde gibt Aufschluss über das Laden am Arbeitsplatz.
- Das nationale Personenverkehrsmodell (ARE 2014) liefert regionalisierte Verkehrsdaten je Verkehrszweck und Strassentyp
- 160'000 potenzielle Standorte für öffentliche Ladestationen in der Schweiz fliessen in die regionalisierten Szenarien ein

Die Abbildung 24 zeigt illustrativ den jährlichen Ladebedarf auf Gemeindeebene ausdifferenziert nach Ladestationstyp.

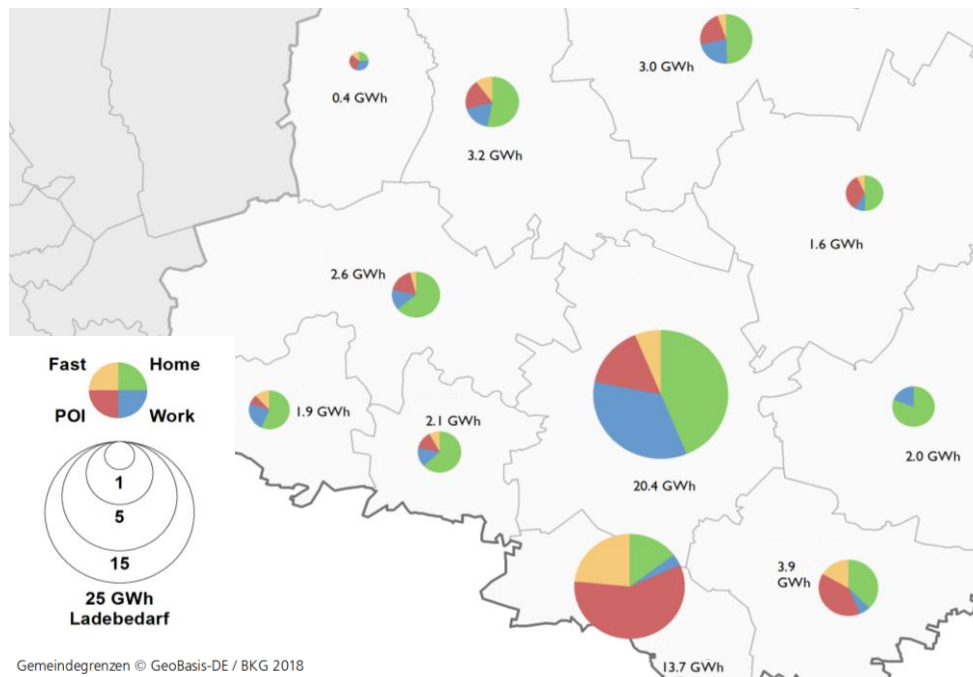


Abbildung 24: Illustrative GIS-Darstellung des jährlichen Ladebedarfs auf Gemeindeebene je nach Ladestationstyp.

## 9. Autokaufverhalten und Elektromobilität

EBP führt jährlich eine repräsentative Erhebung durch zu Autokauf und Mobilität in der Schweiz, den „Barometer Auto und Mobilität von morgen“ (BAM). Nachstehend werden einige für die Elektromobilität besonders relevante Trends gezeigt; für die ausführlichen Analysen verweisen wir auf die jährlichen Hintergrundberichte (EBP 2017a, 2016a; 2015a; 2014a).

Der Energieverbrauch ist seit 2015 das wichtigste von 15 Kriterien beim Neuwagenkauf. Dies war in Befragungen aus dem Jahr 2005 und 2006 noch nicht der Fall. 2016 wurde erstmals der CO<sub>2</sub>-Ausstoss zum zweitwichtigsten Kriterium – vor den ehemals wichtigsten Kriterien Kaufpreis und Autogrösse, sowie Sicherheit. 2017 hat der CO<sub>2</sub>-Ausstoss zwar an relativer Bedeutung gewonnen, wurde aber dennoch vom Kaufpreis wieder «überholt» und stellt wie 2015 das drittwichtigste Kriterium dar.

