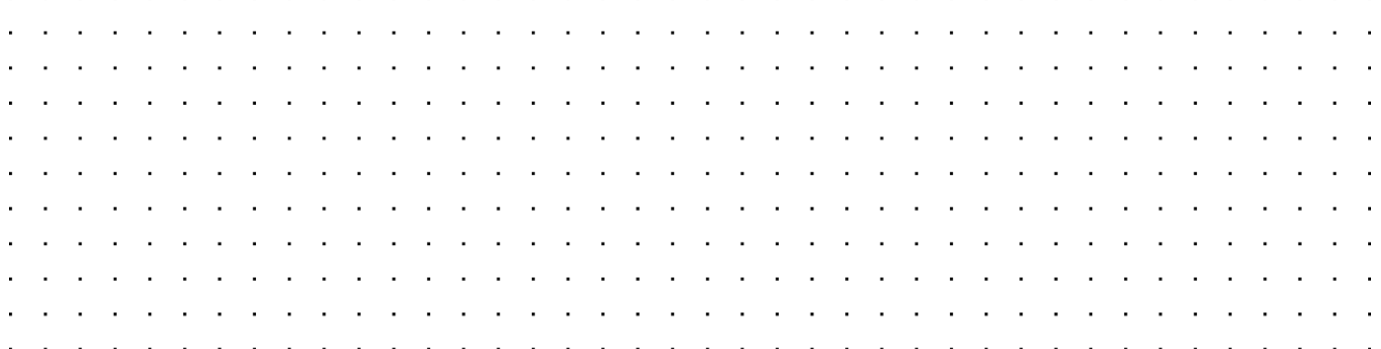


Chancen der Elektromobilität für den Kanton Graubünden

Erweiterter Schlussbericht
26. Juni 2015



Projektteam

Roberto Bianchetti

Dr. Peter de Haan

Dr. Sabine Perch-Nielsen

Ernst Basler + Partner AG

Zollikerstrasse 65

8702 Zollikon

Telefon +41 44 395 11 11

info@ebp.ch

www.ebp.ch

Druck: 26. Juni 2015

2015-06-26_KtGR_Chancen_Elektromobilitaet_Berichtserweiterung_definitiv_v3.docx

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 Ausgangslage und Zielsetzung	6
2 Chancen und Risiken der Elektromobilität	8
2.1 Zukünftige Entwicklung der Elektromobilität in der Schweiz	8
2.2 Chancen der Elektromobilität	13
2.3 Risiken der Elektromobilität	14
2.4 Ökobilanz der Elektromobilität	15
3 Aktivitäten auf Ebene des Bundes.....	18
3.1 Bisherige und bestehende Aktivitäten	18
3.2 Energiestrategie des Bundesrats	19
3.3 Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652	19
3.4 Bedeutung für den Kanton.....	21
4 Automarkt Graubünden vs. Schweiz.....	22
4.1 Anteil Elektrofahrzeuge am Gesamtbestand.....	22
4.2 Neuwagenmarkt.....	22
5 Szenarien Elektrofahrzeuge in Graubünden	24
5.1 Vorgehen Basis-Modellierung	24
5.2 Anpassung an kantonalen Verhältnisse	25
5.3 Neuwagenmarkt und Fahrzeugbestand bis 2030.....	27
5.4 Entwicklung anderer Elektrofahrzeuge.....	30
6 Chancen und Risiken für den Kanton Graubünden.....	31
6.1 Erfahrungen aus anderen Gebirgsregionen	31
6.2 Chancen der Elektromobilität	33
6.3 Risiken und Herausforderungen.....	35
7 Aktivitäten und Handlungsoptionen	37
7.1 Aktivitäten des Kantons	37
7.2 Handlungsoptionen für den Kanton.....	37
7.3 Handlungsoptionen für Gemeinden und Energieversorger	39
8 Abgleich mit laufenden Aktivitäten und Massnahmenplänen.....	40
9 Potenzielle Massnahmen	44
10 Fazit.....	48
A1 Literaturverzeichnis	49
A2 Glossar	51
A3 Grundlagen Modellierung	53

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieses Berichts. Die parlamentarischen Aufträge Joos (5.12.13) und Kappeler (21.10.14) fordern den Regierungsrat auf, die Chancen der Elektromobilität für den Kanton Graubünden zu prüfen. Der vorliegende Bericht stellt dafür die Grundlage dar. Basierend auf einer Auslegeordnung und der Identifikation von Handlungsbedarf und Handlungsoptionen auf Ebene des Kantons werden mögliche Massnahmen beschrieben und charakterisiert.

Die Chancen wahrnehmen, die Risiken vermeiden. Elektromobilität löst nicht alle Probleme. Auch Elektroautos brauchen Parkplätze und stehen im Stau. Dieser Bericht bietet eine Auslegeordnung auf Basis einer Technologiefolgenabschätzung für die Schweiz. Resultat sind Schlussfolgerungen, auf welche Aspekte geachtet werden muss, um die Risiken zu vermeiden und die Chancen zu nutzen.

Aktivitäten auf Stufe Bund und auf Stufe Kanton. Der Bericht des Bundesrats zur Elektromobilität (Masterplan Elektromobilität) vom Mai 2015 legt dar, welche Aktivitäten auf Stufe Bund unternommen werden. Daraus kann abgeleitet werden, welche Aufgaben und Zuständigkeiten beim Kanton liegen. Da Verkehr, Mobilität sowie Energie teilweise auch kantonale Kompetenzen sind, nehmen die Kantone, neben dem Bund, eine zentrale Rolle ein für den Erfolg einer sinnvollen Elektromobilität als Katalysator für nachhaltige Mobilitäts- und Energiesysteme.

Die Elektromobilität kommt. Der Bestand an reinen Elektrofahrzeugen in Graubünden ist zurzeit sehr gering. Er beträgt knapp ein Promille. Bei den Hybridfahrzeugen ist der Bestand mit knapp fünf Promille leicht höher. Bei den Neuzulassungen waren 2014 0.5 % (2013: 0.4 %) reine Elektrofahrzeuge und zusätzliche 0.4 % (2013: 0.2 %) Range-Extender und Plug-in-Hybride. Dies passt zum Zielpfad für die „Neue Energiepolitik“ des Bundesrats, welcher von einer starken Marktdurchdringung von Elektromobilen an 2020 ausgeht.

Künftige Entwicklung der Elektromobilität im Kanton Graubünden. Dieser Bericht zeigt die Resultate von drei Szenarien zur Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge im Kanton Graubünden bis in das Jahr 2030. Die drei Szenarien sind kohärent mit jenen der Energiestrategie des Bundesrats bzw. der BFE-Energieperspektiven. Im höchsten Szenario verkehren im Jahr 2030 rund 15'000 Elektrofahrzeuge auf den Strassen Graubündens, im tiefsten Szenario sind es knapp 4'500 Elektrofahrzeuge.

Chancen und Risiken für den Kanton Graubünden. Für die identifizierten Chancen und Risiken auf Ebene der Schweiz wird geprüft, wie sie sich spezifisch für die Situation im Kanton Graubünden darstellen. Daraus lässt sich folgern, auf welche Aspekte geachtet werden muss, damit die Elektromobilität einen Beitrag leisten kann zu nachhaltigen Mobilitäts- und Energiesystemen im Kanton Graubünden.

Kantonale Aktivitäten und Handlungsoptionen. Anhand der Analyse der Risiken und Chancen lassen sich auf Stufe Kanton zehn und auf Stufe Gemeinde sieben Handlungsoptionen herleiten. Auf der kantonalen Ebene handelt es sich um Anpassungen auf Gesetzes- und Verordnungsstufe, welche die Motorfahrzeugsteuer und den Energiesektor betreffen, um Information und Beratung sowie um monetäre und nicht monetäre Anreize. Die meisten davon lassen sich auch auf kommunaler Ebene umsetzen.

Abgleich mit laufenden Aktivitäten. Die kantonalen Handlungsoptionen werden mit den bestehenden Aktivitäten des Kantons in anderen Sektoren abgeglichen. Insbesondere werden die Aktivitäten des Amtes für Natur und Umwelt (ANU) im Rahmen des Massnahmenplans Lufthygiene sowie der Klimastrategie näher betrachtet, damit mögliche neue Massnahmen zugunsten der Elektromobilität koordiniert werden können.

Potenzielle Massnahmen und Priorisierung. Für die zehn Handlungsoptionen werden je eine bis mehrere mögliche Massnahmen beschrieben. Sie ergeben sich aus dem Abgleich mit den bereits bestehenden, geplanten oder sich in Umsetzung befindenden Massnahmen. Es werden insgesamt 18 Massnahmen definiert. Sie werden in drei Prioritätsstufen eingeteilt. Daraus ergibt sich einerseits ein kurzfristig (Priorität 1) umsetzbares Massnahmenpaket, welches nur geringe zusätzliche finanzielle Mittel erfordert, und andererseits ein mittel- bis langfristige umsetzbares Paket, welches teilweise mit zusätzlichen finanziellen Mitteln einhergehen würde. Zu den Massnahmen mit der höchsten Priorität gehören die Kaufsubvention von Ladegeräten, die Anpassung der Beschaffungskriterien beim Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung, der Bau von Ladestellen bei Amtsbauten, sowie die Organisation von Anlässen, Informationsabenden und Sensibilisierung der Garagisten.

Fazit. Insgesamt zeigt sich, dass sowohl kurz- wie auch mittel- bis langfristig potenzielle Massnahmen existieren, welche zur Förderung der Elektromobilität geeignet sind. Mehrheitlich benötigen sie keine zusätzlichen finanziellen Mittel. Ziel ist vielmehr, durch kantonale Massnahmen das Handeln von privatwirtschaftlichen Akteuren, Energieversorgern und Garagen zu ermöglichen und zu beschleunigen. Dem Kanton Graubünden bietet sich so die Chance, seine Verantwortung für die Elektromobilität wahrzunehmen. Die identifizierten Massnahmen können so ausgestaltet werden, dass sie keine Zielkonflikte mit der bereits bestehenden Aktivitäten aufweisen, sondern diese je noch unterstützen. Darum wird kein eigenständiger Aktionsplan Elektromobilität benötigt, sondern die definierten Massnahmen lassen sich Sektor-bezogen im Rahmen der bestehenden Instrumente wie *Massnahmenplan Lufthygiene*, *Energiekonzept* und *Klimastrategie* umsetzen.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Rolle der Strassenmobilität. Die Mobilität ist verantwortlich für 35 % des Endenergieverbrauchs 2013 der Schweiz (BFE 2014). Der Strassenverkehr ist heute nahezu vollständig von fossilen Energieträgern abhängig und verursacht rund ein Drittel der CO₂-Emissionen der Schweiz (BFS 2014). In diesem Kontext wird die Entwicklung der Elektromobilität mit grossem Interesse verfolgt. Sie gilt als eine vielversprechende Zukunftstechnologie, namentlich als Hoffnungsträgerin für eine nachhaltige Mobilität und für die Verminderung der Abhängigkeit von fossiler Energie. Gleichzeitig stellt die Elektromobilität nur ein Teil der Lösung dar und weitere Ansätze und Massnahmen müssen ergriffen werden, um das Verkehrsaufkommen zu reduzieren und eine nachhaltige Mobilität zu erreichen.

Potenzial von Elektromobilität. Die Schweiz verfügt dank ihres Strommix über günstige Voraussetzungen, um Elektrofahrzeuge umweltschonend anzutreiben. Generell erlauben es Elektrofahrzeuge, den energetischen Wirkungsgrad der Mobilität zu erhöhen, die Abhängigkeit von konventionellen Treibstoffen zu reduzieren, und die lokalen Emissionen zu senken. Erste Elektrofahrzeuge treten auf dem Markt bereits erfolgreich in Erscheinung; die Mehrheit der Autohersteller bieten bereits Elektrofahrzeugmodelle an. Die Elektromobilität steht damit an der Schwelle zum Marktdurchbruch.

Elektromobilität in der Energiestrategie. In der Energiestrategie des Bundesrates fällt der Elektromobilität eine tragende Rolle zu. Ohne sie wären die energie- und klimapolitischen Ziele nicht zu erreichen. TA-Swiss, das Zentrum für Technikfolge-Abschätzungen des Bundes, beauftragte eine Analyse der Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. Denn die Elektromobilität bietet nur unter gewissen Bedingungen auch tatsächlich Vorteile für das Energiesystem und die Gesellschaft.

Massnahmen des Bundes und der Kantone. Der Bundesrat hat einen Bericht zur Elektromobilität vorgelegt. Auch in mehreren Kantonen und Städten bereitet man sich bereits auf die Elektromobilität vor: mit Fördermassnahmen, der Planung von Lade-Infrastruktur sowie der Identifikation neuer Geschäftsmodelle für Energieversorger.

Kanton Graubünden und Elektromobilität. Am 5. Dezember 2013 hat der Grosse Rat den Regierungsrat beauftragt, die Chancen des Einsatzes und der Förderung der Elektromobilität für den Kanton zu prüfen (Auftrag Joos). Am 21. Oktober folgte der konkretere Auftrag, sich aktiv in der Förderung der Elektromobilität zu engagieren (Auftrag Kappeler).

Nachstehend sind die Inhalte der beiden Aufträge kurz zusammengefasst.

Auftrag Joos betreffend „Chancen der E-Mobilität in Graubünden“ vom 5. Dezember 2013

Elektrofahrzeuge weisen gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren je nach Einsatzzweck und Anwendungsgebiet klare Vorteile auf. Zahlreiche Länder fördern die E-Mobilität intensiv durch verschiedenste Massnahmen.

Auftrag an die Regierung, die Chancen durch den Einsatz und die Förderung der E-Mobilität im Kanton Graubünden zu erörtern.

Insbesondere sollen folgende Aspekte in Bezug auf die Nachhaltigkeit beleuchtet werden:

- Einsatz von Strom aus einheimischer Wasserkraft (aktuelle Strompreisentwicklung als Hintergrund);
- Energieeffizienz, Emissionen und Auswirkung auf CO₂-Bilanz;
- Beitrag zur Energiespeicherung. Integration von Solar- und Wind, Optimierung Netzauslastung;
- Integrationsmöglichkeiten in innovative Mobilitäts- und Verkehrskonzepte;
- Handlungsbedarf und Voraussetzungen für eine wirkungsvolle Förderung;
- Potenziale für den Forschungsplatz Graubünden.

Auftrag Kappeler betreffend Elektromobilität in Graubünden vom 21. Oktober 2014

Die Bündner Wasserkraftwerke klagen über die verschlechterte Wirtschaftlichkeit ihrer Anlagen. Das Wirtschaftsforum Graubünden analysierte die Situation und zeigte Handlungsoptionen auf. In der direkten Entscheidungskompetenz des Kantons Graubünden liegt diesbezüglich praktisch nur die Förderung der Elektromobilität.

Auftrag an die Regierung, sich aktiv in der Förderung der Elektromobilität zu engagieren durch:

- Einsatz von Elektromobilen beim Ersatz und Anschaffung von Fahrzeugen der Verwaltung;
- Unterstützung zum Aufbau von Infrastrukturen für das Aufladen von Elektromobilen.

Ziele der vorliegenden Studie

Im vorliegenden Kurzbericht werden die Chancen der Elektromobilität für den Kanton Graubünden untersucht, identifiziert und diskutiert. Die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität im Kanton wird für drei Szenarien projiziert, unter Berücksichtigung der spezifischen Herausforderungen in Gebirgsregionen. Der Handlungsspielraum auf Kantonsebene wird identifiziert, mit anderen laufenden Aktivitäten und Massnahmenplänen abgeglichen, sowie priorisiert.

2 Chancen und Risiken der Elektromobilität

Im Folgenden werden die wichtigsten Chancen und Risiken der Elektromobilität präsentiert und analysiert. Die Resultate basieren auf den Erkenntnissen der Technologiefolge-Abschätzungsstudie „Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz“ (TA-Swiss im Auftrag von BFE, BAFU, ARE, ASTRA, 2013), welche mit den 3 Szenarien der Energieperspektiven 2035 (Prognos 2012) kohärent ist und diese spezifiziert. Diese Studie untersucht für die Stichjahre 2020, 2035 und 2050 den möglichen Verlauf der Elektromobilität und welche Folgen daraus für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu erwarten sind. Neben den CO₂-Emissionen der Mobilität wurden auch alle übrigen Umweltauswirkungen berechnet.

2.1 Zukünftige Entwicklung der Elektromobilität in der Schweiz

Was wird unter dem Begriff Elektromobilität verstanden?

Die Elektromobilität wird definiert als die Nutzung von Strom als Energieträger für die Erfüllung der Mobilitätsbedürfnisse. In diesem weiten Begriff sind sehr diverse Verkehrsmittel berücksichtigt, wie beispielsweise Elektrofahrzeuge, Elektrobusse, Elektrolastkraftwagen sowie Elektromotorräder, E-Scooter und Elektrovelos.

Im vorliegenden Bericht werden ausschliesslich Elektrofahrzeuge (Personenwagen) modelliert, während die Segmente Nutzfahrzeuge, Busse und Motorräder nicht berücksichtigt werden. Obwohl bereits heute elektrifizierte Modelle dieser Fahrzeugkategorien getestet werden, ist die Entwicklung dieser Technologien im Vergleich zu Personenwagen im Rückstand. Ausserdem 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. Obwohl die Absatzzahlen von Elektrovelos stark steigen, werden sie ebenfalls nicht betrachtet. Grund dafür ist, dass die von ihnen genutzte Strommenge eher eine marginale Rolle spielen wird.

Elektrofahrzeuge werden nach dem Grad der Elektrifizierung unterschieden:

- **EV (Electric Vehicle)** sind voll batterie-elektrische Fahrzeuge ohne internen Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle. Sie werden auch BEV (battery electric vehicle) genannt.
- **PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)** sind Plug-in-hybridelektrische Fahrzeuge. Sie kombinieren einen Elektromotor mit einem Verbrennungsmotor, wobei die Batterie extern aufgeladen werden kann. Es existieren Vollhybrid- und Serienhybrid-Konzepte. Beim Vollhybrid ist – neben dem Elektromotor – auch der Verbrennungsmotor direkt mechanisch mit der Antriebsachse verbunden. Beim Serienhybrid, auch als Range Extender (RE oder REV) bezeichnet, funktioniert der Verbrennungsmotor als Stromgenerator, nur der Elektromotor ist direkt mit der Antriebsachse verbunden. PHEV gelten in dieser Studie als Elektrofahrzeuge, auch wenn die elektrische Reichweite „nur“ 20 km beträgt. Eine Analyse der Fahrlängen-

Verteilungen aus dem Mikrozensus Verkehr 2010 (ARE und BFS 2012) zeigt, dass mit 20 km mindestens 50 % der Jahresfahrleistung elektrisch zurückgelegt werden kann (alle Strecken unter 20 km vollständig und bei längeren Fahrten die ersten 20 km).

Die folgenden Fahrzeugkategorien gelten dagegen nicht als Elektrofahrzeuge:

- **HEV (Hybrid Electric Vehicle):** 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.
- **ICE (Internal Combustion Engine):** Die klassischen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor tanken Benzin, Diesel, LPG („Autogas“) oder Erdgas.

Szenarien und Marktanteile der Elektrofahrzeuge bis 2050

Um die Bandbreite möglicher Entwicklungspfade und der damit verbundenen Auswirkungen der Elektromobilität abzuschätzen, verwendet die TA-Swiss Studie drei verschiedene Szenarien, die kompatibel zu jenen der Energieperspektiven sind. Betrachtet werden ein Trendszenario sowie zwei normative Szenarien, die mögliche Standards des Mobilitäts- und Energiesystems der Schweiz in Zukunft beschreiben. Die Szenarien unterscheiden sich in der Geschwindigkeit der Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge und werden im Folgenden beschrieben.

