



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung

Schlussbericht 29.01.2016

Schweizer Vertretung im IA-HEV der IEA durch den Verband e'mobile

Jahresbericht 2015



Datum: 29.01.2016

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Verkehr
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

e'mobile
Postfach 6007, CH-3001/Bern
www.e-mobile.ch

Autor/in:

Dr. Susanne Wegmann, swegmann@e-mobile.ch
Philipp Walser, pwalser@e-mobile.ch
Dr. Urs Menet, umenet@e-mobile.ch

BFE-Bereichsleitung: Rolf Schmitz, rolf.schmitz@bfe.admin.ch
BFE-Programmleitung: Martin Pulfer, martin.pulfer@bfe.admin.ch
BFE-Vertragsnummer: 51/500763-01 / REF-1081-00226

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Zusammenfassung

Im Auftrag des Bundesamts für Energie nahm der Verband e'mobile 2015 an den Sitzungen des Exekutiv-Komitees des «Implementing Agreement for Hybrid and Electric Vehicles» (IA-HEV) der Internationalen Energieagentur (IEA) teil und arbeitete im Task 1 (Informationsaustausch) sowie im Task 24 (Beurteilung der wirtschaftlichen Auswirkungen der Elektromobilität) mit. Eine Sitzung fand im Rahmen des Symposiums EVS-28 in Südkorea statt, an welchem Resultate aus verschiedenen Arbeitsgruppen (Tasks) des IA-HEV präsentiert wurden.

2015 sind drei Tasks abgeschlossen und die wichtigsten Ergebnisse präsentiert worden:

- Task 17 untersuchte die Systemoptimierung und -integration von Elektrofahrzeugen
- Task 19 befasste sich mit der Ökobilanz von Elektrofahrzeugen von der Herstellung bis zum Betrieb inkl. Stromerzeugung und zum Recycling
- Task 20 diskutierte Fragen zum Schnellladen

Ferner sind ebenfalls drei neue Tasks lanciert worden:

- Task 29 zu Elektrifizierung, Vernetzung und Automatisierung der Fahrzeuge
- Task 30 mit dem Thema Beurteilung der Umweltauswirkungen von Elektrofahrzeugen als Folgeprojekt der Task 19
- Task 31 konzentriert sich auf die unabhängige, neutrale Information zu Treibstoffen und Energieträgern für den Verkehr.

Abstract

On behalf of the Swiss Federal Office of Energy, the association e'mobile participated 2015 in the meetings of the Executive Committee of the «Implementing Agreement for Hybrid and Electric Vehicles» (IA-HEV) of the International Energy Agency (IEA). E'mobile also participated in the Task 1 (exchange of information) as well as in the Task 24 (assessment of the economic impact of electric mobility). In spring 2015, the meetings took place within the scope of EVS-28 in South Korea, where various working groups (Tasks) of the IA HEV have presented results.

In 2015, three tasks were closed and results have been presented:

- Task 17: System optimization and vehicle integration
- Task 19: Life Cycle Assessment of electric vehicles
- Task 20: Quick charging technology

Three new tasks have started in 2015:

- Task 29: Electrified, connected and automated vehicles
- Task 30: Assessment of environmental effects of electric vehicles
- Task 31: Fuels and energy carriers for transport



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract	3
Inhaltsverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Ergebnisse der abgeschlossenen Tasks	5
3. Zwischenergebnisse ausgewählter Tasks	6
3.1 Task 24: Wirtschaftliche Bedeutung der Elektromobilität	6
3.2 Task 28: Home Grids und V2X-Technologien	7
4. Neue Arbeitsgruppen	8
5. Botschaften für Entscheidungsträger	9
6. Länderpräsentationen	9
7. Highlights der EVS-28	17
8. EV-Statistik der EAFO für Europa	18
9. Literaturverzeichnis	19



1. Einleitung

Im Auftrag des Bundesamts für Energie nimmt der Verband e'mobile an den Sitzungen des Exekutiv-Komitees des «Implementing Agreement for Hybrid and Electric Vehicles» (IA-HEV) der Internationalen Energieagentur (IEA) teil und arbeitet im Task 1 (Informationsaustausch) sowie im Task 24 (Beurteilung der wirtschaftlichen Auswirkungen der Elektromobilität) mit. Der internationale Informations- und Erfahrungsaustausch soll die Markteinführung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen in der Schweiz beschleunigen und dazu beitragen, die Energieeffizienz des motorisierten Verkehrs zu verbessern respektive den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen zu senken. Für die IA-HEV ist e'mobile der Ansprechpartner in der Schweiz.

Im April 2015 erschien der Jahresbericht 2014 unter dem Titel «[The Electric Drive Delivers](#)». Neben Informationen zu Konzepten und Projekten zur Förderung der Markteinführung von Elektro- und Hybridfahrzeugen enthält die Publikation statistische Angaben zur Marktentwicklung in den knapp 20 Mitgliedsländern. Das Kapitel zur Schweiz hat e'mobile verfasst.

2015 fanden mehrtägige Meetings im Rahmen des IA-HEV im Mai in Gwangju (Südkorea) und im November in Sandton (Südafrika) statt. Anschliessend an die Sitzungen der IA-HEV in Südkorea fand in Goyang bei Seoul die EVS-28 statt, an welcher Vertreter des IA-HEV Ergebnisse aus den Arbeiten verschiedener Tasks präsentierten. Für den Task 24 sind Vorgehen und erste Resultate an zwei zusätzlichen Telefonkonferenzen diskutiert worden.

Der vorliegende Jahresbericht 2015 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Projekte und Studien, welche an den genannten Veranstaltungen präsentiert wurden, zusammen. Ergänzend zeigt er ausgewählte internationale Trends auf.

2. Ergebnisse der abgeschlossenen Tasks

Die drei Tasks 17, 19 und 20 sind 2015 wurden abgeschlossen und die Erkenntnisse an den Sitzungen der IA-HEV vorgestellt.

Task 17 untersuchte die Systemoptimierung und -integration von elektrisch betriebenen Fahrzeugen. Mit Simulationstools und Tests wurde das Potenzial bestätigt, das Gewichtseinsparungen, Verbesserungen der elektrischen Steuereinheit, Optimierung des thermischen und des Batterie-Managements immer noch haben, um die gesamte Systemleistung von Elektrofahrzeugen weiter zu erhöhen. Dadurch lässt sich die Reichweite vergrössern, die Attraktivität der Elektrofahrzeuge steigern und deren Kosten senken. Dieser Task wurde im Herbst abgeschlossen.