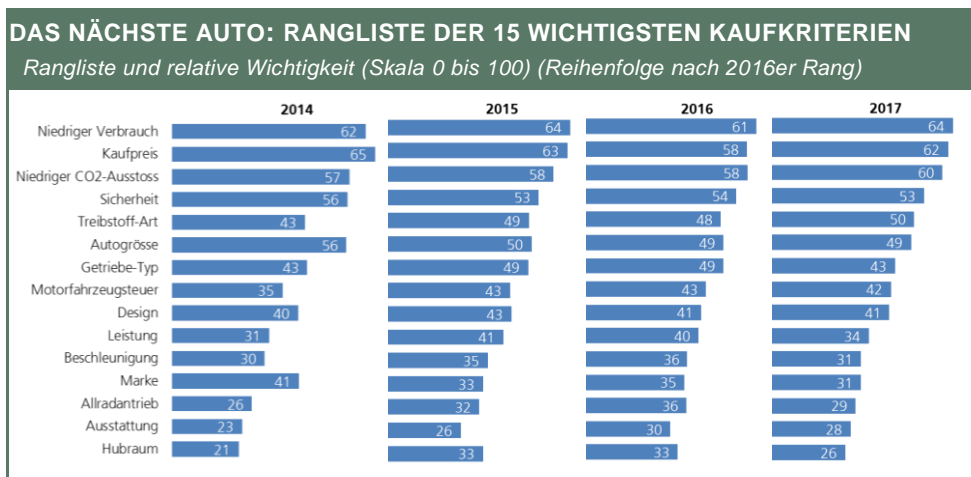


Abbildung 25. Rangliste der 15 wichtigsten Kriterien beim Autokauf Abbildung aus EBP (EBP 2017a).

Die Präferenz für Alternativantriebe hat in den letzten Jahren klar zugenommen: Bereits haben 7% der befragten Zielpersonen vor, beim nächsten Kauf ein Plug-in-Hybrid oder Range-Extender zu erwerben, und weitere 10% wollen ein rein batterieelektrisches Fahrzeug kaufen. Im Jahr 2014 waren es noch 0%.

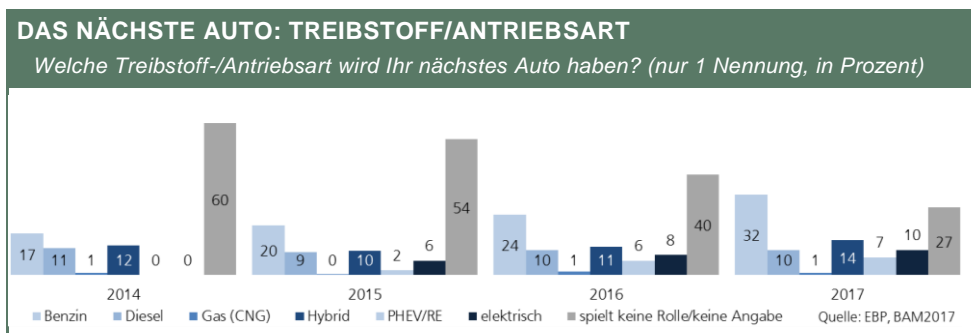


Abbildung 26. Beabsichtigte Antriebs-/Treibstoffart des nächsten Autos. Abbildung aus EBP (EBP 2017a).

Eine grosse Reichweite von Elektroautos ist den Befragten sehr wichtig. Obwohl Autos in der Schweiz im Durchschnitt nur 24 km pro Tag zurücklegen, und nahezu alle Fahrten kürzer sind als 200 km, möchten die Befragten – unter Alltagsbedingungen – 400 km oder am liebsten gar über 500 km Reichweite haben. Das zeigt: Autos werden nicht auf ihren durchschnittlichen Alltagseinsatz hin optimiert, sondern auf Eventualitäten, welche vielleicht einmal pro Jahr vorkommen könnten. Das Auto soll immer noch Alleskönner sein, obwohl ca. 70% aller Personenwagen in der Schweiz nicht als Alleinauto einem Haushalt dienen, sondern diese Haushalte 2 oder mehr Fahrzeuge zur Verfügung haben.