Das **Business-as-Usual-Szenario (BAU)** entspricht dem Szenario „Weiter wie bisher“ der Energieperspektiven und dient als Referenz für die zwei normativen Szenarien. Es umfasst wahrscheinliche künftige politische Massnahmen, welche einer Fortsetzung der bisherigen Verkehrs- und Energiepolitik entsprechen: Der «normale» technische Fortschritt soll dazu verwendet werden, dass die Fahrzeuge jährlich effizienter, aber nicht wesentlich kleiner werden. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor werden entsprechend effizienter. Elektrofahrzeuge weisen energetisch bereits heute einen hohen Wirkungsgrad auf. Sie werden aber günstiger, so dass sie sich allmählich im Massenmarkt, vor allem bei Kleinst- und Kleinwagen, etablieren. In diesem Szenario wird der 130 g CO₂/km-Zielwert für Neuwagen im Jahre 2015 erreicht. Das von der EU für das Jahr 2022 beschlossene Ziel von 95 g CO₂/km wird in diesem Szenario ebenfalls im Jahre 2022 erstmals erfüllt.

Das **Szenario Effizienz (EFF)** entspricht dem Szenario „politische Massnahmen“ der Energieperspektiven. Es geht von einer – gegenüber heute – verstärkten Förderung von energieeffizienten Antrieben für den motorisierten Individualverkehr (MIV) aus, jedoch ohne technologie-spezifische Förderung und ohne staatliche Vorinvestitionen in technologiespezifische Infrastruktur (wie z.B. Ladeinfrastruktur). Fahrzeuge müssen somit einen grösseren Beitrag zur Energieeinsparung leisten als bisher. Dabei wird in Kauf genommen, dass Fahrzeuge im Durchschnitt kleiner werden müssen. Die Politik versucht aber bewusst, effiziente Verbrennungsmotoren und Elektroantriebe gleichermaßen zu fördern.

Das **Szenario Connected Mobility (COM)** entspricht dem Szenario „neue Energiepolitik“ der Energieperspektiven. Es 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 dem öffentlichen Verkehr (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 Elektrofahrzeuge.

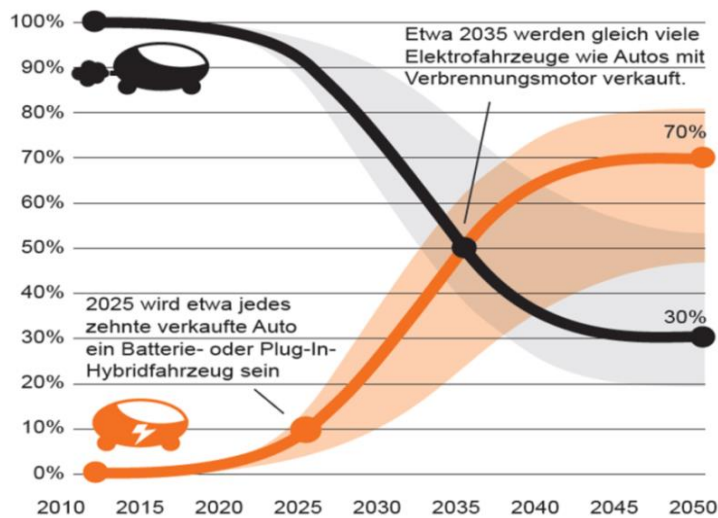


Abbildung 1: Verkaufsanteile ICE vs. Elektrofahrzeuge in der Schweiz bis 2050 (TA-Swiss 2013).

TA-Swiss (2013) hat für jedes Szenario die Marktpenetrationen von Elektrofahrzeugen simuliert (siehe Bandbreite der drei Szenarien in Abbildung 1, die fette Linie entspricht dem Szenario EFF). Aus der Graphik ist es ersichtlich, dass die Marktpenetration gemäss allen Szenarien einem S-Verlauf folgt, mit einem exponentiellen Wachstum bis 2035 und eine Stabilisierung im Jahr 2050. Dies führt für 2030 gemäss Modellierung zu einem Bestand an Elektrofahrzeugen von ungefähr 190'000 PW im BAU, 430'000 im EFF und 650'000 im COM. Es ist prognostiziert, dass etwa im Jahr 2035 gleich viele Elektrofahrzeuge wie konventionelle Fahrzeuge verkauft werden (Szenario EFF).

Reduktion Treibhausgasemissionen in den drei Szenarien

Basierend auf die TA-Swiss Szenarien wurden die für die Jahre 2020, 2035 und 2050 erwarteten CO₂-Emissionen abgeschätzt. Im Jahr 2020 werden trotz einer Mobilitätszunahme von 24 % die Treibhausgasemissionen des Verkehrs in allen Szenarien um rund 10 % gesenkt. Ab 2035 werden die Unterschiede zwischen den Szenarien grösser, mit 20 % Einsparungen an Treibhausgasen für BAU und mehr als 30 % für das optimistischste Szenario COM. Für 2050 werden hohe Einsparungen von 40 bis 60 % in allen Szenarien erwartet. ICE wird in der Abbildung 2 als Referenz für 100 % fossil (d.h. ohne Elektromobilität) dargestellt.

Eine wichtige Grundlage für die Schätzung der Einsparung ist der dafür angenommene Strommix. Für die Strombereitstellung im Jahr 2012 wurde der Schweizer Verbrauchsmix (60 % Wasserkraft, 40 % Kernenergie, siehe TA-Swiss 2013, Kap. 2.9) angenommen. Für die Szenarien wurde der Strommix aus dem ambitioniertesten Szenario der Energieperspektiven „neue Energiepolitik“ übernommen (Prognos 2012), was einem Ersatz der Kernenergie durch die „neuen Erneuerbaren“ Photovoltaik, Strom aus Biomasse und Windenergie gleichkommt sowie geringe Anteile von fossile Wärme-Kraft-Kopplung und Gaskraftwerken (siehe TA-Swiss 2013, Kap. 2.6 und 5.3). Erwähnenswert ist die hohe Sensitivität der Resultate gegenüber der Art der Stromerzeugung. Die heutige Einsparung eines Elektrofahrzeuges gegenüber dem ICE-Fahrzeug beträgt 70 % mit einem Schweizer Verbrauchsmix. Diese Einsparung reduziert sich auf 20 %, wenn der durchschnittliche Verbrauchsmix der EU verwendet wird. Im Fall vom reinen Kohlestrom wären die Treibhausgasemissionen des Elektrofahrzeugs höher als die des ICE-Fahrzeugs.

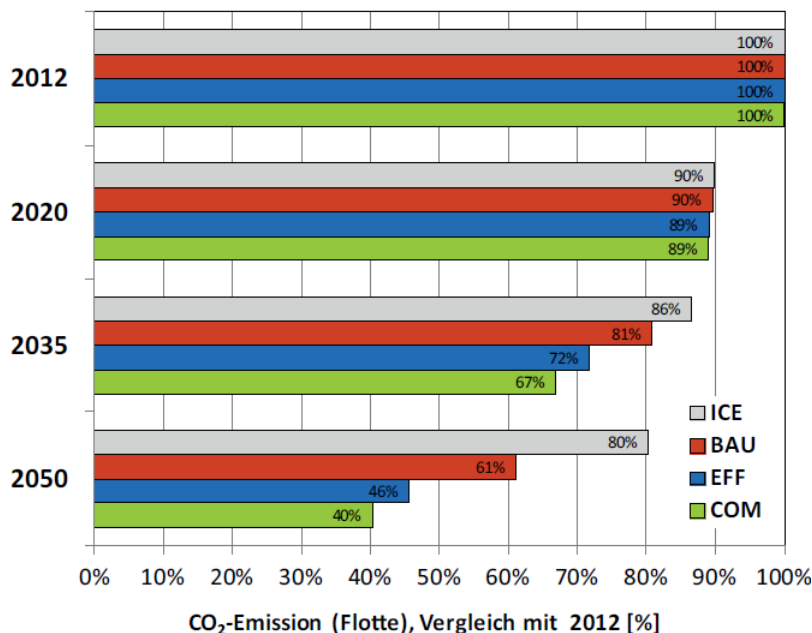


Abbildung 2: Reduktion der Treibhausgasemissionen des Schweizer Personenwagenbestandes gegenüber 2012 (Bevölkerung und Fahrleistung 2020–2050 nehmen gegenüber 2012 stetig zu). Quelle: TA-Swiss 2013.

Technologische Entwicklung von Batterien

In den letzten Jahren haben sich die ersten „reifen“ Elektrofahrzeuge am Markt durchgesetzt, welche von etablierten Herstellern in Grossserien gefertigt werden. Trotzdem bleibt die Reichweite dieser Fahrzeuge sehr beschränkt, was zusammen mit den hohen Kosten für Batterien eine der wichtigsten limitierenden Faktoren für den Erfolg der Elektromobilität darstellt. Aus diesem Grund ist die zukünftige Entwicklung dieser Komponente entscheidend. Die Energiedichten der Batterien neuester Elektrofahrzeuge sind in Abbildung 3 dargestellt, zusammen mit einer Schätzung der Wissenschaft zu ihrer künftigen Entwicklung. Diese hängt einerseits von der kon-

tinuierlichen Verbesserung der Herstellungsprozesse ab und andererseits von dem weltweiten Absatz (economies of scale). Konkrete Schätzungen der zukünftigen, am Markt erhältlichen Energiedichten sind dennoch mit hohen Unsicherheiten behaftet.

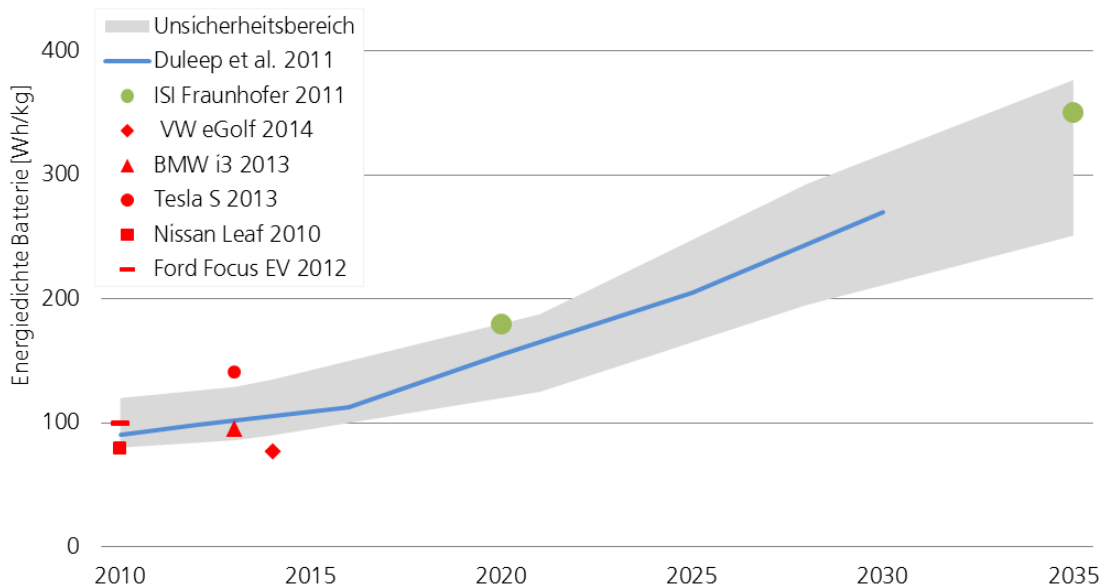


Abbildung 3: Aktuelle und künftige Entwicklung der Energiedichte von Batterien (EBP 2014).

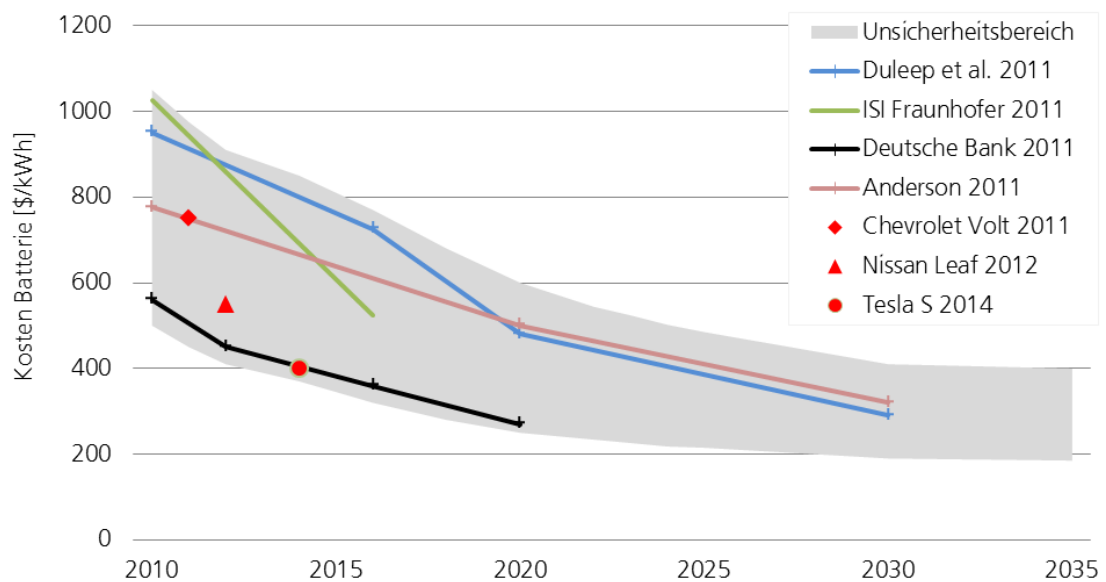


Abbildung 4: Aktuelle und künftige Entwicklung der Kosten von Batterien (EBP 2014).

Abbildung 4 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Batteriekosten. Die Kosten für Li-Ion-Batterien für den Mobilitätssektor haben sich in den Jahren seit ihrer Markteinführung bereits deutlich verringert. Die vier untersuchten Marktstudien weisen ähnliche Kosten-Reduktionsraten auf, beginnen allerdings auf verschiedenen Preisniveaus. Wie bei der Energiedichte sind auch die Kostenschätzungen mit grossen Unsicherheiten behaftet.

2.2 Chancen der Elektromobilität

Im Folgenden werden die Chancen und Vorteile der Elektromobilität auf einer allgemeinen (Bundes-)Ebene zusammengefasst. Spezifische Chancen auf Ebene des Kantons Graubünden finden sich in Kapitel 6.

Möglichkeit zur Unabhängigkeit von fossiler Energie. Die Elektromobilität eröffnet neue Chancen zur Substitution fossiler Energieträger und bietet Chancen für die Bereitstellung des notwendigen Stroms mit erneuerbaren Energieträgern, was die Treibhausgasemissionen reduziert.

Integration von Sonnen- und Windstrom dank zeitversetztem Laden. Erneuerbarer Strom aus Photovoltaik oder Windkraft steht nicht immer zur Verfügung. Wenn es möglich ist, den Strom genau dann zu verwenden, wenn er zur Verfügung steht, unterstützt dies die netzschonende Integration dieser stochastischen Energieformen in unser Energiesystem. Elektrofahrzeuge können durch ihre Batterie den Strom dann aufnehmen, wenn er zur Verfügung gestellt wird; Fahrzeuge stehen 23 von 24 Stunden. Sie müssen nicht sofort nach dem Abstellen und Anschluss ans Stromnetz aufgeladen werden, dies kann auch ferngesteuert zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen – wenn die Sonne scheint oder der Wind bläst. Somit trägt die Elektromobilität zur Integration von Sonnen- und Windstrom in das Stromsystem ein.

Dezentrale Speicherung von Strom und Stabilisierung der Netze. Neben dem zeitversetzten Laden können die Batterien von Elektrofahrzeugen, falls sie am Netz angeschlossen sind, auch Strom ins Netz zurückspeisen. Damit stellen sie positive Regelernergie zur Netzstabilisierung bereit. Allerdings ist dies aufwändiger als das zeitversetzte Laden, welches negative Regelernergie darstellt. Es braucht im Fahrzeug ein bidirektionales Ladegerät. Die Energiemenge in einer Elektroauto-Batterie ist nicht sehr hoch; die Leistung jedoch schon. Die Rückspeisung ist deshalb allenfalls im kurzfristigen Bereich interessant.

Verbesserung Luftreinhaltung, Reduktion Lärmbelastung. Die Nutzung von Elektrofahrzeugen ist lokal emissionsfrei. Dadurch bestehen grosse Potenziale für die Verbesserung der Luftqualität in urbanen Gebieten und für die Verminderung von Schadstoff-verursachten Gesundheitskrankheiten.

Diversifizierung der Fahrzeugtypen. Elektromobilität erlaubt die Verbreitung einer neuartigen Klasse von elektrischen Kleinstwagen in Leichtbauweise am Markt (z.B. Renault Twizy), die optimal für den Einsatz im städtischen Verkehr ist. Diese neuen Kleinstwagen erlauben den vermehrten Einsatz von jeweils optimalen Fahrzeugtypen anstelle von «Alleskönnern», was signifikant Energie einsparen kann.

Förderung der kombinierten Mobilität. Die Reichweitenbeschränkung von Elektrofahrzeugen kann als Chance gesehen werden, weil sie vor allem in Kombination mit der Verwendung des ÖV für längere Distanzen geeignet ist.

2.3 Risiken der Elektromobilität

Im Folgenden werden die Risiken der Elektromobilität auf einer allgemeinen (Bundes-)Ebene zusammengefasst. Spezifischen Risiken auf Kantonebene finden sich in Kapitel 6.

Verlagerung der Schadstoffemissionen in die Vorketten der Fahrzeugproduktion. Während die Nutzung von Elektrofahrzeugen emissionsfrei ist, findet der Grossteil der Umweltbelastung im Ausland statt. Die Berücksichtigung des ganzen Lebenszyklus (Ökobilanz) zeigt, dass teilweise die Unterschiede zwischen Verbrennungsmotor- und Elektroautos nur gering sind. Bei einzelnen Auswirkungsbereichen (Treibhausgaspotenzial, energetische Ressourcen) zeigen sich jedoch positive Unterschiede für Elektroautos. Kapitel 2.4 vertieft diese Thematik.

Zusätzliche Belastung des bereits heute intensiv genutzten Stromnetzes. Die herkömmliche Mobilität baut auf einer unabhängigen Energieinfrastruktur, während sich die Elektromobilität auf das bereits heute intensiv genutzte Stromnetz abstützt. Dies kann punktuell zu einem Bedarf nach Kapazitätserweiterung führen. Durch zeitversetztes Laden kann die Elektromobilität auch gleich selber zur Reduktion dieses Risikos beitragen.

Zunahme der Nachfrage nach kritischen Rohstoffen. Die Massenproduktion von Elektrofahrzeugen wird den zukünftigen Bedarf an kritischen Metallen (z.B. Neodym oder Lithium) massiv erhöhen. Diese Metalle werden vermehrt in Wachstumssektoren (insbesondere für die Produktion von Elektro- und Elektronikgeräten) eingesetzt und stehen so in Nutzungskonkurrenz.

Rebound-Effekte. Die wahrgenommene geringe Umweltbelastung kann zur Substitution von ÖV und Langsamverkehr durch Elektrofahrzeuge führen. Zudem können die niedrigen marginalen Energiekosten Mehrverkehr generieren.

Ineffektive Subventionen und Steuerrabatte. Wenn der Markt noch angebotslimitiert ist, können auch technisch schlechte Elektrofahrzeuge von einer Förderung profitieren, was die politische Akzeptanz solcher Subventionen reduzieren kann.

Abnahme der Einnahmen aus der Mineralölsteuer. Dadurch wird das heutige Finanzierungssystem der Strasseninfrastruktur langfristig in Frage gestellt. Die Elektromobilität verstärkt diese Entwicklung, weil es technisch sehr aufwändig ist, analog zu fossilen Treibstoffen die benötigte Strommenge separat zu besteuern.