Task 19 untersuchte die Ökobilanz von Elektrofahrzeugen von der Herstellung, dem Betrieb inkl. Stromerzeugung bis zum Recycling und wurde mit einem Schlussworkshop im Herbst beendet. Betrachtet wurden die Emissionen von Treibhausgasen, von Feinpartikeln (PM < 10 µm) sowie das Ozon- und Säurebildungspotenzial von Elektrofahrzeugen und die Ergebnisse mit konventionellen Fahrzeugen verglichen. Die Aussagen zu den Umweltauswirkungen in den untersuchten Ländern basieren zwar auf Daten unterschiedlicher Qualität und sind deshalb etwas zu relativieren. Die Analysen zeigen aber insgesamt eine signifikante Reduktion der Treibhausgas- (CO₂, CH₄, N₂O), PM-Emissionen und potenziellen Ozonbildner (CO, NO_x, NMVOC, CH₄) gegenüber herkömmlichen Autos. Hingegen ist die Säurebildung (NO_x, SO₂) bei den Elektrofahrzeugen geringfügig höher. Für die Emissionen aus der Stromproduktion für den Betrieb der Fahrzeuge sind jene Länder berücksichtigt worden, in welchen die Fahrzeuge verkehren.



Task 20 befasste sich mit Fragen zum Schnellladen und wurde planmässig beendet. Die wichtigsten Erkenntnisse sind die Folgenden:

- Schnellladen dauert durchschnittlich 15 Minuten (Laden von 50 bis 80 Prozent der Batteriekapazität).
- Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Schnellladestationen und Elektro-Fahrzeugverkäufen in den Regionen dieser Stationen.
- Schnellladen vergrössert den Aktionsbereich rund um die Städte und schafft Korridore zwischen den Agglomerationen.
- Schnell geladen wird vorwiegend am Abend, wenn das Stromnetz bereits stark belastet ist.
- Schnelles Laden schadet den Batterien nicht mehr als Laden mit tieferen Spannungen und längeren Ladezeiten.
- Schnellladen ist heute technisch ausgereift, Geschäftsmodelle aber fehlen immer noch.
- Um- und Aufrüsten von bestehenden Schnellladestationen auf höhere Kapazitäten ist in der Fabrik einfacher und günstiger durchzuführen als vor Ort.
- Interoperabilität und Standardisierung sind für die Förderung der Schnelllade-Infrastruktur zentral.

3. Zwischenergebnisse ausgewählter Tasks

3.1 Task 24: Wirtschaftliche Bedeutung der Elektromobilität

Die Elektromobilität verfügt grundsätzlich über ein grosses Potenzial, wesentlich zur Lösungen von ökologischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Problemen beizutragen. Task 24 untersucht die Auswirkungen der Elektromobilität auf die wirtschaftliche Entwicklung und welches Wachstum im Elektromobilitätsbereich in den Mitgliederländern zu erwarten ist. Hierbei soll die Wertschöpfungskette in der Elektromobilität als Ganzes besser verstanden und das wirtschaftliche Potenzial in den einzelnen Ländern aufgezeigt werden. Neben der Schweiz beteiligen sich folgende Länder an dieser Studie: Belgien, Dänemark, Deutschland/Baden-Württemberg, Frankreich, Holland, Österreich und die USA. Der Schlussbericht wird im ersten Semester 2016 vorgelegt.

In den USA sind mehrere Studien zu diesem Thema erstellt worden. Die wichtigsten Erkenntnisse daraus sind im Frühling 2015 anlässlich einer Sitzung der Task 24 präsentiert worden. Gemäss einer Studie der Universität Maryland und der Keybridge Research LLC ist in den USA zwischen 2010 und 2030 folgende wirtschaftliche Entwicklung des Elektromobilitätssektors zu erwarten:

- Zunahme der in diesem Bereich Beschäftigten um 1,9 Millionen
- Wachstum des Netto-Bruttoinlandprodukts auf USD 281 Milliarden
- Erhöhung der Handelsbilanz um USD 127 Milliarden bis ins Jahr 2030
- Reduktion der Erdölimporte um 3,2 Millionen Barrel pro Tag im Jahr 2030
- Steuereinnahmen von insgesamt USD 336 Milliarden von 2010 bis 2030



Die Studie geht davon aus, dass im Jahr 2030 von allen Personenwagen, die auf den Strassen in den USA verkehren, 42 Prozent Elektrofahrzeuge sein werden.

Die Portland State University untersuchte 2012 den Einfluss der Elektromobilität auf die wirtschaftliche Entwicklung im Staat Oregon. Diese prognostiziert, dass in über 100 Firmen mehr als 400 Arbeitsstellen geschaffen werden, die direkt mit der Elektromobilität verbunden sind, und weitere 1500 Arbeitsstellen, die indirekt auf diese Entwicklung zurückzuführen sind.

Als Fallbeispiel für die wirtschaftlichen Auswirkungen der Elektromobilität in den USA wurde u.a. die Gigafactory von Tesla präsentiert. Diese Anlage soll Batterien mit einer Kapazität von 35 GWh pro Jahr produzieren. Ein Ziel ist, die Produktionskosten um 30 Prozent zu reduzieren. Die erforderlichen Investitionen für das Projekt dürften sich bis zum Jahr 2020 auf USD 4 bis 5 Milliarden belaufen.

Gemäss einer Untersuchung der Universität Nevada schafft die Gigafactory 6500 Arbeitsplätze mit einer Lohnsumme von USD 370 Millionen pro Jahr. Daraus resultieren durch Multiplikationseffekte zusätzlich 16'200 Jobs mit einer Lohnsumme von USD 955 Millionen pro Jahr. Gesamthaft dürften sich während 20 Jahren ein Gesamtvolumen von USD 53 bis 97 Milliarden ergeben, je nach Szenario und Annahmen bei den Multiplikationseffekten.

3.2 Task 28: Home Grids und V2X-Technologien

Task 28 untersucht V2X-Technologien auch bekannt als Kommunikation von Vehicle-to-Everything, d.h. von Fahrzeug zu Fahrzeug (V2V) oder von Fahrzeug zur Infrastruktur (V2I) und soll deren wirtschaftliche Machbarkeit abklären. Die diversen Forschungs- und Demonstrationsprojekte in diesem Gebiet sollen synchronisiert, ein Strategiebaukasten erarbeitet und eine Technologie-Roadmap erstellt werden.

In Japan gewinnen Batterien als Backup im eigenen Haushalt zunehmend an Bedeutung. Dies ist für die Nutzung von Elektrofahrzeugen im Verbund mit dem Home Grid interessant. Da Japaner öffentliche Transportsysteme bevorzugt nutzen und die Fahrzeuge entsprechend oft tagsüber zu Hause parkiert sind, ergibt sich hier, anders als in den USA oder Europa, ein grosses Potenzial.



4. Neue Arbeitsgruppen

Task 29: Elektrifizierte, vernetzte und automatisierte Fahrzeuge

Die Elektrifizierung der Antriebsstränge kann von der Entwicklung der autonomen Fahrzeuge profitieren. Ebenso werden Informations- und Kommunikationstechniken für den Strassenverkehr immer wichtiger. Somit ergeben sich willkommene Synergien in den Bereichen Technik, Geschäftsmodelle, Auswirkungen des Fahrverhaltens und Energieeffizienz. Task 29 bezweckt, das Potenzial dieser Synergien zu untersuchen, den Bedarf für Forschung, Entwicklung und Standardisierung zu ermitteln und den allfälligen Handlungsbedarf für die Industrie und die Behörden aufzuzeigen. Drei mögliche Schwerpunkte wurden genannt: Wie wirken sich autonome Fahrzeuge auf den Verkehrsfluss und den Bedarf für Parkplätze aus? Fördern diese Fahrzeuge das Car-Sharing respektive reduzieren sie langfristig den Anteil von Fahrzeugbesitzern? Welche Rolle spielt der öffentliche Verkehr?