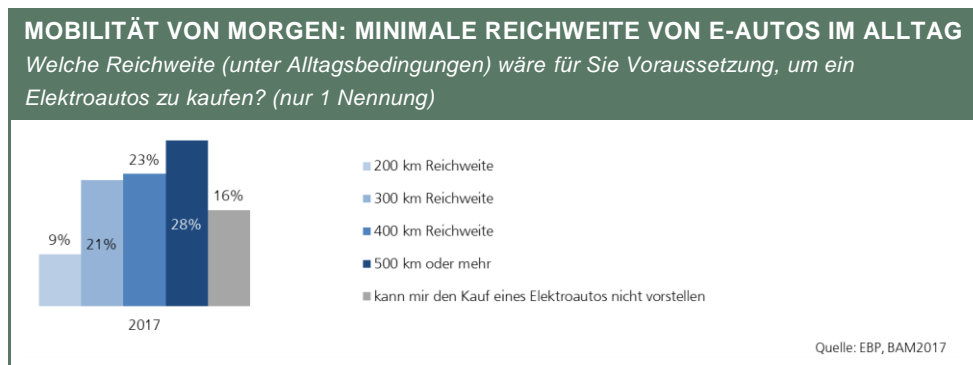


Abbildung 27. Minimale Reichweite von Elektroautos im Alltag. Abbildung aus EBP (EBP 2017a).

## 10. Künftige Herausforderungen der Elektromobilität

Die Elektromobilität birgt zahlreiche Chancen wie auch bedeutende Risiken (de Haan, Zah et al. 2013, de Haan et al. 2009, de Haan, Peters et al. 2015). Stellvertretend sind hier zukünftige Herausforderungen der Elektromobilität für verschiedene Marktakteure aufgeführt:

### **Herausforderungen und neue Geschäftsfelder für Energieversorger**

Der Markt der Elektromobilität ist zwar stark wachsend, doch Gewinne im Ladegeschäft zu erwirtschaften ist nicht einfach, denn der Aufbau des Ladestellennetzes führt zu beträchtlichen Kosten, viele Konkurrenten bieten das Laden gratis oder zu sehr tiefen Preisen an und das Marktvolumen ist noch klein. Aufgrund der herausfordernden Marktsituation sind Energieversorger gewillt, ihre strategische Positionierung in der Elektromobilität zu überprüfen und attraktive Geschäftsfelder innerhalb der künftigen Wertschöpfungskette der Elektromobilität zu identifizieren (EBP 2017e, EBP 2018a).

### **Innovative und intelligente Lösungen für Einstellhallen**

Die Mehrheit der Ladevorgänge wird künftig hauptsächlich zu Hause erfolgen. Da ungefähr 70 % der Wohnbevölkerung in der Schweiz in Mehrfamilienhäusern wohnt, sind innovative Konzepte und Komplettlösungen für eine rechtzeitige Elektrifizierung der Parkplätze nötig. Diverse Ansätze für eine intelligente Ladeinfrastruktur (Langsam- und Schnellladungen inkl. Lademanagement-System) für (closed) Community Parkplätze sind in diesem Zusammenhang denkbar (EBP 2017e, EBP 2018a, EBP 2018c).