Konkurrenzierung des ÖV. Elektrofahrzeuge eignen sich aufgrund der reduzierten Reichweite für den kombinierten Einsatz mit dem ÖV. Dabei kann aber eine Konkurrenzierung mit dem öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) entstehen. So könnten Pendler den Weg zum Bahnhof statt wie bisher mit dem Postbus neu mit dem Elektroauto inkl. reservierten Elektro-Parkplatz zurücklegen.

Ersatz des Fahrrads (statt des bisherigen Fahrzeuge). Elektrofahrzeuge könnten zu einer Erhöhung des Motorisierungsgrads beitragen, wenn Konsumenten bisher vom Kauf weiterer Motorfahrzeuge aus ökologischen Gründen abgesehen haben, bei Elektrofahrzeugen aber we-

niger Bedenken haben. Wenn Elektrofahrzeuge Fuss- und Fahrradverkehr ersetzen, ist die Gesamtbilanz aus Sicht Energiesystem und lokaler Verkehrsbelastung negativ.

2.4 Ökobilanz der Elektromobilität

In diesem Unterkapitel werden die Umweltauswirkungen der Elektrofahrzeuge mit denen konventioneller Fahrzeuge verglichen. Eine bewährte Methode für diesen Vergleich ist die Lebenszyklusanalyse (LCA), in der die Auswirkungen eines Produktes von der Produktion, über die Nutzung bis hin zur Entsorgung betrachtet werden. Die LCA-Resultate zwei verschiedener aktueller Studien aus dem deutschsprachigen Raum werden kurz vorgestellt und verglichen. Für den Gesamtblick müssen Lebenszyklusanalysen notgedrungen Annahmen machen. Solche Annahmen sind immer diskutabel; ergebnisrelevante Annahmen müssen deshalb für den Vergleich der Resultate berücksichtigt werden.

Resultate der TA-Swiss Studie (2013)

In der TA-Swiss Studie zu Chancen und Risiken der Elektromobilität (TA-Swiss 2013) wurden drei Antriebstechnologien (EV, PHEV, ICE) bei Fahrzeugen aus drei Grössenklassen untersucht. Die Berechnung der Umweltauswirkungen der verschiedenen Fahrzeuge erfolgte für vier Zeitpunkte (2012, 2020, 2035, 2050). Die Auswirkungen wurden für vier Umweltaspekte berechnet: das Treibhausgaspotential, die „menschliche Gesundheit“, die „Ökosystemqualität“ und die „Ressourcenqualität“. Um die Umweltauswirkungen der Fahrzeuge untereinander vergleichbar zu machen, wurden sie auf einen gefahrenen Kilometer standardisiert.

In Abbildung 5 sind die Treibhausgasemissionen, die ein Fahrzeug der Kompaktklasse (z.B. VW Golf) über seinen ganzen Lebenszyklus produziert, für die einzelnen Zeiträume und Antriebsstränge dargestellt.

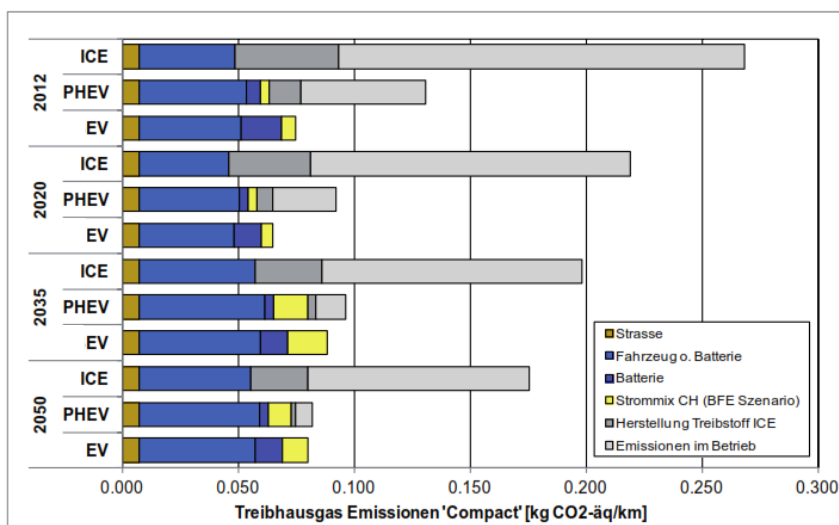


Abbildung 5: Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen für drei Antriebsstränge (ICE, PHEV, EV) und vier Zeitpunkte für die Fahrzeugklasse „Kompakt“ (TA-Swiss 2013).

Runtergerechnet auf einen gefahrenen Kilometer produziert ein konventionelles Fahrzeug heute doppelt so viel Treibhausgasemissionen wie ein PEHV und dreimal so viel wie ein reines Elektrofahrzeug. Dieser Unterschied wird mit der Zeit kleiner, weil davon ausgegangen werden muss, dass die konventionellen Fahrzeuge immer effizienter werden. Trotzdem sind die Treibhausgasemissionen der Elektrofahrzeuge im Jahr 2050 erst halb so gross wie diejenigen der ICE Fahrzeuge. Es fällt auf, dass die konventionellen Fahrzeuge die grössten Umweltauswirkungen während des Fahrens haben. Bei Elektrofahrzeugen entstehen hingegen während der Produktion der Fahrzeuge die meisten Treibhausgasemissionen.

Elektroautos enthalten Lithium-Ionen-Batterien sowie oft auch Permanentmagnete. In der TA-Swiss-Studie wird davon ausgegangen, dass für diese Komponenten – so, wie dies heute bereits für viele andere Komponenten wie z.B. die Bleibatterien und die Katalysatoren gilt – Vorschriften kommen werden, dass sie vor der Verschrottung aus dem Auto auszubauen und separat recycelt werden müssen. Entsprechende geschlossene Stoffkreisläufe gibt es heute noch nicht flächendeckend, weil die entsprechenden Komponenten noch gar nicht in entsprechende Mengen anfallen.

Die Resultate der TA-Swiss Studie (2013) für die anderen Fahrzeugtypen und Umweltaspekte sind vergleichbar mit denen der Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen der Kompaktklasse und werden daher nicht genauer erläutert.

Resultate der Studie von Frischknecht (2014)

Die TA-Swiss-Studie hat für die Bezugsjahre in der Zukunft (2035, 2050) jeweils zukunfts-basierte LCA (mit Annahmen zu künftigen Produktionsprozessen, Rezyklierungs-raten und dem künftigen schweizerischen Energiesystem) durchgeführt. In der Studie von Frischknecht (2014) wurde die Ökobilanz von Elektrofahrzeugen und von konventionellen Fahrzeugen für den heutigen Zustand (nicht für Bezugsjahre in der Zukunft) berechnet, daher beziehen sich die Vergleiche ausschliesslich auf das Bezugsjahr 2012 der TA-Swiss-Studie.

Die Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen für Benzinfahrzeuge und Elektrofahrzeuge aus der Studie von Frischknecht (2014) liegen in einem ähnlichen Bereich wie die Werte der TA-Swiss Studie (TA-Swiss 2013). Allerdings beträgt bei Frischknecht (2014) der Unterschied zwischen den zwei Antriebstypen nur 50 % im Vergleich zu 70 % bei TA-Swiss (2013). Die Emissionen der EV wurden bei Frischknecht (2014) durchgehend höher als in TA-Swiss (2013) eingeschätzt. Der Hauptgrund für die verhältnismässig hohen Treibhausgasemissionen der Elektrofahrzeuge liegt aber bei den getroffenen Annahmen zur Batterie. In der Studie von Frischknecht (2014) wird mit einer Auswechslung der Batterie während der Fahrzeuglebenszeit gerechnet und bei TA-Swiss (2013) wird für 2012 bei jedem zweiten Fahrzeug von einem Ersatz der Batterie ausgegangen. Die heute bereits in Verkehr stehenden Flotten von Hybrid- und Elektroautos weisen offenbar sehr niedrige Ausfallraten auf Stufe des Batteriesystems auf, auch wenn Langzeitstudien natur-

gemäss noch fehlen. Auch die Gegenüberstellung von Kauf- und Mietpreis für Batteriesysteme des Fahrzeugherstellers Renault zeigt, dass bei der Kalkulation der Mietpreise von langen Lebensdauern ausgegangen wird, welche mindestens 8 Jahre betragen und damit auf eine Ersatzrate von weniger als 50 % hindeuten. Bereits die Annahme, dass bei jedem zweiten Fahrzeug die Batterie ersetzt werden müsste, erscheint deshalb als vorsichtig. Ein weiterer Grund für die Unterschiede ist, dass bei Frischknecht (2014) die Umweltbelastung infolge der Herstellung der Fahrzeugbatterie als deutlich höher eingestuft wird als in TA Swiss (2013).

Frischknecht (2014) berechnet ausserdem eine Gesamtumweltbelastung für jeden Fahrzeugantriebstyp. Bei dieser Bewertung schneiden die Elektrofahrzeuge nur noch geringfügig besser ab als konventionelle Benziner. Es ist in der Wissenschaft generell umstritten, ob LCA-Umwelteinwirkungen auf eine einzige Kenngrösse aggregiert werden sollen, oder ob lediglich die Teilaggregation auf einzelne Einflussphären erfolgen sollte. Die ISO-Norm 14044:2006 zur Erstellung von Lebenszyklusanalysen empfiehlt keine Gesamttaggregation; auch die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon rät davon ab (ART 2011). TA Swiss (2013) verzichtet auf eine Gesamttaggregation. Die in Frischknecht (2014) angewandte Methode zur Berechnung einer solchen Gesamtumweltbelastung ist die in der Schweiz am häufigsten eingesetzte „Methode der ökologischen Knappheit“, welche den Erreichungsgrad schweizerischer Umweltschutzziele zur Gewichtung der einzelnen Einflussphären verwendet.

Schlussfolgerungen

Es gibt weitere Studien, die durch die Erstellung von Ökobilanzen versuchen, die Umweltauswirkungen von Elektrofahrzeugen mit der von konventionellen Fahrzeugen zu vergleichen. Das Wuppertal Institut hat 2012 eine Zusammenfassung der Ergebnisse solcher Studien herausgegeben (Wuppertal Institut 2012). Die Autoren kommen darin zum Schluss, dass die Resultate der Ökobilanzen stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Je grösser der Anteil an erneuerbaren Energien am verwendeten Strommix ist, desto besser schneiden die EV im Vergleich zu den konventionellen Fahrzeugen ab. Zudem würde eine längere Lebensdauer der Fahrzeuge die Bilanz der EV verbessern und gleichzeitig das Ergebnis der ICE verschlechtern. Im Fall vom Kanton Graubünden ist aus diesen Gründen der Einsatz von Ökostrom aus Photovoltaik und Wasserkraft absolut sinnvoll. Dadurch wird der Beitrag von Elektrofahrzeugen zu einer nachhaltigen Mobilität maximiert.

3 Aktivitäten auf Ebene des Bundes

3.1 Bisherige und bestehende Aktivitäten

Weltweit wird die Elektromobilität mit unterschiedlichen Instrumenten und Beweggründen gefördert. Die häufigsten Fördermassnahmen sind die Senkung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen (direkte und indirekte Beiträge), diverse Steuerbefreiungen sowie die staatliche Finanzierung der Ladeinfrastruktur. Ausserdem haben mehrere Staaten direkte Beiträge zur Unterstützung der eigenen Automobilindustrie geleistet (Wirtschaftsförderung) oder sich im Rahmen der Umweltpolitik quantitative Ausbauziele gesetzt.

In der Schweiz begann der Bund in den 90er Jahren verschiedene Pilotprojekte zu unterstützen. Insbesondere wurde das Pilot- und Demonstrationsprojekt VEL zwischen 1995 und 2001 in Mendrisio (TI) mit 18 Mio. Franken unterstützt. Das Projekt lieferte wichtige Erkenntnisse zur Nutzung und der Markteinführung von Elektrofahrzeugen. Zudem wurden verschiedene Organisationen für die Unterstützung der Markteinführung von Elektromobilen gegründet (e'mobile, infovel, Mobilitätsakademie und NewRide).

Die finanzielle Förderung des Bundes zwischen 2010 und 2013 kann wie folgt zusammengefasst werden (ohne ETH): Rund 4 Mio. Franken für Forschung und Entwicklung, 2.2 Mio. Fr. für Pilot- und Demonstrationsprojekte sowie 4.7 Mio. Fr. für Aktivitäten von Information und Beratung.

Im Jahr 2014 wurde das SCCER Mobility (Swiss Competence Center for Energy Research) gegründet. Ziel des SCCER Mobility ist es, das Wissen und notwendige Technologien für eine Umstellung von heutigen zu einem nachhaltigen Transportsystem bereitzustellen. Das SCCER Mobility wird von der ETH geleitet und beinhaltet die Mitwirkung vieler Fachhochschulen und Forschungsgruppen. Elektromobilität ist dabei ein wesentlicher Bestandteil der Forschungsarbeiten.

Heute besteht eine Reihe von finanziellen Förderungen für Elektrofahrzeuge:

- Befreiung von der Automobilsteuer (4 % des Importwerts, d.h. ca. 3 % des Verkaufspreises) für alle Elektrofahrzeuge
- Befreiung von der Mineralölsteuer für alle Elektrofahrzeuge
- Begünstigung durch die CO₂-Emissionsvorschriften
- Befristete, dauerhafte oder totale Befreiung von der kantonalen Motorfahrzeugsteuer in den meisten Kantonen
- Beiträge für die Anschaffung von Elektrowelos und E-Scootern in einigen Gemeinden und Städten

3.2 Energiestrategie des Bundesrats

Im Rahmen seiner Energiestrategie 2050 hat der Bundesrat dem Parlament im Herbst 2013 das „erste Massnahmenpaket“ vorgelegt, dessen parlamentarische Beratung ab Frühjahr 2014 erfolgte. Das zweite Massnahmenpaket soll auf das Jahr 2020 hin erarbeitet werden und den Fokus von Förder- hin zu Lenkungsinstrumenten (wie Energie- und Stromabgaben) verlagern. Im ersten Massnahmenpaket stellt die Steigerung der Energieeffizienz der Strassenfahrzeuge ein wichtiges Handlungsfeld dar, mit der Massnahme 8.1 (verschärfte g CO₂/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 CO₂/km festgelegt hat. Dabei sollen – als zeitlich befristete Fördermassnahme – Elektrofahrzeuge mehrfach angerechnet werden (sogenannte „super credits“). Die genaue Übernahme dieses Zielwerts für die Schweiz ist Gegenstand der parlamentarischen Beratungen.

3.3 Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652

Im Auftrag des Bundesparlaments hat das BFE einen Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652 erarbeitet. Ziel des Berichts ist aufzuzeigen, wie die Rahmenbedingungen für eine beschleunigte Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen verbessert werden können. Im Einklang mit der Energiestrategie 2050 und der Energieperspektiven des Bundesrats soll die Elektromobilität eine wesentliche Rolle in der Reduktion des fossilen Energieverbrauchs spielen.

Zur Erreichung der Ziele wurden folgende Schwerpunkte definiert:

- 1 **Ladeinfrastruktur:** Unterstützung privater Bestreben zum Aufbau eines landesweiten Basisnetzes für Schnellladestationen, z. B. durch eine Unterstützung der Bedarfsplanung.
- 2 **Vorbildfunktion Bund:** Im Rahmen der Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz der Fahrzeugflotte des Bundes sollen auch hinsichtlich der Vorbildfunktion des Bundes ganz oder teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge beschafft werden, wo dies organisatorisch, ökologisch und ökonomisch möglich und sinnvoll ist.
- 3 **Information und Beratung:** Verstärkte Berücksichtigung der Elektromobilität bei den bestehenden, vom Bund unterstützten, Informations- und Beratungsangeboten für Firmen und Private.
- 4 **Forschung:** Fortführung und punktuelle Verstärkung von Forschung und Entwicklung im Bereich der teilweisen oder vollständigen elektrischen Antriebe, dies im Einklang mit den schweizerischen Forschungsinstituten und der schweizerischen Automobil- und Zulieferindustrie. Effizienz und Umweltverträglichkeit sollen im Mittelpunkt stehen. Durch die Vernetzung von Forschungsinstituten, Herstellern und Importeuren sollen die Mittel zielgerichtet eingesetzt werden.
- 5 **Deckung des zusätzlichen Strombedarfs:** Aufzeigen von Möglichkeiten zur Deckung des zukünftig durch den Mobilitätssektor benötigten Strombedarfs, dies im Einklang mit der Energiestrategie 2050. Neben der Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger steht der Einsatz erneuerbarer Energiequellen im Vordergrund.
- 6 **Pilot- und Demonstrationsprojekte:** Wo notwendig und sinnvoll kann der Bundesrat Pilotprojekte unterstützen oder lancieren.

Im Bericht werden folgende Massnahmen abgeleitet, welche ohne politischen Auftrag innerhalb der Bundesverwaltung konkretisiert und gegebenenfalls mit einem Bundesratsbeschluss umgesetzt werden können:

#	Massnahme	Kurzbeschreibung	Wirkung	Zeithorizont	Zuständigkeit
1	Forschung & Entwicklung	Durch Erhöhung der Mittel der Energieforschung im Rahmen der Energiestrategie 2050 stehen der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) zwischen 2013 und 2016 zusätzliche 118 Mio. Fr. zur Verfügung.	mittel	kurzfristig	BFE
2	Pilot- und Demonstrationsprojekte	Erhöhung der Mittel von P+D im Rahmen der Energiestrategie 2050. Dadurch können im Bereich der Elektromobilität verstärkt Projekte berücksichtigt werden.	mittel	kurzfristig	BFE
3	Information und Beratung	Erhöhung der Mittel von EnergieSchweiz für Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität auf 1,3-1,7 Mio. Fr. pro Jahr von 2014-2020.	mittel	kurzfristig	BFE
4	Vorbildfunktion Bund	Verschärfung der Kriterien für die Beschaffung von Fahrzeugen, Einführung eines Mobilitätsmanagementsystems und Installation von halböffentlicher Ladeinfrastruktur in der Bundesverwaltung.	tief	mittelfristig	VBS / BFE / BBL
5	Koordination und Planung Ladeinfrastruktur	Unterstützung der Koordination und Planung von Ladeinfrastruktur. Aufgrund unterschiedlicher Auflagen und Zuständigkeiten in jedem Kanton stellt die Installation jeder Schnellladestation ein aufwändiges Projekt dar.	tief	kurzfristig	ASTRA / BFE
6	Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur	Verzicht auf Beteiligung des e-MIV an der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur bis 2020	mittel	kurzfristig	ASTRA
7	„Ultra-low emission zones“	Anpassung der gesetzlichen Grundlage auf Bundesebene zur Ermöglichung von „ultra-low emission zones“. Grundvoraussetzung ist die Definition von Kriterien (z.B. < 50g CO ₂ /km, keine Luftschadstoffe, kein Lärm).	mittel	mittelfristig	ASTRA / BFE / BAFU
8	Reservation von Parkplätzen bzw. andere Vorteile für energieeffiziente Fahrzeuge	Anpassung der gesetzlichen Grundlage auf Bundesebene zur Ermöglichung der Reservation von Parkplätzen für den ausschliesslichen Gebrauch durch energieeffiziente Fahrzeuge in Städten.	mittel	mittelfristig	ASTRA / BFE
9	Verschärfung der Emissionsvorschriften für Motorräder und Motorroller	Verschärfung der Emissionsvorschriften für Motorräder und Motorroller durch das Festlegen von Grenzwerten für Energieeffizienz oder CO ₂ -Emissionen.	mittel	mittelfristig	ASTRA / BFE / BAFU
10	Bonus-Malus auf der Autoimportsteuer	Einführung eines Bonus-Malus Systems auf der Autoimportsteuer.	hoch	langfristig	EFV

11	Bonus-Malus auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer	Einführung eines Bonus-Malus auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Bereits heute bestehen in der Mehrheit der Kantone Anreize für energieeffiziente Fahrzeuge bei der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Diese könnten noch weiter verstärkt, vermehrt auf e-MIV ausgerichtet oder durch eine kostenneutrale Prämie (Bonus) beim Kauf von besonders effizienten Fahrzeugen ergänzt werden.	hoch	langfristig	Kantone
12	Anreize für e-MIV bei der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur	Einführung einer leistungsabhängigen Kostendeckung der Verkehrsinfrastruktur (Mobility Pricing), welche zusätzlich die Energieeffizienz bzw. die CO ₂ -Emissionen der Fahrzeuge berücksichtigt. Erhöhung des Mineralölzuschlags. Verzögerung der Einführung einer Pauschalabgabe für e-MIV.	hoch	langfristig	ASTRA
13	CO ₂ -Lenkungsabgabe auf Treibstoff	Eine Lenkungsabgabe auf Treibstoffen wurde 2011 im Rahmen der Revision des CO ₂ -Gesetzes abgelehnt. Die Wirkung der Massnahme ist abhängig von der Höhe der Lenkungsabgabe.	hoch	langfristig	BAFU / BFE
14	Reduktion der CO ₂ -Emissionen der Personenwagen	Verschärfung der CO ₂ -Emissionsvorschriften (inkl. entsprechenden Anreizen für e- MIV). Die CO ₂ -Emissionsvorschriften stellen eine effiziente Massnahme dar, um Elektrofahrzeuge verstärkt zu fördern.	mittel	mittelfristig	BFE
15	„Well to Wheel“-Angabe auf der Energieetikette	Ergänzung der Energieetikette durch die CO ₂ -Emissionen auf der Basis von „Well to Wheel“ für alle Treibstoffe (Betrachtung der gesamten Wirkungskette). Zurzeit basiert die Einteilung der Energieeffizienzkategorien auf dem Primärenergieverbrauch.	tief	mittelfristig	BFE

Tabelle 1: Zusammenstellung der wichtigsten Massnahmen.