Task 30: Beurteilung der Umweltauswirkungen von Elektrofahrzeugen

Nach dem erfolgreichen Abschluss von Task 19 mit dem Fokus auf der Prozesskette wird eine vertiefte Analyse der Umweltauswirkungen empfohlen, was in dieser neuen Task umgesetzt wird. Die erfolgreiche Arbeitsmethodik mit offenen Workshops soll auch hier fortgesetzt werden. Vorgesehen sind folgende Themenbereiche: Auswirkungen auf Wasser, Luft, Landnutzung, Ressourcen, Abfälle sowie die gesamten Umweltauswirkungen und ihre Bewertung.

Task 31: Treibstoffe und Energieträger für den Verkehr

Für den europäischen Verband AVERE gibt es zu wenig aktuelle, einfach verständliche Daten von unabhängiger Seite über die Elektromobilität, auf welche sich die politischen Entscheidungsträger abstützen können. Task 31 soll eine Übersicht über wichtige Kennwerte zu den verschiedenen Treibstoffen und Antriebskonzepten für Entscheidungsträger erarbeiten. Ferner werden relevante Szenarien zukünftiger Entwicklungen und Trends aufgezeigt.

Weitere vorgeschlagene Themen

In Ergänzung zu den beschlossenen Tasks hat das technische Komitee folgende Themenbereiche vorgeschlagen:

- Vorteile von 48-V-Systemen für Antriebsstränge und Zubehör
- Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen wie Gabelstapler und Bagger
- Synergien zwischen Elektrobooten und Elektrofahrzeugen
- Treibstoffe für Plug-in-Hybridfahrzeuge
- Strategien für die Entwicklung der Ladeinfrastruktur

5. Botschaften für Entscheidungsträger

Auf Wunsch der EUWP (Arbeitsgruppe Energie-Endverbrauch-Technologien) der IEA hat die IA-HEV in Korea die wichtigsten Erkenntnisse aus den einzelnen Tasks sowie den ExCo-Sitzungen für das Komitee für Forschung und Technik der IEA (CERT) und für politische Entscheidungsträger zusammengefasst. Diese wurden anlässlich der Sitzungen in Korea in fünf Arbeitsgruppen erarbeitet. Die wichtigsten Erkenntnisse sind die Folgenden:

- Elektrofahrzeuge sind keine Nischenprodukte mehr. Ende 2015 dürfte weltweit über eine Million Elektrofahrzeuge auf den Strassen verkehren.
- Beim Kauf eines Elektrofahrzeugs ist der Anschaffungspreis der ausschlaggebende Entscheidungsfaktor. Er ist wichtiger als die Betriebskosten und das Umweltbewusstsein.
- Finanzielle und organisatorische Kaufanreize funktionieren. Dies wird durch die Tatsache, dass über 20 Prozent der neuen Fahrzeuge in Norwegen elektrisch angetrieben werden, eindrücklich belegt.
- Stadtverbunde sind entscheidend für den Einbezug von Elektro-LKWs und -Bussen. Sie ermöglichen grössere Bestellungen sowie einheitliche Vorschriften und Anforderungskataloge.
- Energievorschriften sollten zukünftig die Monetarisierung von V2X-Technologien ermöglichen.
- Elektrofahrzeuge, smart Grids und erneuerbare Energien sollten von den Regierungen thematisch gemeinsam betrachtet werden.
- Die Kombination von öffentlichem Verkehr und Miet-E-Bikes ist ein Erfolgsmodell.
- Dienstleistungen im Mobilitätsbereich werden immer wichtiger und der Besitz von Fahrzeugen nimmt an Bedeutung ab.
- Regierungen und Verwaltungen müssen stabile und langfristige Rahmenbedingungen schaffen, bevor der Markt spielt.
- Eine öffentliche Ladeinfrastruktur ist für Fahrten innerhalb und zwischen den Agglomerationen nötig und unterstützt die Entwicklung des Elektrofahrzeugmarkts.
- Der wichtigste Faktor zur Maximierung der Umweltvorteile von Elektrofahrzeugen ist der Einsatz von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen.
- Die Elektromobilität bewirkt eine signifikante Reduktion von Treibhausgas- und Feinpartikel Emissionen sowie der Vorläufersubstanzen von Ozon. Nur die Säurebildung nimmt geringfügig zu.

6. Länderpräsentationen

Nachfolgend werden einige interessante Entwicklungen zur Förderung der Elektromobilität in den Mitgliedsländern der IA-HEV zusammengefasst.



Norwegen: Erfolgsstrategie für die Elektromobilität

Der Erfolg der norwegischen Elektromobilität basiert im Wesentlichen auf der Streichung der Mehrwertsteuer für Elektrofahrzeuge, bis deren preisliche Konkurrenzfähigkeit erreicht ist. Für den Staat sind die Kosten anfänglich zwar hoch, dies wird sich später aber in Form von tieferen Emissionswerten und entsprechenden Folgekosten wieder auszahlen. Die norwegische EV-Strategie umfasst namentlich folgende Massnahmen:

- Keine Steuern auf dem Kaufpreis, die bei konventionellen Fahrzeugen sehr hoch sind
- Befreiung von den 25 Prozent Mehrwertsteuern, neu auch für das Fahrzeugleasing
- Tiefe Motorfahrzeugsteuer, Für Firmen Reduktion um 50 Prozent
- Keine Strassen- und Fähregebühren
- Gratisparkieren auf städtischen Parkplätzen
- Benutzung der Busspuren

Bis April 2015 wurden in Norwegen 50'000 Elektrofahrzeuge verkauft. Der wichtigste Kaufgrund für Elektrofahrzeuge sind Kosteneinsparungen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen.

Die Erdölindustrie hält sich mit Widerstand zurück, da die Entwicklung der Elektrofahrzeuge bisher keine negativen Auswirkungen auf ihr Geschäft hatte. Probleme mit Exporten von günstigen Elektrofahrzeugen in umliegende Länder wurden keine festgestellt, da in Norwegen die Fahrzeugnachfrage das Angebot übersteigt. Auch spielt der Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur eine untergeordnete Rolle, weshalb die staatliche Unterstützung diesbezüglich reduziert und reorganisiert wurde.

Besitzer von Elektrofahrzeugen investieren in die eigene Stromerzeugung. Sie installieren in Norwegen 90 Prozent der neuen Solarpanels. Offensichtlich sensibilisiert die Beschaffung eines Elektromobils die Käuferschaft für ökologische Fragen. Für Langstrecken werden Zweitfahrzeuge benutzt, die in den meisten Haushalten vorhanden sind.