### **Herausforderungen für Tankstellenbetreiber**

Das Ladegeschäft unterscheidet sich vom heutigen Tankstellengeschäft, da Elektromobile nicht nur an zentralen Schnellladestellen, sondern vermehrt auch auf Parkplätzen zuhause, bei der Arbeit oder während dem Einkaufen geladen werden. Für Tankstellenbetreiber stellt sich die Frage, ob, wann und wie sie in diesen Markt einsteigen sollen. Die Elektromobilitätszenarien der Schweiz stellen eine wichtige quantitative Grundlage dar, um sich strategisch zu positionieren (EBP2017e, EBP2018b).

### **Elektrifizierung von Busflotten**

Mehrere Verkehrsbetriebe haben sich das Ziel gesetzt, mittelfristig emissionsfrei zu fahren. Um solche Zielsetzungen erreichen zu können, wird die Beschaffung von elektrischen Bussen in den nächsten Jahren geplant. Die Umstellung auf voll-elektrische Busse löst einen Bedarf nach umfangreichen und angemessenen Ladeinfrastrukturen aus, sowie eine bedarfsgerechte Strategie betreffend technologischer Varianten (Nachtladung im Depot vs. Opportunity Charging) (EBP 2018d).

### **Verbreitung von Elektrotaxis**

Gerade für Taxis macht der Elektroantrieb Sinn: Sie sind viel in der Stadt unterwegs, nur wenig auf Autobahnen – von der Lärm- & Emissionsreduktion sowie von der Vorbildfunktion profitieren also viele. Taxis haben besondere Bedürfnisse und brauchen eine für spezifisch ausgelegte Ladeinfrastruktur. Auf dieser Basis hat Basel-Stadt im Jahr 2017 eine Aktion zur Förderung von Elektrotaxis gestartet (EBP 2017f).



### **Massnahmenpläne Elektromobilität**

Bund und Kantone brauchen Konzepte und eine Strategie, ob und in welchem Umfang sie die Elektromobilität unterstützen und fördern wollen. Zentrale Aspekte sind die Eindämmung oder Vermeidung von Rebound-Effekten und die Berücksichtigung möglicher Kosteneinsparungen bei der Einführung der Elektromobilität. Relevant erscheint die rechtzeitige Planung und die Berücksichtigung natürlicher Erneuerungszyklen der Infrastruktur. Die Elektromobilität kann einen relevanten Beitrag zur Erreichung kantonaler Energie- und Klimaschutzzielen beitragen. Dabei ist aber die Umweltauswirkung der Elektromobilität umfassend über den gesamten Lebenszyklus zu analysieren, inklusive Herstellung und Rezyklieren von Fahrzeugen und Batterien sowie der Bereitstellung der Elektrizität. Der Einfluss des eingesetzten Strommix ist entscheidend für die insgesamt verursachten Treibhausgasemissionen der Elektromobilität (EBP 2018e, EBP2015d, EBP 2015e).