3.4 Bedeutung für den Kanton

Der Bericht des BFE konzentriert sich hauptsächlich auf Handlungsoptionen für den Bund. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass nur die Massnahme 11 im Zuständigkeitsbereich der Kantone liegt (Bonus-Malus auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer). Weitere mögliche Handlungsfelder auf kantonaler und kommunaler Ebene sowie bei Energieversorgern, Arbeitgebern und Gebäudeeigentümern/Bauherren sind nicht Gegenstand des Berichts des Bundes. Die möglichen Ansätze auf kantonaler Ebene werden in Kap. 7 dieses Berichtes präsentiert.

4 Automarkt Graubünden vs. Schweiz

4.1 Anteil Elektrofahrzeuge am Gesamtbestand

In diesem Kapitel werden die Unterschiede zwischen dem Automarkt im Kanton Graubünden und dem schweizerischen Markt mittels ausgewählten statistischen Auswertungen analysiert. Die kantonalen Daten wurden vom Strassenverkehrsamt des Kantons Graubünden zur Verfügung gestellt. Tabelle 2 zeigt den heutigen Anteil von Elektrofahrzeugen am Fahrzeugbestand. Die Resultate zeigen, dass der Bestand an Hybrid- und Elektrofahrzeugen nur einen sehr kleinen Anteil am Gesamtbestand ausmacht (weniger als 1 %). Im Kanton Graubünden gibt es prozentual etwas weniger Hybridfahrzeuge und etwa gleich viele Elektrofahrzeuge. Wichtigster Grund für den niedrigeren Anteil Hybridfahrzeuge ist, dass im Kanton Graubünden ca. 50 % der Personenwagen einen Vierradantrieb aufweisen, diese Antriebsart aber bei Hybridfahrzeugen weniger häufig vertreten ist.

Fahrzeugkategorie	Schweiz		Kanton GR	
Gesamtbestand Personenwagen	4'320'885	100 %	110'869	100 %
Elektrofahrzeuge (EV + PHEV)	2'473	0.06 %	89	0.08 %
Hybridfahrzeuge (ohne Plug-in)	35'098	0.81 %	524	0.47 %

Tabelle 2: Vergleich der Fahrzeugbestände per 31.12.2013 in der Schweiz und im Kanton Graubünden (Quelle: BFS).

4.2 Neuwagenmarkt

Tabelle 3 zeigt die Zusammensetzung der Neuzulassungen für die Schweiz und für den Kanton Graubünden. Die Marktpenetration der Elektrofahrzeuge ist im Kanton Graubünden leicht tiefer als in der Schweiz (0.39 % gegen 0.54 %), und deutlich tiefer bei Hybridfahrzeugen (1.28 % gegen 2.26 %). Der Marktanteil der Neuzulassungen, die die Kategorie A der Energietikette aufweisen, ist im Kanton deutlich tiefer und somit sind die durchschnittlichen CO₂-Emissionen um 3 g CO₂/km höher. Weiter machen kleine und leichte Personenwagen (Segment bis 999 kg), die sich für die Elektrifizierung besonders eignen, 3.5 % der schweizerischen Neuzulassungen aus. Im Jahr 2013 wurden keine Personenwagen dieses Segments im Kanton Graubünden verkauft.

Fahrzeugkategorie	Schweiz		Kanton GR	
Neuzulassungen Personenwagen	310'179	100 %	6'476	100 %
Elektrofahrzeuge (EV + PHEV)	1'682	0.54 %	25	0.39 %
Hybridfahrzeuge (ohne Plug-in)	7'005	2.26 %	83	1.28 %
Anteil Energieetikette A	43'115	13.9 %	560	8.65 %
Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen	145	g CO ₂ /km	148	g CO ₂ /km

Tabelle 3: Vergleich der Neuzulassungen im Jahre 2013 in der Schweiz (EBP 2014) und im Kanton Graubünden (Quelle: Strassenverkehrsamt des Kantons Graubünden).

Die Neuzulassungen spiegeln die Situation im Gesamtbestand wider: Im Kanton Graubünden ist der Anteil vierradantriebener Fahrzeuge überdurchschnittlich hoch. Die Energie-Etikette des Bundes ist so konstruiert, dass das beste Siebtel aller Neuwagenmodellvarianten in die Kategorie „A“ eingeteilt wird. Da es zu fast jedem Automodell neben der vierradangetriebenen Variante auch eine zweiradangetriebene gibt, wird jeweils die letztgenannte – da leicht energieeffizienter – in die Kategorie A eingeteilt. Vierradangetriebene Fahrzeuge entfallen meist auf die Kategorie B oder schlechter.

5 Szenarien Elektrofahrzeuge in Graubünden

5.1 Vorgehen Basis-Modellierung

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Elektrofahrzeuge im Kanton Graubünden bis 2030 projiziert. Ausgangspunkt sind die drei Szenarien TA-Swiss Studie (2013), die an lokale und politische Verhältnisse des Kantons Graubünden angepasst werden. Der gewählte Prognosehorizont 2030 entspricht nicht einem „Endzustand“. Nach dem Jahr 2030 wird die Marktpenetration von Elektrofahrzeugen für alle Szenarien für mindestens ein Jahrzehnt weiter steigen.

Die Neuwagenmarkt und der Fahrzeugbestand der Elektrofahrzeuge bis 2030 werden mit dem gleichen Modell der TA-Swiss Studie (2013) modelliert. Für Detailangaben zum methodischen Vorgehen wird daher auf die Studie verwiesen.

Die Entwicklung der Anzahl Neuwagen wird auf der Grundlage von historischen Neuzulassungen und Bevölkerungsentwicklung modelliert.

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. 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.

Das Modell wird für den Kanton Graubünden angepasst, indem kantonale Input-Daten eingesetzt werden (sämtliche Daten befinden sich im Anhang A3):

- *Bevölkerungsentwicklung.* Die ständige Wohnbevölkerung für den Kanton Graubünden von 1990 bis 2012 wird den Erhebungen des Bundesamtes für Statistik (BFS 2013a) entnommen. Die Prognose der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt das „mittlere Szenario“ des BFS (2010) für den Kanton Graubünden.
- *Neuzulassungen.* Die historischen Daten von 1990 bis 2012 für die Inverkehrsetzung neuer Personenwagen im Kanton Graubünden werden den Erhebungen des Bundesamtes für Statistik (BFS 2013b) entnommen. Um die zukünftige Entwicklung der Neuzulassungen zu berechnen, wird das mittlere, historische Verhältnis zwischen Neuzulassungen und Wohnbevölkerung (dies beträgt 0.035) mit der zukünftigen Wohnbevölkerung multipliziert.
- *Fahrzeugbestand.* Der Personenwagenbestand von 1990 bis 2012 wird aus BFS (2013c) entnommen. Der zukünftige Personenwagenbestand wird mittels der Entwicklung des Motorisierungsgrades (Personenwagen pro tausend Einwohner) und der Wohnbevölkerung prognostiziert. In jüngster Zeit wird zunehmend postuliert, dass der im Kommunikationsbereich sichtbare Trend weg vom Besitz hin zum Gebrauch sich auch beim Besitz von Autos manifestiert (vermehrtes Carsharing). In den Daten der Motorfahrzeugämter lässt sich ein solcher Trend jedoch noch nicht identifizieren. Die getroffenen Annahmen zum weiter steigenden Motorisierungsgrad berücksichtigen einen solchen Trend nicht. Damit wird der Fahrzeugbestand möglicherweise tendenziell überschätzt.

5.2 Anpassung an kantonalen Verhältnisse

Durch kantonale Inputdaten werden die drei nationalen Szenarien direkt auf den Kanton Graubünden herunterskaliert. Dies ist jedoch eine starke Vereinfachung. Wie Kapitel 4 gezeigt hat, liegt beispielsweise die heutige Verbreitung von Elektrofahrzeugen im Kanton Graubünden unter dem Schweizer Durchschnitt. Aufgrund diverser Faktoren (Demographie, Klima, Topographie, politische Rahmenbedingungen) unterscheidet sich also die „Affinität“ zur Elektromobilität von Kanton zu Kanton. Die Marktpenetration kann daher nicht auf alle Kantone gleich verteilt werden, sondern muss dieser „Affinität“ angepasst werden.

Die Affinität aller Kantone für Elektrofahrzeuge wird mittels einer Analyse der Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (ARE und BFS 2012)¹ bestimmt. Zuerst werden wichtige Kriterien identifiziert, welche die Affinität für Elektromobilität beeinflussen können. Es wird angenommen, dass sich diese Faktoren mit der Zeit nicht verändern und dass die Unterschiede für alle drei Szenarien innerhalb eines Kantons gelten. In einem zweiten Schritt wird für jedes Kriterium die relative, prozentuale Abweichung der Kantone vom schweizerischen Durchschnitt berechnet und ein kantonales Ranking festgelegt. Die Kantone werden anschliessend manuell in fünf vergleichbare Kategorien eingeteilt («- -», «-», «0», «+», «++»).

Tabelle 4 zeigt die identifizierten Kriterien und deren Einfluss auf die Affinität für die Elektrofahrzeuge. Der Kanton Graubünden ist bei drei Kriterien unterdurchschnittlich, bei zwei Kriterien durchschnittlich und bei einem Kriterium überdurchschnittlich affin für die Elektromobilität.

Kriterium	Einfluss	Resultat
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.	0
Ausbildung	Personen mit mindestens einem Fachhochschul-Abschluss kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.	-
Motorisierungsgrad	Personen mit einem PKW zur ständigen Verfügung kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.	0
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.	-
Verteilung nach Haushaltstyp	Haushalte ohne Kinder kaufen eher Elektrofahrzeuge als andere.	+

Tabelle 4: *Affinität des Kantons Graubünden für die Elektromobilität anhand von Daten des Mikrozensus Mobilität und Verkehr.*

¹ 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, davon 1'509 Einzelpersonen aus dem Kanton Graubünden.

Zusätzlich wurden weitere Kriterien untersucht, die einen Einfluss auf die Verbreitung der Elektromobilität haben. Die Zuteilung des Kantons in den unterschiedlichen Kategorien wurde qualitativ geschätzt. In der Tabelle 5 werden die Kriterien beschrieben und deren Einfluss gezeigt.

Kriterium	Einfluss	Resultat	Bemerkung
Policy	Wird die Elektromobilität durch die öffentliche Hand gefördert, nimmt diese schneller zu.	+	Die zwei Aufträge an die Regierung zeigen grosses Interesse für die Förderung der Elektromobilität.
Bereitschaft für Innovation	Wenn ein grösserer Teil der Bevölkerung Freude und Interesse für Innovation hat, werden neue Technologien schneller eingesetzt.	0	Graubünden weicht nicht vom schweizerischen Durchschnitt ab.
Existierende Ladeinfrastruktur / Pilotprojekte	Pilotprojekte und bestehende Ladeinfrastruktur können die Verbreitung der Elektrofahrzeuge und die Bereitschaft der Bevölkerung positiv beeinflussen.	0	Graubünden weicht nicht vom schweizerischen Durchschnitt ab.
Anzahl Pendler	Regelmässige, eher kurze Pendeldistanzen sind geeignet, um mit Elektrofahrzeugen zurückgelegt zu werden.	–	Graubünden hat eher grosse Pendeldistanzen, da viele Täler und Berge vorhanden sind.
Einfluss Qualität ÖV-Netz	Sehr gute ÖV-Netze sind eine gute Alternative zum MIV. Stadtzentren zeigen tiefere Motorisierungsgrade und die Durchdringung von Elektrofahrzeugen kann gehemmt werden.	++	Die Topographie des Kantons ist keine gute Voraussetzung für den ÖV. Aus diesem Grund könnte e-MIV favorisiert sein.
Topographie	Grosse Höhenunterschiede können die Reichweite der Elektrofahrzeuge deutlich verringern. Fahrleistungen auf Strassen ohne Höhenunterschiede sind von Vorteil für Elektrofahrzeuge.	– –	Graubünden weicht topographisch gesehen stark vom schweizerischen Durchschnitt ab: Das Gebiet weist grosse Höhenunterschiede auf.
Klima	Die Leistung der Batterien hängt stark von der Aussentemperatur ab. Insbesondere kalte Temperaturen reduzieren die Effizienz und die Reichweite der Batterie. Die Heizung- und die Klimaanlage verbrauchen ebenfalls Energie und reduzieren die Reichweite.	– –	Das Klima im Graubünden ist aus Sicht der Elektromobilität ungünstig: Die Temperaturen sind im Durchschnitt tiefer.

Tabelle 5: Einfluss weiterer Standortfaktoren auf die Anzahl neuer Elektromobile.

Den fünf Kategorien («– –», «–», «0», «+», «++») werden Multiplikationsfaktoren zwischen 0.9 und 1.1 zugeteilt. Das Produkt der Multiplikationsfaktoren für die Kriterien der Mikrozensus-Daten Analyse und der qualitativen Analyse wird schliesslich mit einem Kalibrierungsfaktor korrigiert. Dadurch ergibt sich für jeden Kanton ein Skalierungsfaktor. Graubünden erreicht einen Skalierungsfaktor von **81%** (im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt von 100 %).

Abbildung 6 zeigt die Marktpenetrationen von Elektrofahrzeugen (Summe der Kategorien EV und PHEV) für die drei Szenarien bis 2030. Die Marktanteile der Elektrofahrzeuge liegen 2030 bei 9 %, 21 % und 33 % in den Szenarien BAU, EFF bzw. COM.

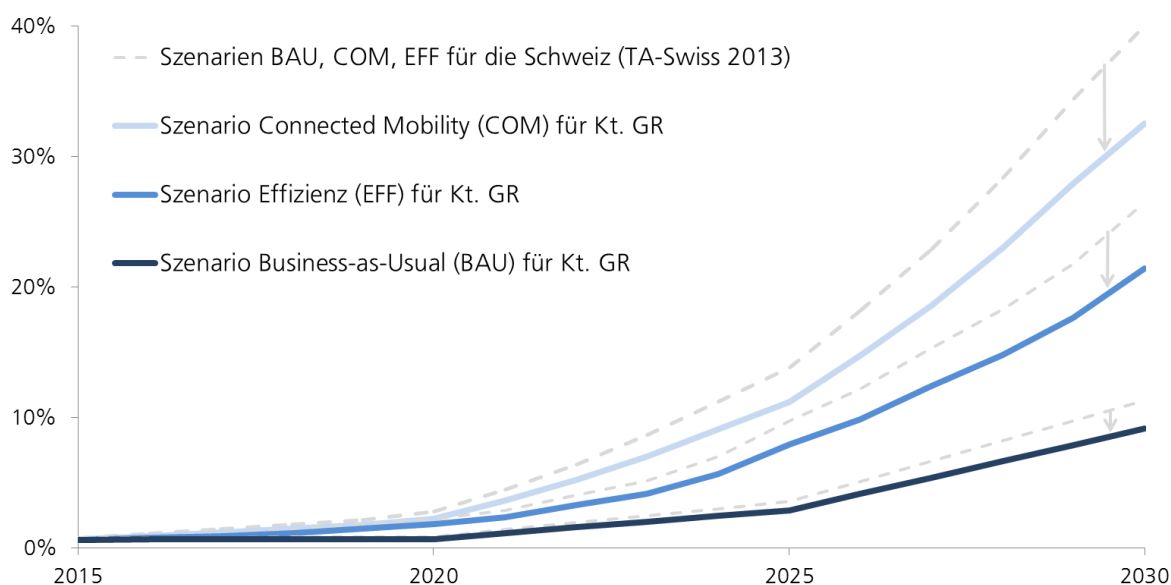


Abbildung 6: Marktpenetrationen Graubünden vs. Schweiz für die drei Szenarien bis 2030.

5.3 Neuwagenmarkt und Fahrzeugbestand bis 2030

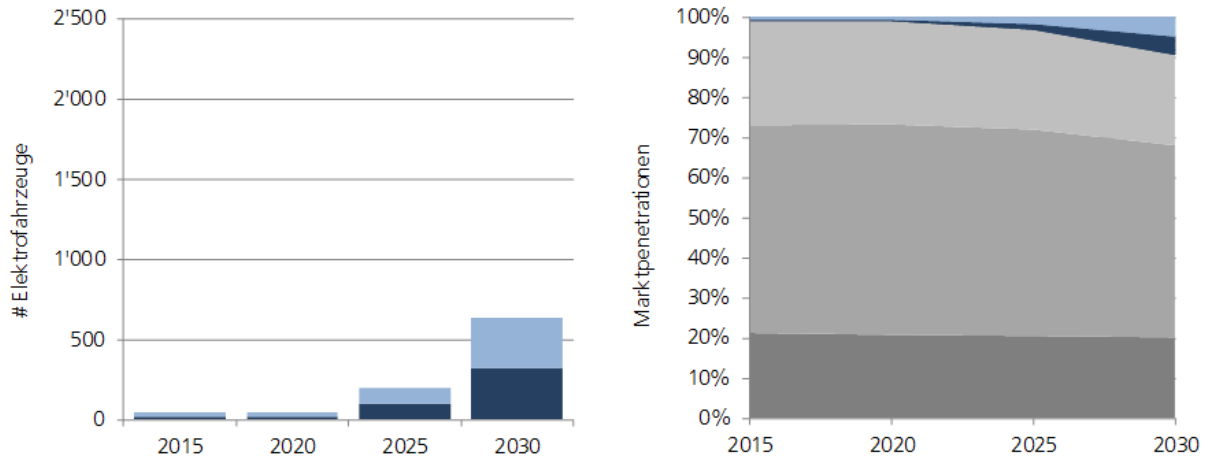
Abbildung 7 zeigt die Zusammensetzung von Neuwagenmärkten in den verschiedenen Szenarien für den Kanton Graubünden in Jahresschritten bis 2030. Die Abbildungen auf der linken Seite zeigen die absolute Anzahl an Elektrofahrzeugen (EV und PHEV) je nach Szenario, die neu zugelassen werden. Diese erreichen im Jahr 2030 640, 1'500 beziehungsweise 2'270 in den Szenarien BAU, EFF und COM. Die Abbildungen auf der rechten Seite zeigen die prozentualen Anteile von Elektrofahrzeugen an der Gesamtflotte.