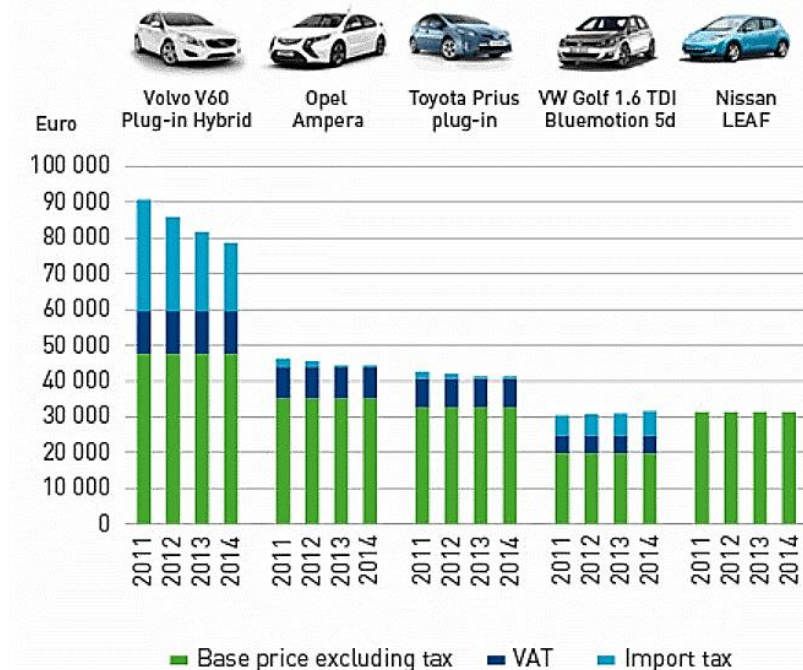


Abbildung 1: Entwicklung des Kaufpreises für Elektrofahrzeuge in Norwegen von 2011-2014 (BEVs are completely tax exempt. Same base priced used for all years to show effect of taxation changes; Quelle: EV Norway)

Deutschland: Modellvielfalt und politischer Konsens

Die Ziele für Deutschlands Elektromobilität sind ambitioniert: 2020 sollen eine Million Elektrofahrzeuge auf den deutschen Strassen verkehren.

In Deutschland belebt eine wachsende Modellvielfalt von PHEVs und BEVs der grossen Hersteller im Lande den Elektromobilmarkt. Bis 2018 sollen 23 neue Modelle auf den Markt kommen, darunter sind sieben reine Elektrofahrzeuge. 19'000 Elektro-Fahrzeuge wurden von Oktober 2014 bis September 2015 verkauft. Der Anteil von alternativen Fahrzeugen am Gesamtmarkt ist mit 1,7 Prozent von total 3 Millionen Neuzulassungen zwar noch bescheiden, die Wachstumsraten sind aber vor allem bei den PHEVs mit 142 Prozent beachtlich.

Am 12. Juni 2015 trat das Elektromobilgesetz (EmoG) in Kraft. Es schafft die erforderlichen gesetzlichen Rahmenbedingungen. Als privilegierte Fahrzeuge gelten solche mit maximal 50 g CO₂/km im NEDC- oder 30/40 km im AER-Zyklus (all electric range). Sie erhalten zur Erkennung besondere Nummernschilder, Parking-Privilegien, dürfen Busspuren benutzen und haben Zugang zu für konventionelle Fahrzeuge gesperrte Gebiete.

Am 28. Oktober 2015 hat die Bundesregierung die gesetzliche Verordnung bezüglich Ladeinfrastruktur verabschiedet. Für AC-Laden werden zumindest ein Typ 2 und für DC-Laden ein CSS Combo-Stecker gefordert. Ferner müssen Ladestationen registriert werden. Infrastruktur-Pläne sehen bis Mitte 2017 insgesamt 600 CSS-Schnellladestationen in Agglomerationen und entlang der Autobahnen vor. Zusätzlich sind 400 Wasserstoff-Tankstellen bis 2023 zu errichten.

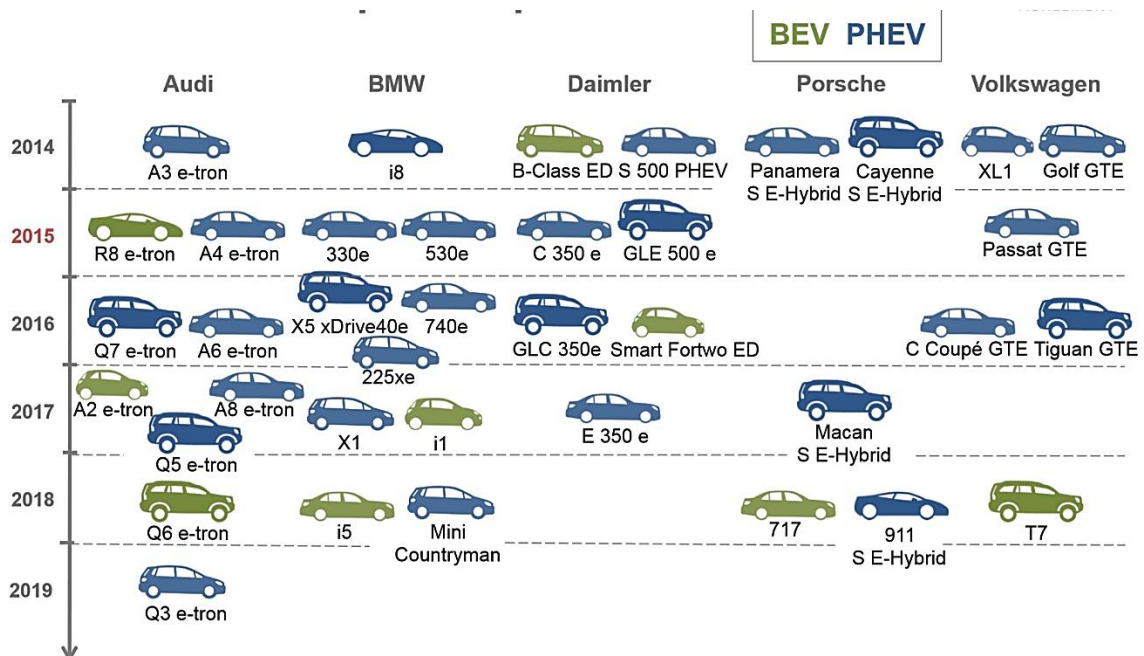


Abbildung 2: Produktpalette von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen von deutschen Herstellern (Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)



USA: Batterieforschung

2014 wurden in den USA Lithium-Ionen-Batterien mit einer Kapazität von 2,65 GWh für Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb verkauft. Die Entwicklung von Batterien und anderen elektrochemischen Speichern wird mit grossem Aufwand gefördert, um die breite Markteinführung von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen.

