



Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Elektromobilität und Netzinfrastruktur

Städteregion Aachen, 30.01.2018

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

JARA | Jülich Aachen
Research
Alliance



E.ON Energy Research Center

 **JÜLICH**
FORSCHUNGSZENTRUM

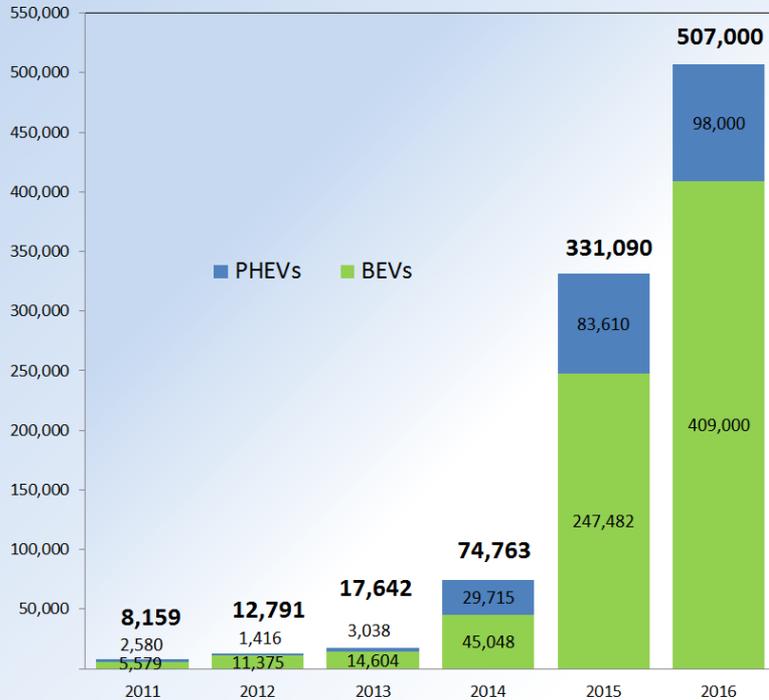
HI MS | HELMHOLTZ-INSTITUTE
IONICS IN ENERGY STORAGE

ISEA | Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

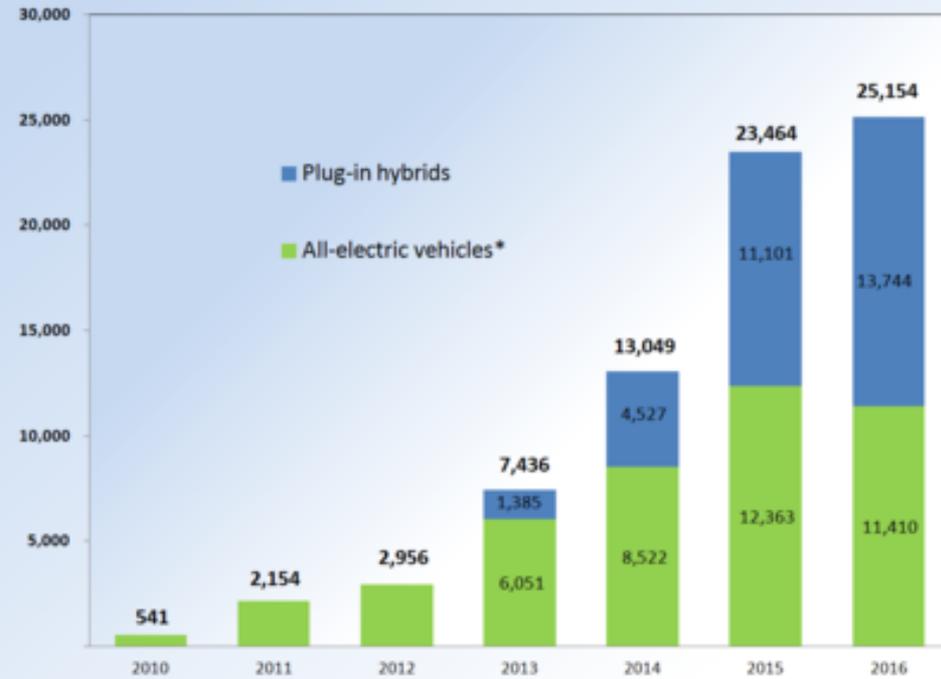
Marktdynamik

Sales of new electric vehicles (NEVs) in China by year (2011 - 2016)