Abbildung 8 zeigt die Zusammensetzung des statischen Fahrzeugbestands in den verschiedenen Szenarien für den Kanton Graubünden. Die Abbildungen auf der linken Seite zeigen die absolute Anzahl an Elektrofahrzeugen (EV und PHEV). Diese erreichen im Jahr 2030 4'430, 10'060 beziehungsweise 15'300 in den Szenarien 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.

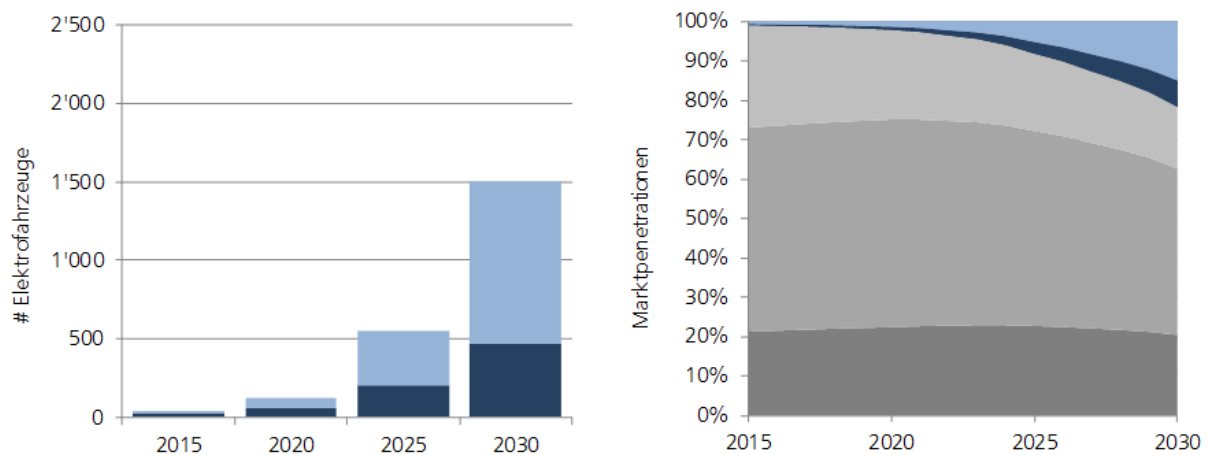
Neuwagenmarkt Graubünden



Szenario Business-as-Usual (BAU)



Szenario Effizienz (EFF)



Szenario Connected Mobility (COM)

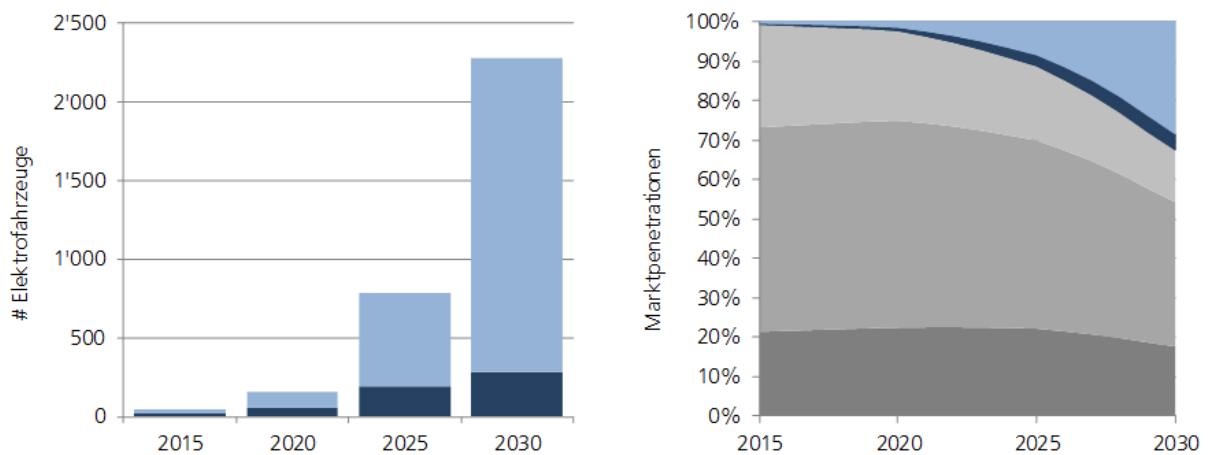
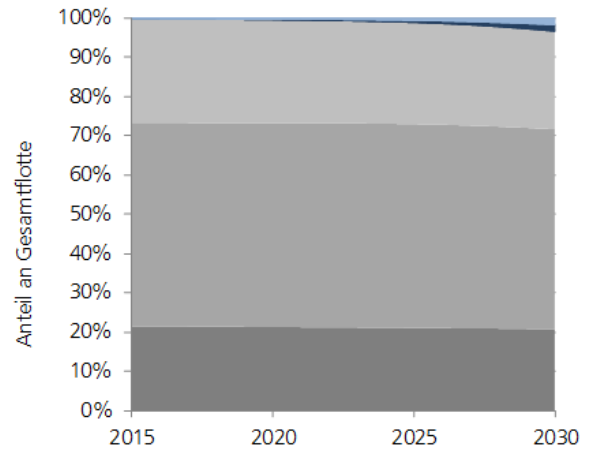
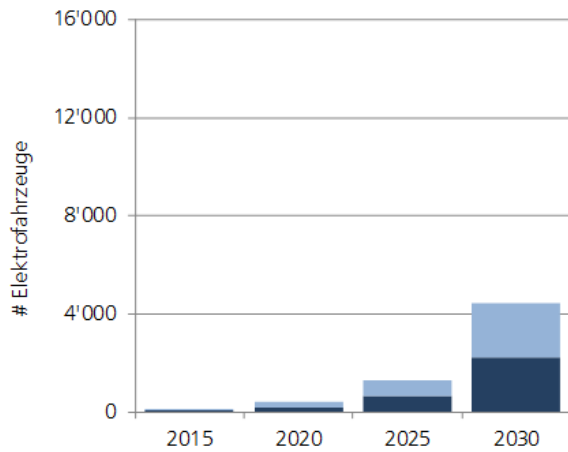


Abbildung 7: Prognostizierte Neuzulassungen an EV und PHEV im Kanton Graubünden. Absolute Anzahl (links) und Marktpenetration nach Fahrzeugklasse (rechts).

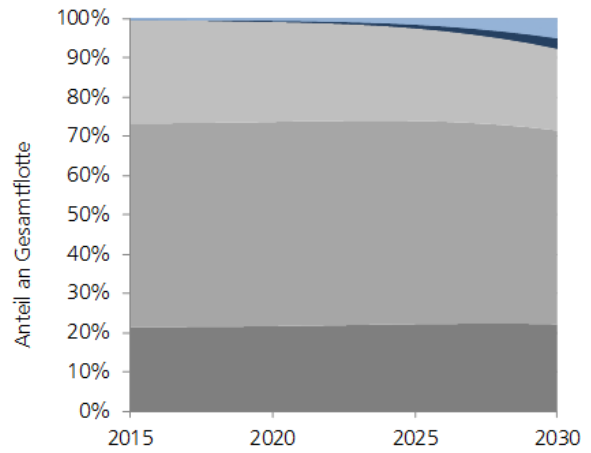
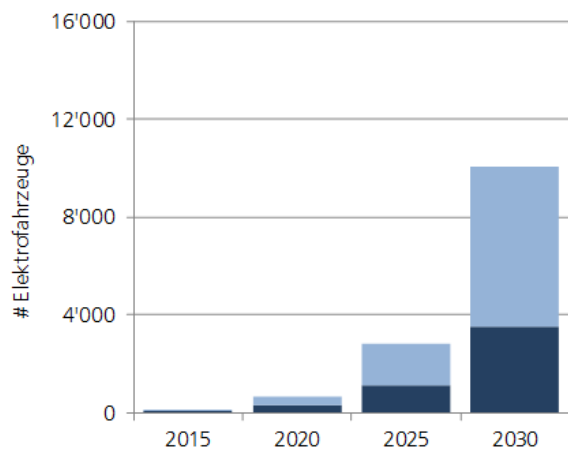
Fahrzeugbestand Graubünden



Szenario Business-as-Usual (BAU)



Szenario Effizienz (EFF)



Szenario Connected Mobility (COM)

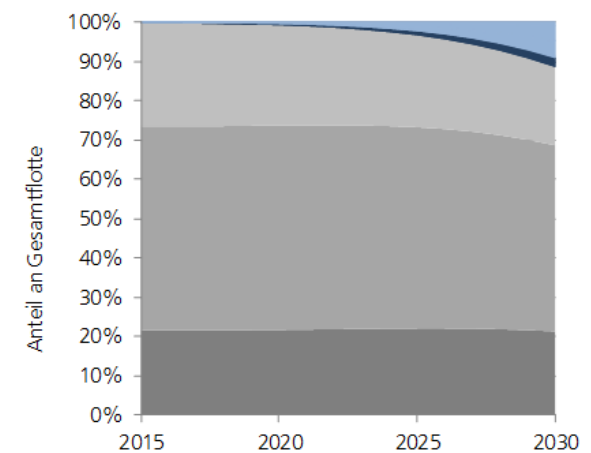
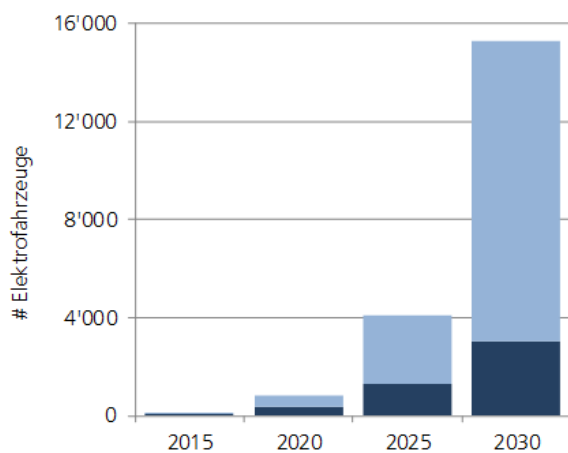


Abbildung 8: Prognostizierte Entwicklung der Elektrofahrzeuge im Fahrzeugbestand des Kt. Graubünden. Absolute Anzahl (links) und Anteil an Gesamtflotte (rechts).

5.4 Entwicklung anderer Elektrofahrzeuge

Busse und schwere Nutzfahrzeuge. 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). Hybrid- und Elektrobusse machen weniger als 1 % des Markts aus. In der Schweiz bestehen zurzeit einige Pilotversuche mit Elektrobussen (beispielsweise in Genf) und schweren Nutzfahrzeugen, aber es ist zu vermuten, dass sich die Marktpenetration bis 2020 aufgrund der hohen Anschaffungskosten kaum erhöhen wird. Im Jahr 2014 wurden 2 Klima-Kompensationsprogramme gestartet, die den Einsatz von Hybrid- und Elektrobussen sowie von schweren Hybrid- und Elektro-Nutzfahrzeugen unterstützen. Obwohl bereits heute elektrifizierte Modelle dieser Fahrzeugkategorien getestet werden, ist die Entwicklung von Nutzfahrzeugen, Bussen und Motorrädern im Vergleich zu Personenwagen im klaren Rückstand.

Elektrovelos. Der Verkauf von Elektrovelos hat in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum erlebt. Im Jahr 2007 wurden weniger als 10'000 Elektrovelos verkauft, während im 2013 rund 50'000 Einheiten verkauft wurden (Ecoplan 2014), was etwa ein Sechstel aller verkauften Fahrräder ausmacht. Heute fahren rund 233'000 Elektrovelos auf Schweizer Strassen (BFE 2014a). Heute senkt das Fahren mit Elektrovelos den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen. Die Einsparung basiert vor allem darauf, dass Elektrovelofahrer von energieintensiveren Fahrzeugen auf Elektrovelos umgestiegen sind. Das zukünftige Potenzial für Elektrovelos in der Schweiz wird zwischen 2.8 Mal und 7.9 Mal höher geschätzt als die aktuelle Verbreitung. Unter der Annahme gleichbleibender Verhaltensmuster könnten 114'000 bis 322'000 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden (Ecoplan 2014).

E-Scooter. ‚E-Scooter‘ sind alle Fahrzeugkonzepte mit elektrischem Antrieb, die sich nicht oder nur im Notfall mit Muskelkraft antreiben lassen, die aber nicht zu den leichten Motorwagen (Personen- und Lieferwagen) zählen. Ein E-Scooter kann vom langsamen Mofa ohne Zulassungsbeschränkung bis zum leichten 4-Rad-Fahrzeug vieles umfassen. Gemeinsam ist allen E-Scootern, dass sie ausschliesslich elektrisch angetrieben werden, relativ leicht sind und die Energie deshalb effizient nutzen. Obwohl E-Scooter in der Schweiz seit den 1990er-Jahren auf dem Markt sind und im Rahmen des Grossversuchs mit Leicht-Elektromobilen in Mendrisio sowie in Partnergemeinden von 1995 bis 2001 gefördert wurden, ist ein Durchbruch bisher ausgeblieben.

6 Chancen und Risiken für den Kanton Graubünden

6.1 Erfahrungen aus anderen Gebirgsregionen

Elektrofahrzeuge sind – zumindest auf den ersten Blick – hauptsächlich für den Stadtverkehr oder kurze Pendeldistanzen geeignet. Aber die mittlere Fahrlänge ist in Bergregionen kürzer als im Mittelland. Und Bergregionen werden mit intakter Umwelt, Nachhaltigkeit, saubere Luft und Wasserkraft in Verbindung gebracht – was eine hohe Affinität und entsprechende Zahlungsbereitschaft gerade auch für Elektrofahrzeuge vermuten lässt. Aus diesen Gründen wurden in den letzten Jahren mehrere Pilotversuche in Gebirgsregionen erfolgreich durchgeführt. Im Folgenden werden die wichtigsten Erfahrungen kurz zusammengefasst.

Alpmobil – Auf E-Tour durch die Schweizer Alpen

Zwischen 2010 und 2012 entwickelte der Verein Alpmobil zunächst in der Grimselregion (Oberhasli/Obergoms), dann in der ganzen Gotthardregion, Ferienangebote inklusive Nutzung von Elektrofahrzeugen für Ausflüge. Das Projekt wurde vom SECO im Rahmen der neuen Regionalpolitik (NRP) unterstützt.

Mit Alpmobil wurde die Elektromobilität in den Tourismusdestinationen verbreitet und die Wettbewerbsfähigkeit der Tourismusregionen in den Alpen erhöht. Ausserdem wurde das grosse Potenzial der Region als Produktionsstätte von erneuerbaren Energien ausgenutzt: Die Elektrofahrzeuge tankten zertifizierten Ökostrom, welcher in den Stauseen produziert wird.

Im Laufe des Projekts wurden 60 Elektrofahrzeuge der norwegischen Marke »Think« eingesetzt. 250'000 km wurden gefahren und 45 t CO₂ wurden eingespart. Obwohl die meisten Elektrofahrzeuge für den Stadtverkehr konzipiert worden sind, zeigen die Erfahrungen von Alpmobil, dass sich die heute erhältlichen Elektrofahrzeuge mit einer Reichweite von über 100 Kilometern auch auf gebirgigen Passstrassen bewähren. Weitere positive Erfahrungen waren langfristige Werbeeffekte für die Tourismusregionen (inkl. Steigerung der Bekanntheit der Regionen bzw. des Hotels, Bahnen und Camping), die Kombination von Alpenlandschaft, sauberer Energie und Mobilität, sowie die Bekanntmachung der Elektromobilität und deren Potenzial auf Bergstrassen. Zu den Nachteilen gehörten die limitierte Reichweite und die damit verbundenen Unsicherheiten bezüglich Perimeter, der zu hohe Mietpreis der Elektrofahrzeuge im Vergleich zu regulären Mietautos und die niedrige Rentabilität für die Vermieter aufgrund der geringen Auslastung der Elektrofahrzeuge (die meisten Miet-Elektroautos hatten keine benzinbetriebenen „Vorgänger“, sondern waren gänzlich neue Angebote).

VLOTTE – Voralberg als Modellregion für Elektromobilität

Das Projekt VLOTTE ist die erste Modellregion für Elektromobilität in Österreich und wird seit 2009 in der Region Voralberg durchgeführt. Der regionale Energieversorger gewann mit der Projekteingabe die bundesweite Ausschreibung des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung. In kurzer Zeit entwickelte sich so das Voralberg zu einer der grössten Modellregionen Europas. Der Energiedienstleister bietet heute Ladeinfrastrukturen wie auch Elektrofahrzeuge zur Miete an und arbeitet mit Privatpersonen, Unternehmen, Institutionen und Gemeinden zusammen. Unternehmen werden bei der Anschaffung von Elektroautos finanziell unterstützt. Innert drei Projektjahren wurden 357 Elektrofahrzeuge eingesetzt, 2.5 Mio. km zurückgelegt und somit mehr als 400 Tonnen CO₂ eingespart. Eine flächendeckende Ladeinfrastruktur, inklusive Schnellladestationen an neuralgischen Punkten, wurde in Voralberg errichtet. Weiter wurde ein umfassendes Mobilitätspaket mit wichtigen Partnern entwickelt und der verbrauchte Strom über zusätzliche erneuerbare Energieträger gewonnen (insgesamt 757 m² Photovoltaik und ein Kleinwasserkraftwerk).

Anders als bei Alpmobil spielt in diesem Projekt der Tourismus keine wichtige Rolle. Ziel des Projekts ist es, die Elektromobilität in der Bevölkerung und den Unternehmen zu verbreiten. Gemäss Aussagen des Projektverantwortlichen, Herrn Gerhard Günther, stellt die alltägliche Benutzung der Elektrofahrzeuge in Gebirgsregionen keine Probleme dar. Die Bergstrassen können dank genügender Leistung ohne Probleme gefahren werden. Die Kälte reduziert die Reichweite jedoch wesentlich (etwa um die Hälfte im Winter). Mit der Errichtung von genügend Schnellladestationen wurde die Problematik der Reichweite jedoch zum Teil gelöst.

Das Benutzungsverhalten der Teilnehmenden hat gezeigt, dass die meisten Ladevorgänge zu Hause oder am Arbeitsplatz stattfinden. Wie in Graubünden sind im Voralberg Vierradantriebe weit verbreitet und die Elektrofahrzeuge werden daher eher als zweites Auto eingesetzt.

Norwegen – ein Leitmarkt der Elektromobilität

Die Verkäufe von den Elektrofahrzeugen sind in den letzten Jahren in Norwegen rasant gestiegen. Die Verbreitung von Elektrofahrzeugen ist höher als in allen anderen Ländern Europas. Zurzeit sind mehr als 50'000 Elektrofahrzeuge unterwegs. Grund dieses Erfolges sind gezielte staatliche Förderungsmassnahmen und Subventionen der Elektromobilität (Befreiung von der Verkaufsteuer, von einmaligen Fahrzeuggebühren und der Mehrwertsteuer sowie von der jährlichen Strassensteuer). Im 2015 wurde die steuerliche Begünstigung der Elektroautos beendet. Weiter sind die Elektrofahrzeuge von Parkgebühren befreit und können Busspuren verwenden. Das Beispiel Norwegen zeigt auch, dass das Hindernis der tiefen Temperaturen überwunden werden kann. In Norwegen (wie in ganz Skandinavien) ist es üblich, Autos (auch benzinbetriebene) elektrisch vorzuheizen – der norwegische „Parkplatz zu Hause“ verfügt deshalb immer schon über eine Steckdose. Entscheidend ist zudem die Schnelllade-Ladeinfrastruktur, die in Norwegen 2500 Ladepunkten umfasst und somit die Problematik der Reichweite stark reduziert.

6.2 Chancen der Elektromobilität

Im Folgenden werden die spezifischen Chancen und Vorteile der Elektromobilität auf Kantons-ebene zusammengefasst.