Zurzeit laufen über 50 Batterie-Forschungsprogramme in Labors von Universitäten, Industrie und nationalen Forschungszentren, um die optimalen Material-Zusammensetzungen für Batterien zu finden, die maximale Leistungsdichten und Kostensenkungen erlauben. Die Untersuchungen umfassen Modellierungen der Elektrode, Zellenanalyse, Silikon-Kathoden, flüssige und feste Elektrolyte, Schwefel-Elektroden, Lithium-Luft- und Natrium-Ion-Batterien, Li-Metall-Anoden, neue Architekturen mit Nanotubes, Nanodrähte und funktionale Beschichtungen.

Der Fokus der Forschungsprojekte liegt auf 12V Start/Stopp-Systemen sowie Energiespeicher für Hybrid-, Plug-in-Hybrid- und reinen Elektrofahrzeugen. Fortschritte in der Batterietechnologie sollen die Reichweitenangst vermindern, Treibstoffgase reduzieren und helfen, den Treibstoffverbrauch zu senken. Das Ziel ist es, bis 2025 den durchschnittlichen Verbrauch aller Personenwagen von 54,5 MPG gemäss dem Flottenstandard (CAFE) zu erreichen.

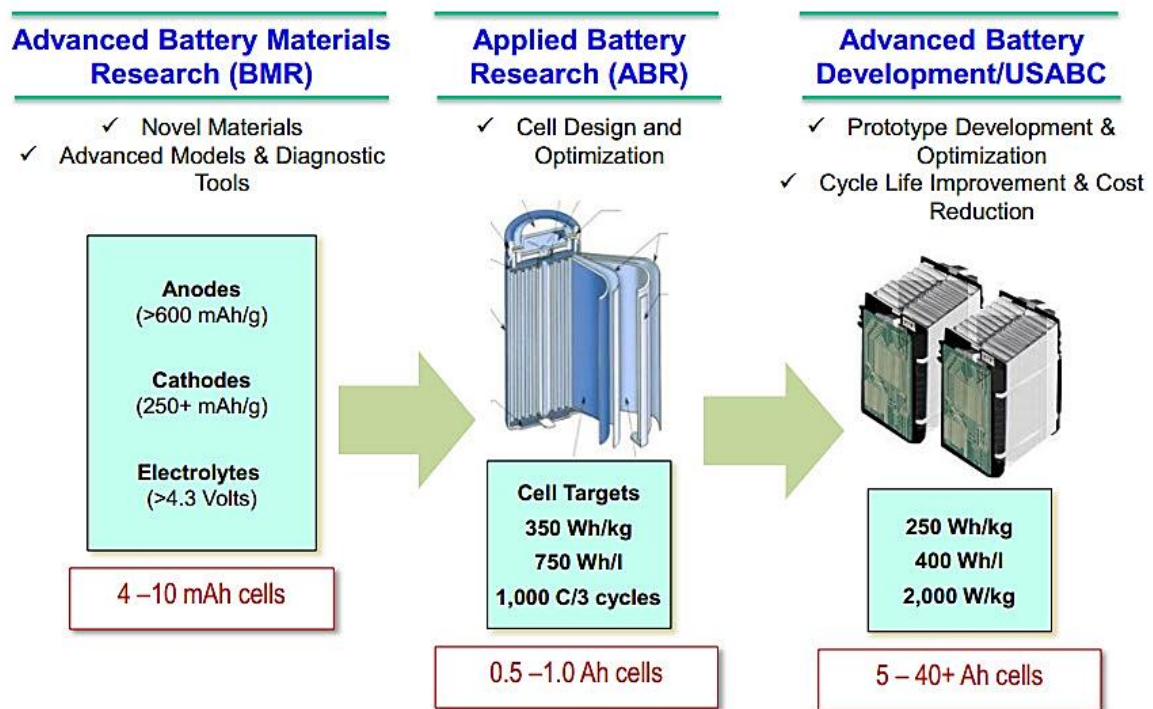


Abbildung 3: Schwerpunkte in der Forschung und Entwicklung von Batterien mit einem optimalen Preis/Leistungsverhältnis in den USA (Quelle: U.S. Department of Energy)

Korea/Hyundai: Brennstoffzellen

Als Gastgeberland der Frühlingsitzungen 2015 gaben Vertreter von Südkorea einen umfassenden Überblick über die Aktivitäten im Bereich Elektromobilität: Die Region Gwangju warb für den Hub einer umweltfreundlichen Automobilproduktion. Das Institut für Energie, Technologieplanung und Evaluation KETEP stellte Korea's Energietechnologie-Strategie vor. Das Umweltministerium warb für das koreanische Programm für Elektrofahrzeuge. Von besonderem Interesse war die Präsentation des Autoherstellers Hyundai. Dieser setzt stark auf die Entwicklung von Antriebskonzepten für Brennstoffzellen-Fahrzeuge.

Die Leistung der Brennstoffzellen hat sich seit den Anfängen stark gesteigert. Verglichen mit der ersten Entwicklung von William Grove von 1839 nahm die Leistung der Brennstoffzellen bis 2008 um das 100-fache und bis 2014 um das 140-fache zu. Bis 2020 wird die 200-fache Leistung erwartet.

Der erste Brennstoffzellen-Van von General Motors erreichte 1966 noch eine Reichweite von 240 km, 2015 erzielte Toyota's Mirai eine Reichweite von 700 km. Langzeittests auf öffentlichen Strassen zeigten eine ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen Labor- und Fahrzeugdaten. Hyundai führt in Korea, den USA und Europa seit 2004 Demonstrationsprojekte und Flottentests durch.

Die Kosten für Brennstoffzellen sind gemäss Hyundai vor allem auf die aufwändige Membran zurück zu führen. Diese sind auch aufgrund der kleinen Produktionsvolumen zurzeit noch sehr hoch. Als Ziel für die Lebensdauer gibt der Konzern 15 Jahre und 7500 Betriebsstunden respektive 300'000 km Fahrleistung an. Als Hauptursachen für die Degradation der Zellen erwiesen sich Kohlenstoff-Korrosion, Ionomer-Kontamination und die Zersetzung der Membran.

Das Interesse der Öffentlichkeit an der Brennstoffzellen-Technologie ist noch gering. Es gilt Ängste vor dem Wasserstoff abzubauen, der immer noch stark mit der Wasserstoffbombe in Verbindung gebracht wird. Für diese Technologie sind entsprechende Förderprogramme aufzubauen.