## A1 Literaturverzeichnis

- ARE, 2016. Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040. Hauptbericht. INFRAS, EBP und PTV in Auftrag Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). Bern, 30. August 2016, 169 Seiten. Download von ARE-Website: [PDF](#) (2.4 MB)
- ARE, 2014. Nationales Personenverkehrsmodell. Aktualisierung auf den Basiszustand 2010.
- ASTRA, 2015. Empfehlungen zum Aufbau von Schnellladestationen entlang der Nationalstrassen.
- BAFU, 2017. Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetztes für die Zeit nach 2020 – Entwurf des Bundesrates vom 1.12.2017. Downloadlink von der BAFU-Website: [PDF](#) (3.4 MB)
- BFE, 2012. Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000–2050. Prognos im Auftrag Bundesamt für Energie. Basel, 12.09.2012, 904 Seiten. Download von BFE-Website: [PDF](#) (13.8 MB)
- BFS, 2018a. Strassenfahrzeugbestand nach Fahrzeuggruppe und Kanton 1970–2017. Tabelle 11.3.2.1.1
- BFS, 2018b. Neue Inverkehrsetzungen von Strassenfahrzeugen nach Kantonen und technischen Merkmalen 1975–2017.
- BFS, 2017a. Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung nach Kanton 1990–2016.
- BFS, 2017b. Statistik der Unternehmensstruktur. Arbeitsstätten und Beschäftigte nach Gemeinde, Wirtschaftssektor und Grössenklasse 2011–2015. Downloadlink von der BFS-Website: [Link](#)
- BFS / ARE, 2017c. Verkehrsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Neuchâtel und Bern.
- BFS, 2016. Kantonale Bevölkerungsszenarien 2015-2045 – Bevölkerungswachstum und Bevölkerungsindikatoren nach Szenario und Jahr, Referenzszenario AR (mittleres Szenario). BFS-Website: [Link](#)
- EnergieSchweiz, 2017. Handlungsleitfaden «Elektromobilität für Gemeinden». Erarbeitet von EBP und Synergo im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Bern. Direktdownload von BFE-Website: [PDF](#) (7.7 MB)
- de Haan P, Peters A, Soland M, 2016. Die Effizienzlücke beim Autokauf: Zielgruppenspezifische Gründe und Massnahmen. EBP, Fraunhofer ISI und Universität Zürich für Programm Energie - Wirtschaft - Gesellschaft des Bundesamtes für Energie. Zürich, 23. Juni 2016, 106 Seiten. Download von BFE-Website: [PDF](#) (3.0 MB)

- de Haan P, Peters A, Semmling E, Marth H, Kahlenborn W, 2015. Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. EBP, Fraunhofer ISI und adelphi für Umweltbundesamt (UBA). Texte 31/2015, Forschungskennzahl 3711 14 104, ISSN 1862-4804, Desslau-Roßlau, Juni 2015, 112 Seiten. Download von UBA: [PDF](#) (2.6 MB)
- de Haan P, Zah R, Bernath K, Bruns F, 2013. Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. EBP und EMPA im Auftrag des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzungen der Akademien der Schweiz (TA Swiss). Download von vdf-Verlag: [PDF](#) (10.0 MB)
- de Haan P, et al, 2009. Energie-Effizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass, Eindämmung. ETH Zürich IED-NSSI, für Programm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie. Zürich, 265 Seiten. Download von ETH-Bibliothek: [PDF](#) (5.1 MB)
- de Haan P, Müller M G, Peters A, Hauser A, 2007. Lenkungsabgaben zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses der PKW-Neuzulassungen: Hintergrund, Mechanismen, Prognosen. Schlussbericht. ETH Zürich, IED-NSSI für Programm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Bundesamt für Energie, Bern. 154 Seiten. Download von BFE: [PDF](#) (1.2 MB)
- EBP, 2018a. Elektromobilität: Ladebedürfnisse von Privatkunden und neue Geschäftsfelder. Im Auftrag eines nationalen Energieversorgers.
- EBP, 2018b. Grundlagen für die Entwicklung von Geschäftsfeldern im Bereich Elektromobilität. Im Auftrag eines nationalen Tankstellenbetreibers.
- EBP, 2018c. Elektromobilität: Marktanalyse und Review strategische Positionierung. Im Auftrag eines regionalen Energieversorgers.
- EBP, 2018d. Studie «Garagen-Ladeinfrastruktur für Elektrobusse». Im Auftrag eines städtischen Verkehrsbetriebs.
- EBP, 2018e (noch nicht veröffentlicht). Chancen und Risiken der Elektromobilität für den Kanton Thurgau. Im Auftrag des Kantons Thurgau, Abteilung Energie, Frauenfeld.
- EBP, 2017a. Barometer Auto und Mobilität von morgen 2017. EBP-Grundlagenbericht, 4. Oktober 2017, 54 Seiten. Download von EBP-Website: [PDF](#) (2.0 MB)
- EBP, 2017b. Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personewagen 2016. 21. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung (avec résumé en français). 12. Juni 2017, 49 Seiten. Download von BFE-Webseite: [PDF](#) (1.2 MB).
- EBP, 2017c. [Synthetische Bevölkerung Schweiz](#). Untersuchungen der Wohnsituation, des Mobilitäts- und Konsumverhaltens der Schweizer Bevölkerung.
- EBP, 2017d. Automatisierte und voll-autonome Fahrzeuge: Akzeptanz verschiedener Anwendungen in der Bevölkerung