Einsatz von Ökostrom aus Wasserkraft und Promotion von erneuerbaren Energien. Die Elektromobilität bietet Chancen für die Bereitstellung des notwendigen Stroms mit erneuerbaren Energieträgern und macht am meisten Sinn, wenn Ökostrom eingesetzt wird. Die Wasserkraft leidet heute primär wegen der tiefen Strompreise an der Börse. Die Förderung der Elektromobilität in Graubünden wird die tiefen Strompreise der Börse aber kaum beeinflussen können. Elektromobilität macht ökologisch nur Sinn, falls der Strom nachhaltig erzeugt wird; dies ist zu kommunizieren und optimalerweise auch gleich beim Autokauf durch kombinierte Angebote z.B. seitens der Energieversorger sicherzustellen. Die Zahlungsbereitschaft von Elektroautokäufern für Ökostrom wird als sehr hoch eingestuft. Durch die Verbreitung von Elektrofahrzeugen besteht deshalb die Möglichkeit, den Absatz von Wasserstrom zu einem attraktiven Preis im Kanton zu steigern, falls entsprechende Angebote durch die Energieversorger geschaffen würden.

Integration von Sonnen- und Windstrom dank zeitversetzten Ladens. Erneuerbarer Strom aus Photovoltaik oder Windkraft steht nicht immer zur Verfügung. Elektrofahrzeuge können durch ihre Batterie den Strom dann aufnehmen, wenn er zur Verfügung gestellt wird. Sie müssen nicht sofort nach dem Abstellen und Anschluss ans Stromnetz aufgeladen werden, dies kann auch ferngesteuert zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen – wenn die Sonne scheint oder der Wind bläst. Somit trägt die Elektromobilität zur Integration von Sonnen- und Windstrom in das Stromsystem bei. Für beide erneuerbare Energien besteht im Kanton Graubünden noch beträchtliches Potenzial.

Dezentrale Speicherung von Strom und Stabilisierung der Netze. Neben dem zeitversetzten Laden (negative Regelenergie) können die Batterien von Elektrofahrzeugen auch Strom ins Netz zurückspeisen (Bereitstellung von positiver Regelenergie zur Netz-Stabilisierung), was jedoch im Fahrzeug ein bidirektionales Ladegerät voraussetzt; solche Ladegeräte werden auch in absehbarer Zukunft nicht standardmässig im Fahrzeug vorhanden sein. Möglich ist alternativ auch, lokale erzeugte erneuerbare Energie in eine lokale stationäre Batterie zu speichern, welche ins Netz rückspeisen könnte. Die dezentrale Speicherung kann zur Einsparung von Kosten für Energieversorger führen, falls Netzengpässe auf der untersten Netzebene 7 drohen bzw. falls die Integration weiterer dezentraler Produktionsstandorte erneuerbarer Energien dies erfordern würde (verteilter Speicher statt Netzausbau).

Reduktion der CO₂-Emissionen aus dem Verkehr. Die Verbreitung der Elektromobilität führt dazu, dass die – im Vergleich zum schweizerischen Durchschnitt höheren – CO₂-Emissionen der Fahrzeugflotte von Graubünden sich reduzieren.

Erhöhung Wettbewerbsfähigkeit von Tourismusregionen. Die stille Alplandschaft und die saubere Elektromobilität stehen eng beieinander. Der Verein Alpmobil hat gezeigt, dass durch eine innovative Kopplung von Elektromobilität und Alpen-Ferienangeboten die Wettbewerbsfähigkeit von Tourismusregionen gesteigert werden kann. Positive Ergebnisse bezüglich Reichweite in Gebirgslandschaften wurden auch in der Modellregion VLOTTE im Voralberg erzielt. Durch eine gute Infrastruktur der Elektromobilität genügt eine Reichweite von über 100 km, um sich in den Alpen zu vergnügen und dadurch den Tourismus anzutreiben. Nicht zuletzt spielen auch Werbeeffekte über die Pionierfunktion jener Regionen eine entscheidende Rolle.

Verbesserung Luftreinhaltung, Reduktion Lärmbelastung. Die Nutzung von Elektrofahrzeugen ist lokal emissionsfrei. Die Luftqualität kann sich lokal verbessern, wenn die Fahrzeuge elektrisch betrieben werden. Dadurch bestehen grosse Potenziale im Kanton Graubünden für die Verbesserung der Lebens- und Luftqualität. Namentlich bei länger dauernden Inversionslagen können Elektrofahrzeuge auch im Kanton Graubünden einen spürbaren Einfluss haben. Kantonal wird sich erst dann eine Verbesserung der Luftqualität zeigen, wenn auch der Transit- und Tourismusverkehr elektrifiziert ist. Die Elektromobilität wird nur dann eine wahrnehmbare Reduktion der Lärmbelastung bringen, wenn sich die Fahrzeugflotte signifikant dahingehend verändert, dass sie zur Hauptsache aus kleinen elektrobetriebenen Fahrzeugen mit schmaler Bereifung besteht.

Möglichkeiten für Fachhochschulen im Rahmen von SCCER (Swiss Competence Center for Energy Research). Für die 1. SCCER-Phase bis 2017 sind die meisten Kooperationen gesetzt, für die 2. Phase 2017 bis 2020 ist es aber möglich, neue Kooperation von Fachhochschulen mit SCCER Mobility vorzuschlagen. Die Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur eignet sich mit ihren Kompetenzen in den Bereichen Tourismus, Betriebswirtschaft und Energie besonders dafür. Sie könnten ein Pilotprojekt begleiten, betriebswirtschaftliche Modelle für Energieversorger aufzeigen oder aber auch technische Beiträge leisten.

Neue Geschäftsmodelle für Energieversorger. Die Verbreitung der Elektromobilität und der vermehrte Einsatz von Elektromobilen öffnen neue Möglichkeiten für die Stromversorger. Wegen des steigenden Margendrucks sind diese auf der Suche nach zusätzlichen Erträgen und neuen Dienstleistungen. Folgende Schwerpunkte für Geschäftsfelder sind denkbar:

- **Verkauf von Ökostrom.** Das vorhandene Naturstrom-Angebot kann erweitert werden, beispielsweise mit unterschiedlichen Modulen für die Kunden: 1) Ladesäule, Lieferung von Naturstrom aus der Region; 2) Elektroauto, Ladesäule, Naturstrom aus der Region; 3) Elektroauto, Ladesäule, PV-Anlage, Naturstrom aus Sonnen- und Wasserkraft (dezentrale Lösungen).
- **Betrieb von Elektrofahrzeugen und der Ladeinfrastruktur.** Möglichkeiten bestehen bei der Planung, Realisierungen und Betrieb der Ladeinfrastruktur (sowohl öffentliche als auch private), Leasing von Ladestationen, Elektrofahrzeugen, Batterien sowie Verkauf von Elektroautos. Abrechnungssysteme wie Flatrates für den Zugang zu öffentlichen Ladestationen können eingeführt werden.

- **Innovative (Kombi)Angebote.** Energieversorger können Flotten von Elektrofahrzeugen vermieten; Flotten-Management oder Flotten-Contracting.

Neue Geschäftsfelder sind möglich, weil E-Mobility-Nutzer ein zahlungskräftiges Kundensegment in einem wachsenden, schwach regulierten Markt sind. Elektromobilitäts-Geschäftsmodelle sind somit kundenintensiv, kapitalextensiv und haben eine mittlere Umsatzrendite. Es lohnt sich bereits heute, erste Schritte zu machen, um den Markt zu erschliessen und Erfahrungen zu sammeln.

Positive Nebeneffekte für Energieversorger. Die Elektromobilität hat folgende positive Nebeneffekte für Energieversorger: 1) Positionierung im einen neuen Marktsegment (first-mover advantage), wo andere Akteure eintreten werden (Autohersteller, ICT- und Mobilitätsanbieter); 2) Marketing, Imagegewinn und Kundenbindung; 3) Erhöhung des internen Know-hows und Sammlung von Erfahrung durch den Einsatz von eigenen Elektrofahrzeugen.

6.3 Risiken und Herausforderungen

Einfluss des lokalen Klimas. Die Reichweite von Elektrofahrzeugen hängt stark von der Ausserentemperatur ab. Verantwortlich dafür ist unter anderem eine Reduktion der Speicherkapazität der Batterie bei sinkenden Temperaturen oder auch das energieintensive Erwärmen der Fahrzelle. Versuche des DEKRA Technology Centers haben gezeigt, dass sich die Reichweite bei minus 5° C um rund die Hälfte verringert, verglichen mit dem Aktionsradius bei plus 22° C (DEKRA 2011). Dies könnte für einige Regionen des gebirgigen Kantons Graubünden ein wichtiges Risiko sein.

Einfluss der Topographie. Graubünden ist der am dünnsten besiedelte Kanton der Schweiz und ist vor allem durch Berglandschaften geprägt. Zudem gibt es kaum flache und dichtbesiedelte Agglomerationen sowie grosse Städten. Dies ist keine optimale Ausgangslage für die Verbreitung der Elektromobilität.

Überforderung des bereits heute intensiv genutzten Stromnetzes. Die herkömmliche Mobilität baut auf einer unabhängigen Energieinfrastruktur auf, während sich die Elektromobilität auf das bereits heute intensiv genutzte Stromnetz abstützt. Im Kanton Graubünden sind die Stromnetze stärker radial (und damit weniger redundant) ausgelegt; bei starkem Ausbau neuer Energien können lokale Engpässe auf der untersten Netzebene auftreten; das Vorhandensein einer gewissen Anzahl Elektroautos im gleichen Netzast kann punktuell zu einem Bedarf nach Kapazitätserweiterung führen, allerdings erst langfristig. Durch zeitversetztes Laden kann dies vermieden werden, dies bedingt aber, dass der Netzbetreiber auf dieses zeitversetzte Laden zugreifen kann.

Ineffektive Subventionen und Steuerrabatte. Wenn der Markt noch angebotslimitiert ist, können auch technisch schlechte Elektrofahrzeuge von einer Förderung profitieren, was die politische Akzeptanz solcher Subventionen reduzieren kann. Insbesondere sind Förderungen von Elektrofahrzeugen umstritten, falls Elektrovelos und der ÖV nicht berücksichtigt werden.

Konkurrenzierung des ÖV und Reduktion des Langsamverkehrs (statt des Reduktion der Fahrleistung fossil betriebener Personenwagen). Elektrofahrzeuge werden eher als Zweitauto eingesetzt (vor allem in Gebirgsregionen, wo das Erstauto oft ein Vierradantrieb ist). Wenn das Elektroauto ÖV- oder Velofahrten ersetzt, treten sogenannten Rebound-Effekte ein.

Rentabilität der neuen Geschäftsmodelle für Energieversorger. Kapitel 5 zeigt, dass die Elektromobilität kurzfristig noch keine grossen Volumen ausmachen wird. Das bedeutet, dass die neuen Geschäftsmodelle eher mittelfristig rentabel sein werden und dass Vorinvestitionen notwendig sind. Zudem sind folgenden Risiken damit verbunden: 1) Entwicklung von IT-Konzepten (Know-how nötig, kostenintensiv); 2) Markteintritt von Konkurrenten (ICT- oder Mobilitätsanbieter); 3) Fehlende technische Standards für Ladesäulen und Stecker sowie konkurrenzierende, nicht interoperable Abrechnungssysteme; 4) die Mobilität ist schnelllebig als die Verteilnetze; 5) Nicht rechtzeitiges Erreichen der für die Rentabilität der Vorinvestitionen benötigten Volumina, was zum Ausbleiben von Skaleneffekten führen würde; 6) Trade off zwischen „gratis“ aufladen als Förderung der Elektromobilität und Erhöhung Absatz aus Stromverkauf.

7 Aktivitäten und Handlungsoptionen

7.1 Aktivitäten des Kantons

Der Kanton Graubünden gehört zur Organisationsgruppe des Pilotprojektes des Vereins Alpmobil. Weitere Projekte, Subventionen oder quantitative Ziele wurden bislang noch nicht festgelegt, was aber nicht bedeutet, dass die Thematik der Elektromobilität im Kanton Graubünden zukünftig keinen hohen Stellenwert haben soll. Die zwei Aufträge an die Regierung bestätigen das politische Interesse, sich aktiv an der Förderung der Elektromobilität zu beteiligen. Im Kapitel 8 werden die kantonalen Handlungsoptionen mit den bestehenden Aktivitäten des Kantons in anderen Sektoren abgeglichen.

Laut der Umfrage „Sonderbeilage Energiewende Südostschweiz“ würde für etwa zwei Drittel der Befragten ein Elektroauto in Frage kommen, vorausgesetzt die Reichweite ist gross genug, um einen Tag ohne Aufladen zu bewältigen. 95 % dieser Personen fahren im Alltag durchschnittlich weniger als 100 km. Da die Reichweite eines Elektroautos grösser ist als 100 km, käme ein Elektroauto statistisch gesehen für knapp 60 % der Befragten in Frage. Etwa die Hälfte der Befragten wäre bereit, für ein Elektroauto 10 % bis 20 % mehr zu bezahlen. Es besteht daher grundsätzlich grosses Interesse. Natürlich spielen für die Umsetzung aber auch andere Faktoren, wie beispielsweise die landesweite Ladestation-Infrastruktur oder der noch nicht weit verbreitete Allradantrieb bei Elektroautos eine entscheidende Rolle.

7.2 Handlungsoptionen für den Kanton

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Handlungsoptionen dem Kanton zur Verfügung stehen, damit die Chancen der Elektromobilität realisiert und gleichzeitig die Risiken vermieden werden. In Tabelle 6 werden die Handlungsoptionen (K1 bis K10) kurz beschrieben und nach Wirkung und Zeithorizont kategorisiert. Kurzfristig bedeutet in diesem Kontext in den nächsten 2 Jahren, mittelfristig bis 2020 und langfristig ab 2020.

Handlungsoptionen	Beschreibung	Wirkung	Zeithorizont
K1: Bonus-Malus auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer	Einführung eines verstärkten Bonus- oder eines Bonus-Malus-Systems bei der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Bereits heute bestehen in der Mehrheit der Kantone Anreize für energieeffiziente Fahrzeuge bei der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Diese könnten noch weiter verstärkt, vermehrt auf e-MIV ausgerichtet oder durch eine kostenneutrale Prämie (Bonus) beim Kauf von besonders effizienten Fahrzeugen ergänzt werden. Im Kanton Graubünden gibt es ein Bonussystem mit zwei Rabattstufen aufgrund von g CO ₂ /km-Grenzwerten. Diese Grenzwerte werden alle zwei Jahre dem Stand der Technik angepasst. Ab 1. Januar 2015 bis 31. Dezember 2016 gelten folgende Rabattstufen: <ul style="list-style-type: none"> • 60 % bei maximal 120 g CO₂/km 	hoch	kurzfristig

	<ul style="list-style-type: none"> • 80 % bei maximal 105 g CO₂/km <p>Bei Dieselfahrzeugen gilt zusätzlich, dass der Feinstaubausstoss 0.01 g/km nicht überschreiten darf. Obige Rabatte haben keine explizite zeitliche Befristung, infolge der zweijährlichen Verschärfung kann sich der Rabatt für ältere, ursprünglich rabattberechtigte Fahrzeuge mit der Zeit aber verringern oder ganz wegfallen.</p> <p>Möglich wäre, für Elektrofahrzeuge weiter gehende Rabatte einzuführen und sie klarer abzugrenzen von der Förderung effizienter Verbrennungsmotor-Fahrzeuge.</p>		
K2: Ökologisierung der Motorfahrzeugsteuerung	Ökologisierung der Motorfahrzeugsteuer: Förderung von energieeffizienten Fahrzeugen und indirekt von Elektrofahrzeugen. In den Kantonen gibt es viele verschiedene Bemessungsgrundlagen (Gewicht, Hubraum, Leistung, usw.). Im Kanton GR wird nach Hubraum besteuert (BR 870.120, Art. 1.1), da Elektromobile jedoch keinen Hubraum haben, kommt für sie die Gesamtgewichtsbesteuerung zum Einsatz (BR 870.120, Art. 1.4 bzw. 1.2) und damit für Autos bis 2000 kg Gesamtgewicht ein Steuertarif von CHF 450.50 jährlich (für jede weitere angebrochene 100 kg kommen CHF 15.10 hinzu). Die Besteuerung nach Gewicht ist für die Elektromobilität inhärent ungünstig aufgrund des wegen der Batterien systematisch höheren Gesamtgewichts.	mittel	kurzfristig
K3: Direkte Kaufsubvention für Autos oder Ladegeräte	Der Kanton kann den Kauf von Elektrofahrzeugen nicht nur mittels eines Abschlags auf die kantonale Motorfahrzeugsteuer fördern, sondern auch über eine direkte Subvention. Der Kanton Tessin hat beispielsweise im November 2014 einen Kredit von 16. Mio. Fr. für die Förderung von Elektroautos gesprochen (max. 10'000 Fr. pro Auto). Die Einführung einer gesetzlichen Grundlage ist erforderlich.	hoch	mittelfristig
K4: Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung	Vermehrter Einsatz von Elektromobilen beim Ersatz und Anschaffung von Fahrzeugen der kantonalen Verwaltung. Das führt zur höheren Akzeptanz der Elektrofahrzeuge in der Bevölkerung.	tief	mittelfristig
K5: Planung der Ladeinfrastruktur	Unterstützung von Aktivitäten zum Aufbau von Infrastrukturen für das Aufladen von Elektromobilen. Berechnung des zukünftigen, räumlichen Bedarfs an Strom und Ladestationen.	mittel	langfristig
K6: Standards, Vorschriften, Empfehlungen	Frühzeitige Installation von Leerrohren und Einplanen des benötigten Platzes für Elektrofahrzeuge-Ladeinfrastruktur bei Neu- und Umbauten erlaubt grosse Kosteneinsparungen. Unterstützung und Beratung der Bauherren, evtl. Revision der Elektro- und Bauvorschriften (Normen und Vorschriften zu Stromanschlüssen in Parkgeschossen sowie öffentliche Parkplätzen).	mittel	langfristig
K7: Information und Beratung	Organisation von Anlässen, Informationsabenden inkl. Probefahren (beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Verband e'mobile), Sensibilisierung der Garagisten.	mittel	kurzfristig
K8: Nicht monetäre Anreize	Freigabe von Sonderspuren (Bussspuren), Reservation von Parkplätzen in Shoppingzentren und Bahnhöfen, Schaffung spezieller Zonen, wo nur Elektrofahrzeuge erlaubt sind. Solche Massnahmen liegen zumeist in kommunaler Zuständigkeit, die kantonalen Bauvorschriften und übergeordnete Planung kann hier aber unterstützend wirken.	mittel	kurzfristig

K9: Pilotprojekt	Lancierung eines Pilotprojekts (beispielsweise als Modellregion). Abklären, inwiefern Unterstützung des Bundes möglich ist. Einbezug der Fachhochschule Chur.	hoch	mittel- bis langfristig
K10: Förderung E-CarSharing	Unterstützung privater Anbieter, Garagisten und Energieversorger, welche Elektroauto-Mietflotte, Ersatzfahrzeuge oder CarSharing-Modelle anbieten wollen.	mittel	kurz- bis mittelfristig

Tabelle 6: Handlungsoptionen auf kantonaler Ebene.

7.3 Handlungsoptionen für Gemeinden und Energieversorger

Tabelle 7 zeigt auf, welche Handlungsoptionen für Gemeinden und Energieversorger zur Verfügung stehen. Die Handlungsoptionen (G1 bis G7) sind kurz beschrieben und nach Wirkung und Zeithorizont kategorisiert. Kurzfristig bedeutet in diesem Kontext in den nächsten 2 Jahren, mittelfristig bis 2020 und langfristig ab 2020.