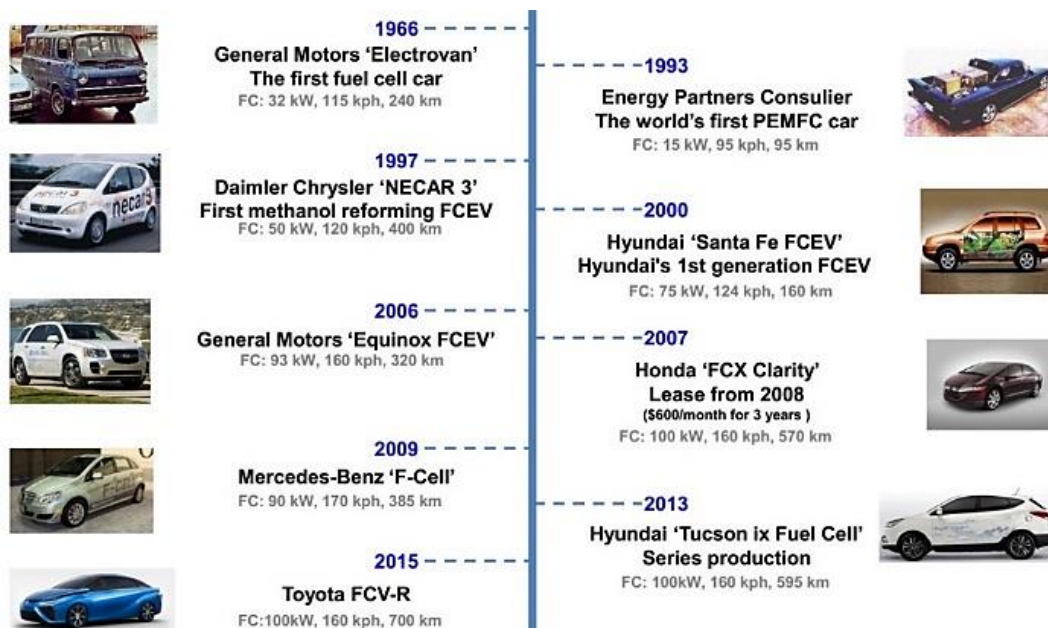


Abbildung 4: Geschichte der Brennstoffzelle (Quelle: HYUNDAI Motor Group)



Japan: Subventionsstrategien

Auch gemäss dem japanischen Ministerium für Ökonomie, Handel und Industrie schneiden Elektrofahrzeuge verglichen mit Fahrzeugen, die mit fossilen Treibstoffen betrieben werden, in der «Well to Wheel»-Analyse bezüglich der CO₂-Emissionen vorteilhaft ab. Voraussetzung ist jedoch, dass möglichst CO₂-frei generierter Strom verwendet wird.

Im Zeitraum von 2020 bis 2030 wachsen die nach japanischen Quellen prognostizierten weltweiten Marktanteile der Elektrofahrzeuge von 2 auf 8 Prozent, der Plug-in-Hybridfahrzeuge von 5 auf 20 Prozent, der Brennstoffzellen-Fahrzeuge von 0 auf 2 Prozent und der Hybridfahrzeuge von 9 auf 22 Prozent. Im gleichen Zeitraum reduziert sich der Anteil der Benzinfahrzeuge von 73 auf 38 Prozent und jener der Dieselaautos von 9 auf 6 Prozent.

Für die Förderung der Elektromobilität setzt Japan auf Subventionen, bis sich der Markt selber reguliert. Für den Kauf von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen gibt es bis zu USD 7'100 und für Brennstoffzellen-Fahrzeugen sogar bis USD 17'000.

Zwar sind in Japan bereits 10'000 Ladestationen installiert. Das landesweite Netzwerk soll jedoch weiter ausgebaut werden. Der Staat unterstützt dies mit Beiträgen von insgesamt USD 250 Millionen und mit der Übernahme von bis zu zwei Dritteln der Infrastrukturkosten. Interessierte konnten sich von März bis Oktober 2015 für Beiträge bewerben. Schwerpunktmässig sollen DC-Schnellladestationen entlang der Autobahnen, Highways und Einkaufszentren und AC-Ladestationen bei Firmensitzen und Hotels installiert werden.

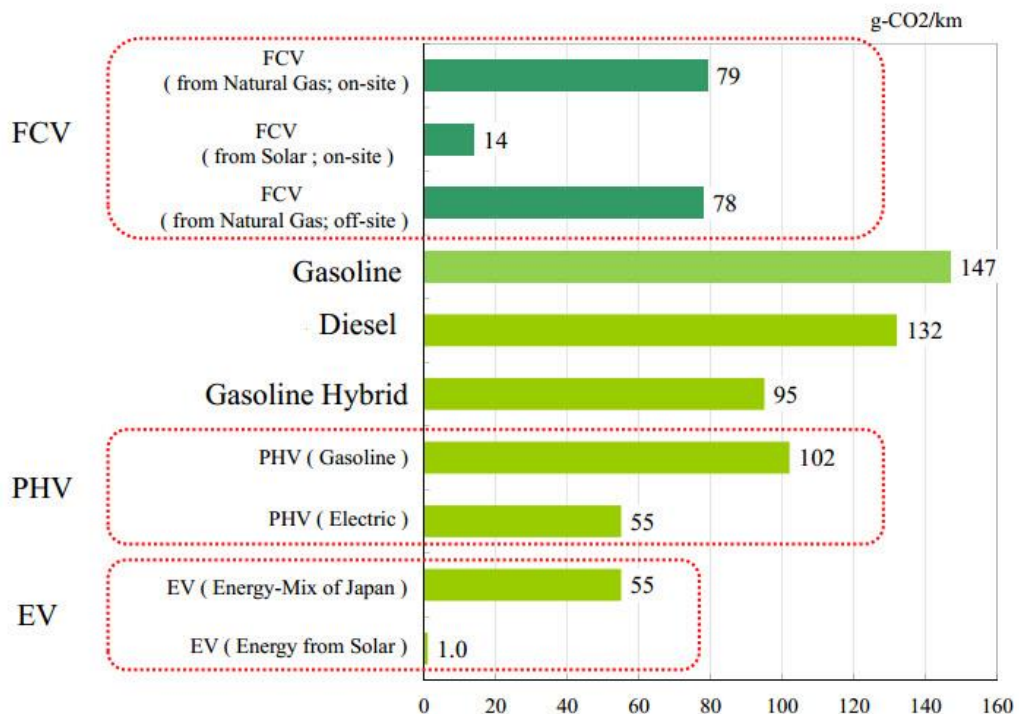


Abbildung 5: CO₂-Emissionen in der «Well to Wheel»-Betrachtung von Japan (Quelle: JARI Japan Automobile Research Institute)

Holland: Ziele, Projekte und Entwicklungen

Holland will ab 2035 nur noch Nullemissions-Fahrzeuge zulassen und ab 2050 sollen nur noch solche Fahrzeuge auf den Strassen verkehren. Kurzfristige Ziele beinhalten, dass bis 2020 10 Prozent und bis 2025 sogar 50 Prozent der Fahrzeuge einen elektrischen Antrieb besitzen. Ein landesweites Ladeaktionsnetz und 10'000 Vollzeitstellen in der Elektromobilität im Jahr 2020 sollen die Spitzenstellung Hollands in diesem Bereich festigen. Politischer Support und finanzielle Anreize durch Steuerbefreiung und «Environmental Investment Rebates» von bis zu € 4500 sollen die Entwicklung ankurbeln. Bis September 2015 waren rund 17'000 öffentliche und halböffentliche Ladepunkte installiert und 62'000 BEVs, PHEVs und EREVs verkehrten auf den Strassen. Davon waren 9000 reine Elektrofahrzeuge.