- EBP, 2017e. Businessplan Ladestellen für die Elektromobilität. Im Auftrag eines nationalen Energieversorgers. EBP-Website: [Link](#)
- EBP, 2017f. Wirksame Förderung von Elektrotaxis in Basel-Stadt. Im Auftrag des Kantons Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie, Basel. EBP-Website: [Link](#)
- EBP, 2016a. Barometer Auto und Mobilität von morgen 2016. Grundlagenbericht Ernst Basler + Partner. Zollikon, 8. Juni 2016, 56 Seiten. Website EBP-Grundlagendokumente: [Link](#); direkter Download des Berichts: [Link](#) (5.4 MB)
- EBP, 2016b. Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personewagen 2015. 20. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung (avec résumé en français). 16. Juni 2016, 50 Seiten. Download von BFE-Webseite: [PDF](#) (1.2 MB).
- EBP, 2016c. Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz – Update 2016. EBP-Grundlagen zu Energie und Mobilität. Download von der EBP-Website: [PDF](#) (0.6 MB)
- EBP, 2015a. Barometer Auto und Mobilität von morgen 2015. Grundlagenbericht Ernst Basler + Partner. Zollikon, 30. Juni 2015, 54 Seiten. Website EBP-Grundlagendokumente: [Link](#); direkter Download des Berichts: [Link](#) (3.2 MB)
- EBP, 2015b. Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personewagen 2014. 19. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung (avec résumé en français). 11. Juni 2015, 45 Seiten. Download von BFE-Webseite: [Link](#) (1.4 MB).
- EBP, 2015c. Realverbrauch von Personewagen im Alltag: Modellversion 2015. Grundlagenbericht Ernst Basler + Partner. Zollikon, 30. Mai 2015, 14 Seiten. Website EBP-Grundlagendokumente: [Link](#); direkter Download des Berichts: [Link](#) (0.4 MB)
- EBP, 2015d. Chancen der Elektromobilität für den Kanton Graubünden. Im Auftrag des Kantons Graubünden, Amt für Energie und Verkehr, Amt für Natur und Umwelt, Chur. Direkter Download des Berichts: [Link](#) (1.1 MB)
- EBP, 2015e. Elektromobilität Region Basel: Massnahmenkonzept. Im Auftrag des Kantons Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie, Basel. Direkter Download des Berichts: [Link](#) (1.1 MB)
- EBP, 2014a. Barometer Auto und Mobilität von morgen 2014. Grundlagenbericht Ernst Basler + Partner. Zollikon, 30. Mai 2014, 35 Seiten. Website EBP-Grundlagendokumente: [Link](#); direkter Download des Berichts: [Link](#) (1.2 MB)
- EBP, 2014b. Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personewagen 2014. 19. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung (avec résumé en français). 11. Juni 2015, 45 Seiten. Download von BFE-Webseite: [Link](#) (1.4 MB).

IEA 2017. Global EV Outlook 2017. International Energy Agency, Frankreich, Juni 2017, 71 Seiten. Downloadlink: [PDF](#) (3.6 MB)

Moore G A (2014). Crossing the Chasm, 3rd Edition: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers. HarperBusiness, 28. Januar 2014, 288 Seiten, ISBN 978-0062292988

Rogers E M (1995). Diffusion of innovations. 4<sup>th</sup> edition. ISBN 0-02-874074-2

Romm J (2006). The car and fuel of the future. Energy policy, 34, Nov. 2006, p. 2609–2614, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.06.025>

TA Swiss (2013). Siehe de Haan, Zah et al. (2013)