Handlungsoptionen	Beschreibung	Wirkung	Zeithorizont
G1: Schaffung von neuen Geschäftsmodellen	Stromversorger können sich aktiv engagieren und neue Geschäftsmodelle entwickeln. Eine frühe Positionierung ist sehr wichtig, da neue Akteure in den Markt eintreten werden (ICT, Migros, Automobilhersteller, die z.B. selber den Strom verkaufen könnten).	mittel	mittelfristig
G2: Finanzierung von Schnellladestationen	Förderung und Finanzierung von Schnellladestationen an strategischen Standorten.	mittel	kurzfristig
G3: Direkte Kaufsubvention	Energieversorger und Gemeinden können den Kauf von Elektrofahrzeugen mittels Rabatten subventionieren.	hoch	kurzfristig
G4: Bonus-Malus in der blauen Zone	Differenzierung der Jahresgebühren der Blaue-Zonen-Parkplätze je nach Energieeffizienz der Fahrzeuge.	mittel	kurzfristig
G5: Einsatz von Elektrofahrzeugen	Vermehrter Einsatz von Elektromobilen beim Ersatz und Anschaffung von Fahrzeugen der kommunalen Verwaltung und bei Fahrzeugflotten der Energieversorger. Das führt zur höheren Akzeptanz der Elektrofahrzeuge in der Bevölkerung.	tief	mittelfristig
G6: Planung der Ladeinfrastruktur	Unterstützung von Aktivitäten zum Aufbau von Infrastrukturen für das Aufladen von Elektromobilen auf Gemeindeebene oder auf dem Versorgungsgebiet der Energieversorger. Berechnung des zukünftigen Bedarfs an Strom und Ladestationen. Frühzeitiger Ausbau der Netze.	mittel	langfristig
G7: Information und Beratung	Organisation von Anlässen, Informationsabende inkl. Probefahrten (beispielsweise in Zusammenarbeit mit dem Verband e'mobile), Sensibilisierung der Garagisten.	mittel	kurzfristig

Tabelle 7: Handlungsoptionen für Gemeinden und Energieversorger.

8 Abgleich mit laufenden Aktivitäten und Massnahmenplänen

Im Folgenden werden die kantonalen Handlungsoptionen mit den bestehenden Aktivitäten des Kantons in anderen Sektoren abgeglichen. Insbesondere werden die Aktivitäten des Amts für Natur und Umwelt (ANU) im Rahmen des Massnahmenplans Lufthygiene des Kantons Graubünden sowie der Klimastrategie näher betrachtet.

Im Jahr 1992 verabschiedete die Regierung erstmals einen **Massnahmenplan Lufthygiene** des Kantons Graubünden (MPL). Dieser wurde im Jahr 2007 durch das Amt für Natur und Umwelt (ANU) komplett überarbeitet und aktualisiert. 28 Massnahmen zur Umsetzung wurde ausformuliert. Die vorgeschlagenen Handlungsoptionen im Bereich Elektromobilität lassen sich beziehend auf Lufthygiene wie folgt verorten:

- **K1** wurde – Sinne der Erweiterung des Bonussystems zu einem Bonus-Malus-System – im Rahmen von MPL-Massnahme A1 diskutiert und verworfen. Auch wenn man beim reinen Bonus-System bleibt, stellt sich in Abhängigkeit von K1 die Frage, ob die Gesamtgewichts-Besteuerung von Elektrofahrzeugen logisch mit einer höheren Rabattstufe im Bonus-System einher zu gehen hat.
- **K2** entspricht der MPL-Massnahme A1 „Differenzierte, emissionsabhängige Motorfahrzeugsteuern“, welche entsprechend der gesetzlichen Vorgaben im Strassenverkehrsgesetz weitergeführt wird. Während die Besteuerung nach Hubraum aus lufthygienischen Gründen sehr vorteilhaft ist, da Hubraum stark mit Normleistung korreliert, ist die Besteuerung nach Gesamtgewicht bei Elektrofahrzeugen – als Ersatzbemessungsgrundlage, weil kein Hubraum definierbar ist nicht geeignet und stellt eine Benachteiligung der Elektrofahrzeuge gegenüber vergleichbaren Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb dar.
- **K4** wird im Rahmen von MPL-Massnahme A10 „Beschaffungsgrundlagen für umweltverträgliche Fahrzeuge und Produkte“ z.T. umgesetzt.

Im Jahr 2009 wurde der erste Tätigkeitsbericht "Klimawandel im Kanton Graubünden" durch das Amt für Natur und Umwelt (ANU) veröffentlicht. Ein zweiter Bericht über die Tätigkeiten der Verwaltung im **Klimaschutz und Klimaanpassung** erschien im 2014. Die Verwaltung des Kantons Graubünden hat im 2015 drei Arbeitspapiere im Rahmen der kantonalen Klimastrategie ausgearbeitet. Ein viertes Arbeitspapier „Synthese der Herausforderungen und Handlungsfelder“ fasst die wichtigsten Resultate zusammen: Es werden zwei Handlungsgebiete im Bereich Klimaschutz und acht im Bereich Klimaanpassung identifiziert. Die vorgeschlagenen Handlungsoptionen lassen sich nur indirekt auf Klimaschutz verorten, indem die fossilen Energieträger durch erneuerbare ersetzt werden. K5 und K6 sind typische Massnahmen im Rahmen einer kantonalen Energierichtplanung, welche bei der Regierung bis anhin nicht auf fruchtbaren Boden gestossen ist. Eine Behandlung dieser Massnahmen im Rahmen der Klimastrategie wäre denkbar.

Der im 2014 veröffentlichten Bericht „**Elektrizitätswirtschaft Graubünden – Trends 2014**“ analysiert die Herausforderungen für die Wasserkraft im Kanton, im Hinblick auf die Veränderungen auf den Energiemärkten. Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Bericht, wird dem Ausbau der Elektromobilität ein grosses Potenzial zur Reduktion der schädlichen Umweltbelastungen zugesprochen. Die Wasserkraft leidet heute primär wegen den tiefen Strompreisen an der Börse. Durch die Verbreitung von Elektrofahrzeugen besteht die Möglichkeit, den Absatz von Wasserstrom zu einem attraktiven Preis im Kanton zu steigern.

Im Rahmen von zwei Workshops mit diversen Akteuren wurden die verschiedenen Handlungsoptionen auf kantonaler Ebene diskutiert und analysiert und mit den bestehenden Aktivitäten abgeglichen. Die Auslegeordnung wird im Folgenden kurz zusammengefasst:

K1: Bonus-Malus-System bei der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Bonus-Malus-Systeme haben einen Lenkungseffekt (der auch im konventionellen Bereich von Verbrennungsmotoren wirkt) und sind aufkommensneutral. Ein solches System würde eine Erweiterung der heutigen Rabatt-Stufen (60 %/80 %) auf Basis der gCO₂/km-Werte darstellen und könnte ab 1.1.2017 umgesetzt werden (jetzige Rabatt-Periode läuft bis 31.12.2016; Beschluss RR 12.09.14). **Stand:** Im Kanton Graubünden nicht umgesetzt, in sieben anderen Kantonen existieren solche Bonus- sowie Bonus-Malus-Systeme; als Massnahme grundsätzlich weiterzuverfolgen, da ihre Wirksamkeit im Bereich der Elektromobilität neu zu prüfen ist und sich unterscheiden kann von ihrer Wirksamkeit im Rahmen der Luftreinhaltung, wie sie bei der Erarbeitung des MPL bereits geprüft wurde. Massnahmen M1.1 und M1.2.

K2: Ökologisierung der Motorfahrzeugsteuer. Es gibt verschiedene Bemessungsgrundlagen (Gewicht, Hubraum, Leistung, usw.). Im Kanton GR wird nach Hubraum besteuert (BR 870.120, Art. 1.1), da Elektromobile jedoch keinen Hubraum haben, kommt für sie die Gesamtgewichtsbesteuerung zum Einsatz (BR 870.120, Art. 1.4 bzw. 1.2) und damit für Autos bis 2000 kg Gesamtgewicht ein Steuertarif von CHF 450.50 jährlich (für jede weitere angebrochene 100 kg kommen CHF 15.10 hinzu). Die Besteuerung nach Gewicht ist für die Elektromobilität inhärent ungünstig aufgrund des wegen der Batterien systematisch höheren Gesamtgewichts. **Stand:** Das wird nicht als Einzelmassnahme umgesetzt, weil es eine Änderung der Verkehrssteuer benötigt, für sich allein aber wenig Wirkung hat. Siehe Massnahme M2.

K3: Direkte Kaufsubvention für Ladegeräte oder Elektroautos. Dies wäre im Kanton Graubünden im Rahmen der Überarbeitung des Energiegesetzes möglich. Die direkte Subvention von Ladegeräte-Infrastruktur weist dabei vermutlich die höhere Effektivität auf, weil sie gezielt in die Huhn-Ei-Problematik eingreift und gebäudescharfe Förderauflagen gemacht werden können. **Empfehlung:** Kaufsubventionen von Elektroautos werden als Massnahme M3.1, von Ladegeräten als M3.2 geführt.

K4: Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung. Die Ausstrahlung des Handelns der öffentlichen Hand ist wichtig und hat Wirkung. Beispiele von solchen Ansätzen sind in Genf und St. Gallen bereits vorhanden. Die Analyse muss fahrzeugscharf erfolgen, ob eine Elektrifizierung (oder Teilelektrifizierung) möglich ist. Eine leichte Verkleinerung der Flotte (Abdeckung von Spitzennachfrage über CarSharing von Drittanbietern) führt zu kleineren Flotten und damit zu Einsparungen, welche in einem Gesamtpaket die Teil-Elektrifizierung finanzieren können. **Stand:** Teilweise umgesetzt. Im Rahmen von MPL-Massnahme A10 wurden das Flottentool *eco-fleet* und die Beschaffungsgrundlagen eingeführt. Der Standbericht (2013) zeigt jedoch, dass zurzeit nur 1 Elektrofahrzeug betrieben wird. Aus diesem Grund wäre eine stärkere Elektrifizierung der kantonalen Flotten erwünscht, um eine Vorbildfunktion der Verwaltung zu verwirklichen und die CO₂-Emissionen beträchtlich zu reduzieren. Dazu wäre auch eine Analyse des Mobilitätsverhaltens der Verwaltung sinnvoll. Massnahmen M4.1, M4.2 und M4.3.

K5: Planung der Ladeinfrastruktur. Es ist wichtig, die (aus Sicht der kombinierten Mobilität) strategisch wichtigen Standorte zu identifizieren und sicherzustellen, dass allfällige Schnellladestationen «am richtigen Ort» („am Bahnhof, nicht in der Tiefgarage nebenan“) erstellt werden. Der Kanton sollte private Aktivitäten nicht konkurrenzieren, sondern koordinierend wirken (keine direkte Subvention der Ladeinfrastruktur). Eine gute Grundlage für eine solche koordinierende Rolle des Kantons Graubünden, welche auch private Investitionen auslösen dürfte, wäre die Durchführung einer Ladeinfrastruktur-Planung (analog zu Zürich, St.Gallen und beide Basel). **Stand:** Nicht umgesetzt, kann im Rahmen der Klimastrategie umgesetzt werden. Massnahme M5.

K6: Standards, Vorschriften, Empfehlungen. Im Jahrzehnt 2020 – 2030 steigt die Nachfrage nach Lademöglichkeiten stark an und lässt sich dann nicht mehr im Rahmen der allgemeinen Neubau- und Renovationsrate abdecken. Deshalb wäre es sehr kostensparend, bereits heute den späteren Bedarf nach Elektroauto-Ladeinfrastruktur einzuplanen. Der Kanton Graubünden erlässt hier zwar selber keine Vorschriften, berät aber Bauherren und Elektroplaner auf Anfrage sowie an Info-Anlässen. Solche Informationsmaterialien und Handlungsempfehlungen für Bauherren und Elektroplaner sind auf jeden Fall weiter zu verfolgen. Der Erlass von Vorschriften zu Parkgeschossen/öffentlichen Parkplätzen ist in aller Regel in kommunaler Handlungskompetenz. **Stand:** Nicht umgesetzt, kann im Rahmen der Klimastrategie umgesetzt werden. Massnahmen M6.1 und M6.2.

K7: Information, Beratung, Ausbildung. Probefahrten haben eine wichtige Auswirkung. Elektroautos sind leicht zu fahren und machen auch Spass: das führt oft zu Erstaunen bei der ersten Fahrt mit einem Elektroauto. Solche Probefahrt-Anlässe finden über die ganze Schweiz verteilt regelmässig statt (Angebot des Verbands e'mobile) und könnten im Rahmen eines Elektromobilität-Vorgehensplans auch im Kanton Graubünden eingeplant werden. **Stand:** Zum Teil umgesetzt (der Kanton organisiert regelmässig Probefahrten). Weitere Aktivitäten sollen geprüft werden. Massnahmen M7.1 und M7.2.

K8: Nicht monetäre Anreize. Reservierte Parkplätze sind nicht nur in Shoppingzentren denkbar, sondern auch an Bahnhöfen (Beispiel Bahnhof Landquart). Bahnhof-Parkplätze gehören meistens der RhB. Die Rolle des Kantons ist hier jener des RhB-Eigners. Die Mitbenutzung von Busspuren steht im Fall des Kantons Graubünden nicht zur Debatte. **Stand und Empfehlung:** Aktuell nicht umgesetzt, mögliche Massnahmen M8.1 und M8.2.

K9: Pilotprojekt. Gute Möglichkeiten bestehen, Forschungsprojekte an der FH Chur oder im Rahmen der NRP (Neue Regionalpolitik: Plattform, welche die Aktivitäten mehrerer privater Akteure bündeln würde) anzustossen. Weiter könnten Pilot-Garagen als Multiplikator eingesetzt werden (evtl. gekoppelt mit Stromerzeugung aus Photovoltaik). Der Kanton könnte eine Rolle wahrnehmen, um solche Pilotprojekte zu initiieren. **Stand und Empfehlung:** Aktuell nicht umgesetzt, mögliche Massnahme M9.

K10: Förderung E-CarSharing und Garagen-Ersatzfahrzeuge. Die Technologien (Sharoo) und erfolgreiche Beispiele (e-Smart in Stadt Zürich) für E-CarSharing sind bereits vorhanden. Der Betrieb von Elektrofahrzeug-Mietfahrzeugen und -Ersatzfahrzeugen durch (Mehrmarken-)Garagisten hat sich in Deutschland bereits als sehr wirkungsvoll erwiesen. Wenn bestimmte Risiken übernommen werden, könnten EVUs sich aktiv betätigen. **Stand und Empfehlung:** Aktuell nicht umgesetzt, mögliche Massnahmen M10.1 (E-CarSharing) und M10.2.

9 Potenzielle Massnahmen

Im vorherigen Kapitel wurden die kantonalen Handlungsoptionen analysiert. Im Folgenden werden die Handlungsoptionen in potenziellen Massnahmen umgewandelt und in Prioritätsstufen eingeteilt (1=hohe Priorität, 2=mittlere Priorität, 3=niedrige Priorität). Die Priorisierung wurde durch AEV und ANU durchgeführt.

Massnahme	Beschreibung	Stand	Verortung
M1.1 (K1): 100 % Bonus kantonale Motorfahrzeugsteuer Prioritätsstufe: 2	Einführung eines Bonus für Elektrofahrzeuge auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Bereits heute bestehen in der Mehrheit der Kantone Anreize für energieeffiziente Fahrzeuge bei der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Diese könnten noch weiter verstärkt, vermehrt auf e-MIV ausgerichtet oder durch eine kostenneutrale Prämie (Bonus) beim Kauf von besonders effizienten Fahrzeugen ergänzt werden. <i>Nächste Schritte, um eine 100 %-Umsetzung zu erreichen: Einführung eines 100 %-Rabatts für Elektrofahrzeuge ab 1.1.2017, zeitlich befristet auf 10 Jahre; oder Einführung eines 100 %-Rabatts für Fahrzeuge unterhalb von z.B. 30 g CO₂/km (ohne explizite zeitliche Befristung).</i>	Umsetzung offen	ANU, AEV, StVA: Kantonaler Massnahmenplan Luftthygiene
M1.2 (K1): Malus-System in der kantonalen Motorfahrzeugsteuer Prioritätsstufe: 2	Einführung eines Malus-Systems für hoch emittente Fahrzeuge auf der kantonalen Motorfahrzeugsteuer. Bereits heute bestehen in mehreren Kantonen Malus-Systeme. <i>Nächste Schritte, um eine 100 %-Umsetzung zu erreichen: Einführung einer gesetzlichen Grundlage für Zuschläge für ökologisch ineffiziente Fahrzeuge, und Ergänzung der Verordnung über die Verkehrssteuer (BR 870.120) mit einem Malusystem (z.B. Zuschlag 50 % für Fahrzeuge mit g CO₂/km-Wert oberhalb von 200; periodische Anpassung der Malus-Grenze analog zu den Bonusgrenzen).</i>	Umsetzung offen	ANU, AEV, StVA: Kantonaler Massnahmenplan Luftthygiene
M2 (K2): Ökologisierung der Motorfahrzeugsteuer Prioritätsstufe: 2	Die Besteuerung der Elektrofahrzeuge nach Gesamtgewicht – als Ersatzbemessungsgrundlage, weil kein Hubraum zugeordnet werden kann – stellt eine Benachteiligung der Elektrofahrzeuge dar. Möglich wäre, für Elektrofahrzeuge entweder eine andere Ersatzbemessungsgrundlage einzuführen oder ein pauschaler rechnerischer Standardhubraum für die Berechnung der Höhe der Verkehrssteuer einzuführen. <i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Änderung von Art 1.4 der Verordnung über die Verkehrssteuer (BR 870.120)</i>	Umsetzung teilweise oder vollständig	ANU, AEV, StVA: Kantonaler Massnahmenplan Luftthygiene

	<i>==> nicht als Einzelmassnahme umsetzen, weil es eine Änderung der Verkehrssteuer benötigt, für sich allein aber wenig Wirkung hat. Nur Umsetzen zusammen mit M1.1 (100% Bonus für Elektrofahrzeuge) oder M1.2 (Malus-System), oder im Rahmen einer künftigen Gesamtrevision Verkehrssteuer.</i>		
M3.1 (K3) Kaufsubvention Elektroautos Prioritätsstufe: 2	Im Rahmen der Revision des Bündner Energiegesetzes ist zu prüfen, direkte Kaufsubventionen an Elektroautos auszurichten, diese Förderung kann abhängig gemacht werden von der Energieeffizienz des Elektroautos (Ausschluss von übermotorisierten Luxus-Elektroautos).	Umsetzung offen	AEV, Revision BEG
M3.2 (K3) Kaufsubvention Ladegeräte Prioritätsstufe: 1	Im Rahmen der Revision des Bündner Energiegesetzes ist zu prüfen, die Kosten für die Installation eines Ladegeräts (z.B. mit Typ-2-Stecker) teilweise zu fördern, und die Förderung auch abhängig zu machen vom Bezug (z.B. über 20 Jahre) von Ökostrom.	Umsetzung offen	AEV, Revision BEG
M4.1 (K4): Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung: Ist-Analyse Prioritätsstufe: 1	Vermehrter Einsatz von Elektromobilen in der kant. Verwaltung führt zur höheren Akzeptanz in der Bevölkerung. <i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Analyse des Motorisierten Individualverkehrs der kantonalen Ämter (Geschäftsverkehr) und des Pendlerverkehrs der kantonalen Angestellten (privater Pendlerverkehr), und Ableitung von Empfehlungen für den möglichen Anteil an Elektroautos in Fahrzeugflotten. Auftrag erteilt (Regierungsbeschluss 20.10.2014, Protokoll Nr. 961, Beschlussziffer 3).</i>	Umsetzung geplant	ANU, Massnahmenplan Lufthygiene
M4.2 (K4): Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung: Anpassung Beschaffungskriterien Prioritätsstufe: 1	Vermehrter Einsatz von Elektromobilen in der kant. Verwaltung führt zur höheren Akzeptanz in der Bevölkerung. <i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Kurzfristig: Revision Beschaffungskriterien, dass bei Flotten ab 3 Fahrzeugen davon auszugehen ist, dass 1/3 der Flotte durch Elektrofahrzeuge abgedeckt werden kann. Kurzfristig Revision Beschaffungskriterien in Richtung Festlegung Elektroantrieb als Standard für Personenwagen ab 2018; Beschaffung von Personenwagen mit anderen Energieträgern nur bei Nachweis der betrieblichen Notwendigkeit.</i>	Umsetzung teilweise oder vollständig	ANU, Massnahmenplan Lufthygiene
M4.3 (K4) Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Verwaltung: Ladestellen bei Amtsbauten Prioritätsstufe: 1	Vermehrter Einsatz von Elektromobilen in der kant. Verwaltung führt zur höheren Akzeptanz in der Bevölkerung. <i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Bei bestehenden Amtsbauten ist der Bau von Ladestellen zu prüfen, bei neuen Amtsbauten (z.B. Sinergia) sind sie zwingend vorzusehen.</i>	Umsetzung offen	ANU und HBA, Massnahmenplan Lufthygiene