In der Gemeinde Lochem wurde mit einem Smart Grid experimentiert. Das Ziel war, die Bevölkerung dazu zu motivieren, ihren Energieverbrauch zu reduzieren, auf eine eigene Stromversorgung mit Solarpanels zu setzen und Elektrofahrzeuge zu benutzen. Mit dem Pilotprojekt sollten die Auswirkungen auf die Nachfrage, Versorgung und Steuerung im Stromnetz getestet werden. Mit gezielter Überlastung durch gleichzeitige Belastung durch Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Elektrogeräte wurde ein Zusammenbruch des Stromnetzes herbeigeführt. Dadurch wurden aufschlussreiche Erkenntnisse zur potenziellen Überlastung des Stromnetzes als Folge von variablen Stromtarifen und gesteigerter Nachfrage gewonnen. Die Sensibilisierung für Energiefragen und der soziale Zusammenhalt in der Gemeinschaft nahmen in der Folge stark zu. Mit einer App haben die Einwohner Echtzeitzugriff auf Informationen zu ihrer aktuellen Stromerzeugung und zum Verbrauch. Die Einwohner kauften in der Folge auf eigene Initiative hin auch neue Fahrzeuge für ihr Car-Sharing.

In Utrecht wurde das Projekt LomboXnet durchgeführt und im Juni 2015 die erste V2G-Ladesäule (vehicle to grid) eröffnet. Damit lassen sich die Batterien der Elektrofahrzeuge für das Stromnetz nutzen. Stolz ist man in Holland auch auf die 18 Studententeams, die mit Unterstützung der Industrie mit ihren innovativen Elektro- und Solarfahrzeugen bei Rennen auf der ganzen Welt teilnehmen.



Abbildung 6: Elektrotaxis vor dem Flughafen Schiphol in Amsterdam (Quelle: Ministry of Economic Affairs, Netherlands)



Schweiz: Präsentation der Erkenntnisse aus dem Projekt KORELATION

Philipp Walser von der Fachstelle für Elektrofahrzeuge des Verbands e'mobile präsentierte die Schlussfolgerungen des Projekts KORELATION, das EnergieSchweiz und mehrere Partner aus der Privatwirtschaft unterstützt haben. 146 Fahrer und 199 Steckerfahrzeuge nahmen während 18 Monaten am Projekt teil. Dabei beantworteten sie Fragen zu Energiebezug und Rahmenbedingungen und tauschten sich an drei Meetings untereinander aus. Die Ergebnisse sind in einem ausführlichen Schlussbericht sowie zusammenfassend in einem Studien-Booklet auf Deutsch und Französisch veröffentlicht worden.

Dank deutlich tieferen Energiekosten reduzieren sich die Betriebskosten für Elektrofahrzeuge mit zunehmender jährlicher Fahrleistung. Die jährlich zurückgelegte Distanz von Elektrofahrzeugen ist lediglich um 10 Prozent tiefer als die durchschnittliche Fahrleistung von PKWs in der Schweiz. Die Reichweite der Elektrofahrzeuge war ausreichend für Fahrten im Alltag. Öffentliche Ladestationen nutzten Teilnehmenden des Projekts KORELATION nur selten. Das Bedürfnis nach einem Ausbau der Ladeinfrastruktur besteht eher bei Privatpersonen als bei Firmen, wobei der Fokus auf Schnellladen liegen sollte.



Abbildung 7: Die Teilnehmer am Projekt KOREALTION trafen sich 2014 mehrmals in der Umwelt Arena in Spreitenbach zum Erfahrungsaustausch. (Quelle: e'mobile)



7. Highlights der EVS-28

Vom 3. bis 6. Mai 2015 fand in Goyang, Südkorea, die EVS-28 statt, an welcher über 2000 Personen teilnahmen und rund 180 Vorträge gehalten sowie ebenso viele Poster-Sessions durchgeführt wurden. Zwar befassten sich einige Präsentationen mit autonom fahrenden Fahrzeugen und Brennstoffzellen-Autos. Im technischen Bereich standen jedoch Themen wie Leistungselektronik inklusive des starken Trends von einem zu zwei Motoren, neue Konzepte für Reluktanzmotoren, regeneratives Bremsen, Effizienzsteigerung sowie Kühlung von Motor und Wechselrichter im Vordergrund.

Was die Nachfolge der Lithium-Ionen-Batterien anbelangt, gab es in Korea zwar einige Lichtblicke, aber niemand rechnete mit einem kommerziellen Durchbruch innerhalb der nächsten fünf Jahre. Die Lithium-Ionen-Batterietechnik haben jedoch noch Luft nach oben und werden bis 2025 dominant bleiben, meinten die Fachleute. Es wurde mit Kosten von USD 200 pro kWh und mit weiteren Verbesserungen bezüglich der Reichweite gerechnet.

Im Fokus standen auch 48V-Systeme sowohl für konventionelle als auch für elektrische Fahrzeuge. Bei Elektrofahrzeugen setzten die Forscher zur Steigerung der Effizienz aber auf noch höhere Spannungsstärken bis 700V.

Dass das Laden von Elektrofahrzeugen noch immer zu langsam und zu schwer zugänglich ist, darüber herrschte unter den Fachleuten Einigkeit. Das Aufladen zu Hause und an Zielorten sei die Norm. Dies erschwere es aber, die Ladeinfrastruktur für unterwegs zu finanzieren. Dies gelte auch für die Wasserstoff-Infrastruktur mit den über 10-fachen Kosten. Erschwerend komme dazu, dass ein wachsender Prozentsatz von Leuten in städtischen Wohnungen ohne Zugang zu eigenen Ladestationen lebt. Beim induktiven statischen Laden sind gemäss den Präsentationen einheitliche Standards sowie zunehmend auch hohe Stromstärken in Sicht.

Was das Potenzial der Brennstoffzellen-Fahrzeuge betrifft, zeigte sich in Korea kein Konsens. Hyundai sah für diesen Antrieb eine grosse Chance im Schwerverkehr und im Einsatz für Langstrecken. Nach Mercedes Benz kommt es hingegen in den kommenden Jahren zu einem Wettbewerb zwischen Brennstoffzellen und reinen Elektrofahrzeugen. Auf technischer Ebene wurden bei den Brennstoffzellen grosse Fortschritte bezüglich der Kaltstarteigenschaften und der On-Board-Wasserstoffspeicherung präsentiert.

Neben den technischen Themen waren an der EVS-28 soziale, ökologische, organisatorische, politische, standardrelevante und logistische Themen gut abgedeckt.

An den Plenarsitzungen unterstrichen die Autohersteller ihr Engagement für Hybrid- und reine Elektrofahrzeuge. Hyundai gab bekannt, bis 2020 mehr als 22 neue Modelle mit Elektro- oder Hybridantrieb auf dem Markt einzuführen und Mercedes-Benz versprach 10 Plug-in-Hybride bis 2017.