M5 (K5): Planung der Ladeinfrastruktur (Basis-Schnellladenetz)	Unterstützung von Aktivitäten zum Aufbau von Infrastrukturen für das Aufladen von Elektromobilen. Berechnung des zukünftigen, räumlichen Bedarfs an Strom und Ladestationen.	Umsetzung offen	AEV und ARE, weitere kantonale Ämter
Prioritätsstufe: 3	<i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Bereitstellen der Planungsgrundlagen, damit Energieversorger handeln und umsetzen und ihre Investitionskosten rechnen können. Fokus auf Schnellladenetz, Ziel ist Planungsgrundlage für ein minimales Basis-Schnellladenetz zur Erreichbarkeit des ganzen Kantonsgebiets (inkl. Puschlav, Bergell usw.)</i>		
M6.1 (K6): Standards, Vorschriften, Empfehlungen: Neu-/Umbauten	Frühzeitige Installation von Leerrohren und Einplanen des benötigten Platzes für Elektrofahrzeuge-Ladeinfrastruktur bei Neu- und Umbauten erlaubt grosse Kosteneinsparungen. Unterstützung und Beratung der Bauherren, evtl. Revision der Elektro- und Bauvorschriften (Normen und Vorschriften zu Stromanschlüssen in Parkgeschossen sowie öffentliche Parkplätzen).	Umsetzung offen	ANU, AEV
Prioritätsstufe: 3	<i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Zielgruppengerechte Information der Dringlichkeit und der Anforderungen an zukunftsgerechte Tiefbau-, Parkgeschoss- und Haustechnik-Investitionen.</i>		
M6.2 (K6): Standards, Vorschriften, Empfehlungen: „Blaue Zone“	Ermöglichung von Ladestellen im bewirtschafteten öffentlichen Parkraum („Blaue Zone“): Identifikation und Behebung der rechtlichen Hindernisse, mögliche Abrechnungssysteme, usw.	Umsetzung offen	ANU, AEV
Prioritätsstufe: 2	<i>Nächste Schritte, um eine 100%-Umsetzung zu erreichen: Parkraum- und verkehrspolitische Analyse sowie Identifikation und allfällige Behebung rechtlicher Hindernisse.</i>		
M7.1 (K7): Information, Beratung	Organisation von Anlässen (z.B. „kantonaler Erlebnistag“), Informationsabenden inkl. Probefahren (beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Verband e'mobile), Sensibilisierung der Garagisten.	Umsetzung teilweise oder vollständig	AEV und weitere Partner
Prioritätsstufe: 1			
M7.2 (K7): Garagisten-Motivations-Anlass	Garagisten-Motivations-Anlass mit AGVS-Sektion Graubünden, EBP, evtl. e'mobile (mit lokalen Vertretern der wichtigsten Marken wie BMW, Nissan und Renault).	Umsetzung offen	AEV und weitere Partner
Prioritätsstufe: 3			
M8.1 (K8): Nicht monetäre Anreize: Reservierte Parkplätze	Reservation von Parkplätzen in Shoppingzentren und bei Bahnhöfen. Solche Massnahmen liegen meist in kommunaler Zuständigkeit, die kantonalen Bauvorschriften und übergeordnete Planung kann unterstützend wirken.	Umsetzung offen	ARE, kommunale Baugesetze
Prioritätsstufe: 3	Als Auflage in Baubewilligung. Verkehrsintensive Einrichtungen. Gesetztes-Grundlage PP für E-Fahrzeuge als Kompensationsmassnahme im Rahmen des Baubewilligungsverfahren.		

M8.2 (K8): Nicht monetäre Anreize: Zonen für E-Fahrzeuge Prioritätsstufe: 2	Schaffung spezieller Zonen, wo nur Elektrofahrzeuge erlaubt sind. Solche Massnahmen liegen zumeist in kommunaler Zuständigkeit, die kantonalen Bauvorschriften und übergeordnete Planung kann hier aber unterstützend wirken. Als Auflage in Baubewilligung verkehrsintensive Einrichtungen.	Umsetzung offen	ARE, kommunale Baugesetze
M9 (K9): Pilotprojekt Prioritätsstufe: 2	Lancierung eines Pilotprojekts (beispielsweise als Modellregion). Abklären, inwiefern Unterstützung des Bundes möglich ist. Einbezug der Fachhochschule Chur.	Umsetzung offen	AEV, ANU und weitere Partner
M10.1 (K10) Förderung E-CarSharing Prioritätsstufe: 2	Im Rahmen der Revision des Bündner Energiegesetzes ist zu prüfen, eine Gesetzesgrundlage zu schaffen zur Ausrichtung von Förderbeiträgen an den Betreibern von CarSharing-Systemen zur Aufnahme von Elektrofahrzeugen in ihre Flotte im Kanton Graubünden.	Umsetzung offen	EV, ANU und weitere Partner
M10.2 (K10) Förderung Elektro-Ersatzfahrzeuge Garagen Prioritätsstufe: 2	Im Rahmen der Revision des Bündner Energiegesetzes ist zu prüfen, eine Gesetzesgrundlage zu schaffen zur Ausrichtung von jährlichen Förderbeiträgen an Garagisten für den Betrieb von elektrischen Ersatzfahrzeugen im Kanton Graubünden.	Umsetzung offen	AEV, Revision BEG

Tabelle 8: Übersicht über die Massnahmen je kantonale Handlungsoptionen, priorisiert in drei Stufen.

10 Fazit

Die im voranstehenden Kapitel identifizierten und priorisierten Massnahmen zeigen, dass sowohl ein kurz- wie auch ein mittel- bis langfristig ausgerichtetes Massnahmenpaket gestaltet werden können, welche die kantonale Schlüsselrolle für die Entwicklung der Elektromobilität in Graubünden sinnvoll ausfüllen.

Es ist, auch wenn einzelne Massnahmen nicht weiterverfolgt würden, eine hinreichende Anzahl Massnahmen vorhanden, welche für sich genommen effizient sind und sich in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen können, so dass sie in ihrer Gesamtwirkung einen sinnvollen, relevanten Beitrag zur Entfaltung der Elektromobilität im Kanton Graubünden leisten können. Dabei ist stets darauf zu achten, die Elektromobilität und ihre Energieversorgung so zu fördern, dass sie insgesamt zu nachhaltigeren Mobilitäts- und Energiesysteme führt.

Die kurzfristigen Massnahmen sind mit geringen Zusatzkosten verbunden und weisen eine Schwerpunktsetzung innerhalb des bestehenden Vollzugs bzw. innerhalb bestehender Instrumente (wie z.B. Baubewilligung) auf.

Das Ziel des Handelns des Kantons ist dabei stets, nicht direkt in den Markt einzugreifen (ausser in der Vorbildfunktion-Rolle), sondern andere Marktakteure zum Handeln zu bewegen: Durch kantonale Massnahmen kann das Handeln von privatwirtschaftlichen Akteuren, Energieversorgern und Garagen ermöglicht und/oder beschleunigt.

Die identifizierten Massnahmen können so ausgestaltet werden, dass sie keine Zielkonflikte mit der bereits bestehenden Luftreinhalte-, Klima- und Energiepolitik aufweisen, sondern diese je noch unterstützen. Darum wird kein eigenständiger Aktionsplan Elektromobilität benötigt, sondern die definierten Massnahmen lassen sich Sektor-bezogen im Rahmen der bestehenden Instrumente wie *Massnahmenplan Lufthygiene*, *Energiekonzept* und *Klimastrategie* umsetzen.

A1 Literaturverzeichnis

- ANU (2006). Stand der Luftreinhalte-Massnahmen im Kanton Graubünden. Aktualisierung des Massnahmenplans.
- ANU (2013). Massnahmenplan Lufthygiene des Kantons Graubünden. Vollzugsbericht 2013.
- ANU (2015). Klimawandel Graubünden. Arbeitspapier 4: Synthese der Herausforderungen und Handlungsfelder.
- ARE und BFS (2012). Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010. 120 Seiten. ISBN 978-3-303-11254-0
- ART (2011). Stellungnahme zur Methode Umweltbelastungspunkte (UBP). Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Zürich-Reckenholz, 19. Juli 2011, 3 Seiten. Im Internet: <http://www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/01199/06392/index.html?lang=de>
- BFE (2014a). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013. Bern.
- BFE (2014b). 233'000 E-Bikes auf Schweizer Strassen - Tendenz steigend. Besucht am 18.11.2014. Im Internet: <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/-index.html?lang=de&msg-id=54695>
- BFE (2015). Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652. Elektromobilität. Masterplan für eine sinnvolle Entwicklung. Bern.
- BFS (2010). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010–2060. Neuchâtel.
- 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). Treibhausgasemissionen in der Schweiz. Entwicklung in CO₂-Äquivalente und Emissionen nach Sektore. Neuchâtel. Im Internet: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/06/ind17.indicator.1300203.13002.html>
- DEKRA (2011). Mit der Temperatur sinkt die Reichweite. Stuttgart. Im Internet: http://www.dekra.de/de/pressemitteilung?p_p_lifecycle=0&p_p_id=ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay&_ArticleDisplay_WAR_ArticleDisplay_articleID=7200581
- EBP (2014). Energieverbrauch und Energieeffizienz der neuen Personenwagen 2013. 18. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung. Im Auftrag UVEK. Bern.
- Ecoplan (2014). Verbreitung und Auswirkungen von E-Bikes in der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Bern.
- Forschungsgemeinschaft E-Scooter (2013). E-Scooter – Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz. Forschungsgemeinschaft E-Scooter: IKÄO (H. Hofmann, R. Kaufmann, O. Tschopp), EMPA (R. Widmer, M. Gauch), Interface (U. Haefeli), U. Schwegler. Im Auftrag Bundesamt für Energie. 194 Seiten.

- Frischknecht R. (2014): Umweltaspekte von Elektroautos – Ein Argumentarium. Treeze Ltd. im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Uster, 5. Februar 2014, 40 Seiten.
- ISO 14044 (2006): Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.
- Prognos (2012). Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Basel.
- TA-Swiss (Hrsg.) (2013). De Haan, P. und Zah, R.: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. Studie im Auftrag Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, Zürich, vdf, 260 S., ISBN 978-3-7281-3487-5 / Download: http://www.vdf.ethz.ch/service/3487/3488_Chancen-und-Risiken-der-Elektromobilitaet-in-der-Schweiz_OA.pdf
- Wirtschaftsforum Graubünden (2014). Elektrizitätswirtschaft Graubünden – Trends 2014.
- Wuppertal Institut (2012). Ökobilanzierung der Elektromobilität – Themen und Stand der Forschung. Wuppertal.

A2 Glossar

E-Scooter	E-Scooter sind alle Fahrzeugkonzepte mit elektrischem Antrieb, die sich nicht oder nur im Notfall mit Muskelkraft antreiben lassen, die aber nicht zu den leichten Motorwagen (Personen- und Lieferwagen) zählen.
EV (Electric Vehicle)	Fahrzeug, das ausschliesslich von einem batteriegespeisten Elektromotor angetrieben wird. EV können nur mit Strom getankt werden.
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.
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 mithilfe eines Verbrennungsmotors produzieren (> Range Extender).
ICE (Internal Combustion Engine)	Verbrennungsmotor, resp. Fahrzeug, welches mit einem 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.
LCA	Lebenszyklusanalyse, eine komplette Ökobilanz, die die Auswirkungen eines Produktes (hier Fahrzeugs) von der Produktion, Nutzung bis zur Entsorgung betrachtet
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 Hybridern.

A3 Grundlagen Modellierung

Input Daten

Abbildung 9 zeigt die historische und prognostizierte Daten zur Bevölkerungsentwicklung, Neuzulassungen und Fahrzeugbestand im Kanton Graubünden.

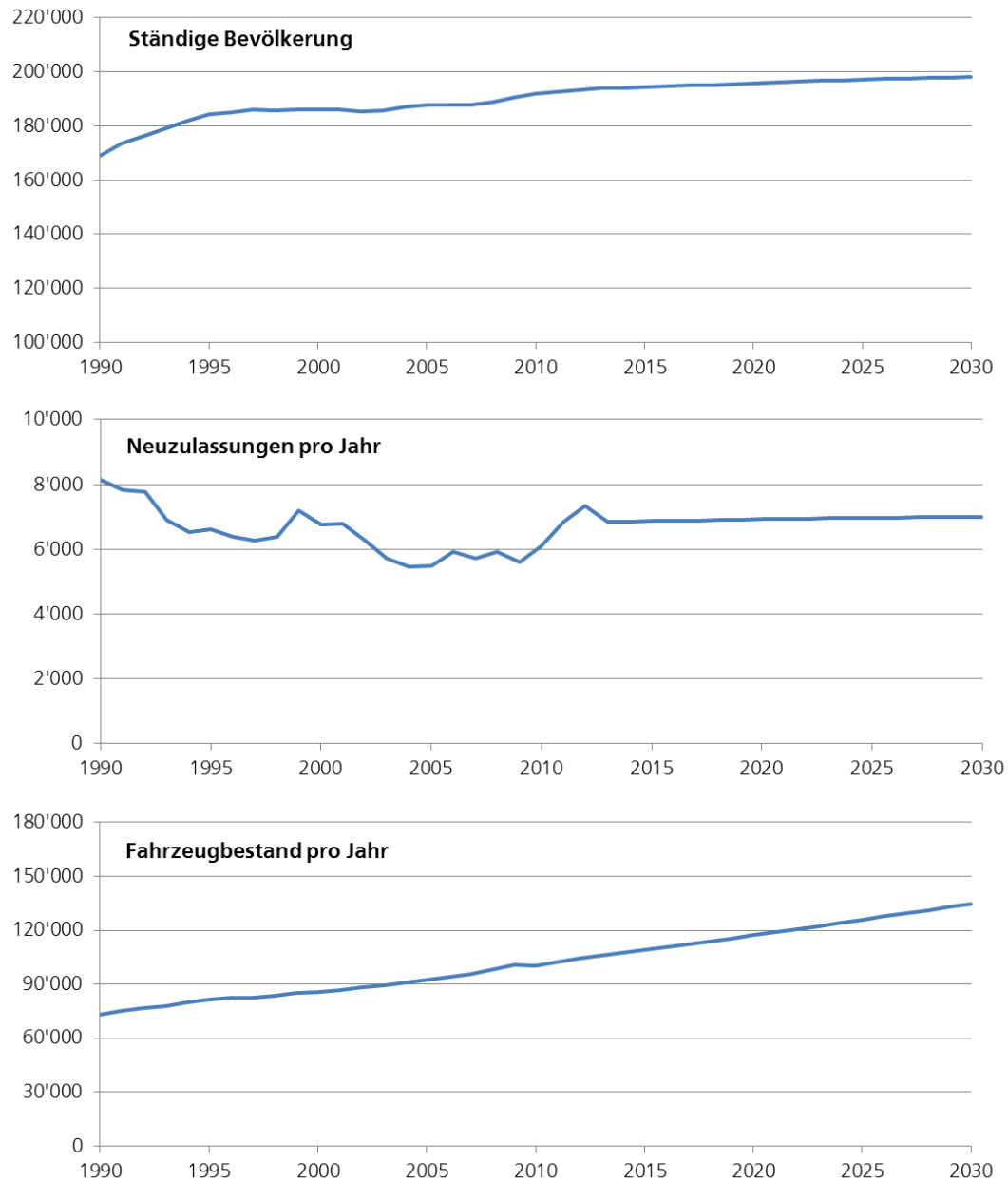


Abbildung 9: Input Daten für die Modellierung.

Neuwagenmarkt und Fahrzeugbestand im Kanton bis 2030

Neuwagenmarkt Graubünden	Szenario Business-as-Usual (BAU)				Szenario Effizienz (EFF)				Szenario Connected Mobility (COM)			
	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
ICE/HEV Kleinst- + Kleinwagen	1'461	1'439	1'430	1'408	1'463	1'551	1'583	1'433	1'462	1'546	1'539	1'229
ICE/HEV Kompaktklasse	3'561	3'634	3'590	3'357	3'558	3'654	3'455	2'954	3'558	3'633	3'324	2'563
ICE/HEV Mittel- + Oberklasse	1'798	1'794	1'744	1'590	1'801	1'586	1'377	1'108	1'801	1'583	1'320	928
PHEV L5e + L6e + L7e	0	0	0	0	0	0	5	19	0	0	5	16
PHEV Kleinst- + Kleinwagen	7	4	19	75	7	20	73	162	9	26	86	117
PHEV Kompaktklasse	11	12	51	161	10	27	101	228	9	24	80	118
PHEV Mittel- + Oberklasse	4	8	31	85	4	8	28	61	4	8	25	33
EV L5e + L6e + L7e	0	0	0	0	0	0	9	42	0	1	15	115
EV Kleinst- + Kleinwagen	7	5	21	82	8	27	126	368	10	45	263	837
EV Kompaktklasse	11	12	51	161	10	34	168	501	9	40	241	826
EV Mittel- + Oberklasse	4	7	28	77	4	10	43	121	4	12	67	213
Total PHEV + EV	44	48	201	640	43	126	551	1'501	44	156	782	2'276

Fahrzeugbestand Graubünden	Szenario Business-as-Usual (BAU)				Szenario Effizienz (EFF)				Szenario Connected Mobility (COM)			
	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
ICE/HEV Kleinst- + Kleinwagen fleet	23'433	24'927	26'478	27'928	23'435	25'373	27'910	29'863	23'435	25'353	27'668	28'640
ICE/HEV Kompaktklasse fleet	56'696	61'006	65'415	68'654	56'691	61'095	65'225	66'558	56'691	61'007	64'461	63'786
ICE/HEV Mittel- + Oberklasse fleet	28'889	30'883	32'655	33'749	28'892	30'099	29'934	28'282	28'892	30'082	29'637	27'041
PHEV L5e + L6e + L7e fleet	0	0	0	0	0	1	17	104	0	1	20	106
PHEV Kleinst- + Kleinwagen fleet	22	56	135	480	22	110	403	1'227	24	144	556	1'297
PHEV Kompaktklasse fleet	34	108	331	1'114	33	153	556	1'718	31	143	528	1'263
PHEV Mittel- + Oberklasse fleet	13	52	192	620	12	52	167	478	13	55	175	384
EV L5e + L6e + L7e fleet	0	0	0	0	0	1	26	203	0	2	50	508
EV Kleinst- + Kleinwagen fleet	24	62	153	536	25	134	606	2'348	27	203	1'268	5'292
EV Kompaktklasse fleet	36	110	332	1'114	35	178	806	3'182	33	193	1'164	5'075
EV Mittel- + Oberklasse fleet	12	48	175	564	12	55	218	799	12	66	342	1'370
Total PHEV + EV	140	434	1'319	4'430	140	683	2'799	10'060	141	807	4'102	15'296