Einig waren sich die Fachleute, dass das Verkaufswachstum von reinen Elektroautos in den letzten Monaten von 50 Prozent und mehr einen grossen Aufschwung für 2020 ankündet. Dann werden viele zahlbare Modelle Reichweiten von 300 bis 500 Kilometer erzielen und die Wiederverkaufspreise attraktiv sein. Rund um den Globus und in den Städten gross im Kommen seien zudem reine Elektrobusse.



8. EV-Statistik der EAFO für Europa

Im Dezember 2015 ist der erste Newsletter des Projekts European Alternative Fuel Observatory (EAFO) erschienen. Dies ist ein neues Projekt der Europäischen Kommission, das der europäische Verband AVERE leitet und eine zentrale Anlaufstelle für Daten und Informationen zur Marktentwicklung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb in Europa schaffen soll. Betrachtet werden vorerst Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellen-Fahrzeuge. In einer zweiten Phase werden auch Erdgasfahrzeuge und andere alternative Treibstoffe abgedeckt.

Die erste Ausgabe des Newsletters befasste sich vor allem mit der Entwicklung des Elektromobilmarktes in Europa. Die wurden im Sommer und Herbst 2015 erhoben und deckten auch die Schweiz ab. Gemäss dem Newsletter soll der Marktanteil der Elektrofahrzeuge in Europa die magische Schwelle von einem Prozent Ende 2015 überschritten haben. AVERE schätzt, dass die Verkaufszahlen 2015 insgesamt 165'000 Fahrzeuge erreichen, wovon 57 Prozent BEVs und 43 Prozent PHEVs sein dürften.

Bei den Neuzulassungen in der ersten Jahreshälfte 2015 erzielten die Elektro-PWs in Norwegen mit 20 Prozent und in Holland mit 5 Prozent in Europa den höchsten Marktanteil. Die grössten Wachstumsraten zeigten sich aber in Schweden mit über 50 Prozent gegenüber der Vorjahresperiode und vor allem in der Schweiz, wo sich die Verkäufe im ersten Halbjahr verglichen mit 2014 sogar fast verdreifachten. Die Autoren des Newsletters beurteilen den Schweizer Markt deshalb als besonders vielversprechend.

Die EV-Anteile wachsen in Europa seit 2011 jedes Jahr um 0,2 Prozent. Ab 2016 rechnen die Autoren dank neuer, attraktiver Modelle etwa von VW mit einem beschleunigten Wachstum. In den ersten neun Monaten 2015 verkauften sich in Europa folgend Modelle am besten: Mitsubishi Outlander 16 Prozent, Nissan Leaf 11 Prozent, Renault ZOE 10 Prozent, Tesla S 9 Prozent und VW Golf GTE 8 Prozent.

Deutliche regionale Unterschiede zeigen sich beim Antrieb: In den ersten neun Monaten 2015 wurden fast 19 Prozent aller PHEVs in Holland verkauft, 16 Prozent in Norwegen, 13 Prozent in Frankreich, 12 Prozent in UK mit und 11 Prozent in Deutschland. Bei den BEVs dominierte Norwegen mit 31 Prozent aller Verkäufe vor Frankreich mit 20 Prozent, Deutschland mit 13 Prozent, UK mit 11 Prozent und Holland mit 4 Prozent. Diese Zahlen widerspiegeln die Fördermassnahmen in den einzelnen Ländern. Norwegen fördert die BEV am stärksten. In Holland machen die Subventionen vor allem die PHEVs attraktiv. Die Fördermassnahmen sollen nun aber entsprechend angepasst werden.

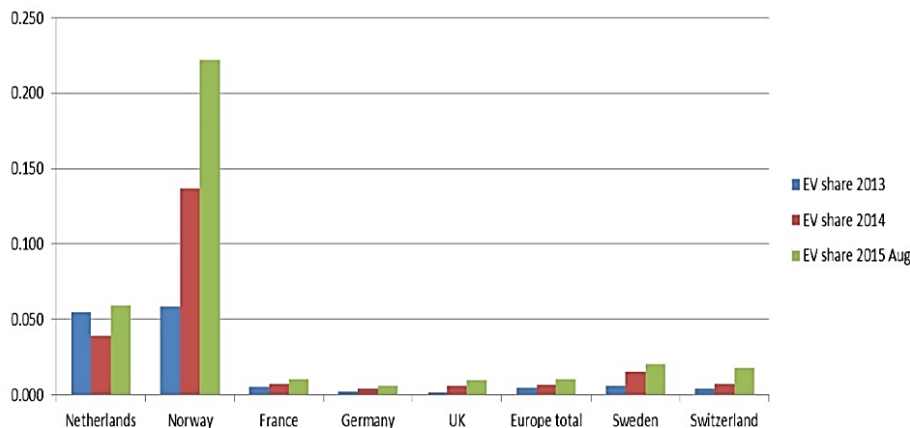


Abbildung 8:
Wachstumsanteile von Elektrofahrzeugen in Europa (Quelle: EAFO)



9. Literaturverzeichnis

European Alternative Fuels Observatory; [EAFO Newsletter – December 2015](#); Brussels

IEA IA-HEV Draft minutes (v1.0); [Forty-second meeting of the Executive Committee](#) for the International Energy Agency Implementing Agreement for co-operation on Hybrid and Electric Vehicle Technologies and Programmes; Gwangju Korea, May 2015

Ignacio Martín et al.; [Task on Quick Charging Technology](#) of Electric Vehicles in IEA IA-HEV (Hybrid and Electric Vehicles); Kintex Korea, May 2015

James Miller; Argonne National Laboratory; [Economic Impact of e-Mobility in the USA](#); Gwangju Korea, May 2015

Jan Nieuwenhuis, Ministry of Economic Affairs; [E-mobility in The Netherlands](#); IA-HEV Task 1 meeting; Sandton, South Africa, 4th November 2015

Michel Nikowitz; [RD&D cooperation](#) for the system optimization and vehicle integration of hybrid and electric vehicles within the International Energy Agency; Kintex Korea, May 2015

Peter Harrop; [Highlights of EVS28 Seoul](#) South Korea May 2015; Posted on May 11, 2015

Sosuke Tanaka, Ministry of Economy, Trade and Industry; [Application status and promotion strategies](#) of Electric Vehicles in Japan; Gwangju Korea, May 2015

Stephan Schmid et al.; [Germany's current situation](#) regarding hybrid and electric vehicles – update November 2015; Sandton, South Africa, 4th November 2015

Tien Q. Duong, Office of Vehicle Technologies U.S. Department of Energy; [Vehicle Battery R&D Progress](#) and Future Plans; Gwangju Korea, May 2015

Verband e'mobile; KORELATION Praxiserfahrungen mit Elektroautos: Kosten – Reichweite – Ladestationen; [Schlussbericht](#); Bern; Januar 2015