Note: NEVs includes passenger cars and commercial vehicles, such as buses, sanitation trucks, and other heavy-

Registrations of plug-in electric cars in Germany by year (2010 - 2016)



* Note: until 2012 includes range-extended electric vehicles (series plug-in hybrids)

Warum wird die batteriebasierte Elektromobilität eine bedeutende Rolle spielen?

Flächenverbrauch Biotreibstoff vs. Elektroantrieb



→ Ertrag aus **Biomasse** der 2. Generation BTL (erwartet):
60.000 km/ha/Jahr



mind. 16x bessere Flächeneffizienz

→ Ertrag aus **Photovoltaik** in Deutschland:
1.000.000 km/ha/Jahr

Annahmen: Einstrahlung in Deutschland: 1000 kWh/m²/a, Photovoltaik mit 10% Wirkungsgrad, Flächenbelegung 1/3, Fahrzeugverbrauch 20 kWh / 100 km, Wirkungsgrad Netz & Fahrzeug 60%

Energieeffizienz Brennstoffzellen- vs. Elektrofahrzeug

➔ *Ausgangspunkt: elektrischer Strom (aus CO₂-freier Quelle)*



➔ *Nutzungsgrad bei Brennstoffzellenfahrzeugen: 25 – 30%*



➔ *Nutzungsgrad bei batteriegetriebenen Elektrofahrzeugen: 70 – 75%*

➔ ***Eingangsenergiebedarf bei Wasserstoffnutzung etwa 2,5 x höher als bei Elektrofahrzeugen***

Synthetisches Benzin soll den Verbrennungsmotor retten

Die Akademie für Technikwissenschaften will die Energiewende mit künstlichem Kraftstoff zum Erfolg führen

ami. BERLIN, 21. August. Der Verbrennungsmotor ist ins Gerede gekommen. Er sei zu schmutzig und belaste das Klima zu sehr. Das Umweltministerium arbeitet schon am schnelleren Umstieg auf elektrische Antriebe. Kanzlerin Angela Merkel (CDU) hält den Abschied von der Technologie für richtig – auch wenn sie kein Datum nennt. Andere Staaten tun das schon: In Großbritannien sollen von 2040 an keine Autos mit Diesel- oder Ottomotor mehr zugelassen werden, Norwegen will sie bereits in acht Jahren verbannen, China hat eine Quote für E-Autos eingeführt, selbst Indien will dem Verbrenner angeblich 2030 den Garaus machen.

Die Autoindustrie hält, wie Bayerns Ministerpräsident Horst Seehofer (CSU), Forderungen nach dem Ausstieg für unrealistisch. Jetzt bekommen sie Unterstützung aus der Wissenschaft. „Vollkommen falsch“ sei die Debatte um das Aus für den Verbrenner, sagte Robert Schlögel. Er leitet das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion und vertritt in der Energiepolitik die Deutsche Akademie für Technikwissenschaften (Acatech). Er will diese Technik retten, dafür Motoren und Kraftstoff optimieren. Statt Öl zu raffinieren, setzt er auf künstliche Kraftstoffe aus der Fabrik, auf Wasserstoff, der mit CO₂ angereichert wird.

„Bevor wir alles wegwerfen, sollten wir erst einmal überlegen, was eigentlich das Ziel ist“, sagt Schlögel. Dann nennt er drei Ziele: den Schadstoffausstoß der Autos zu senken, den Verkehr auf regenerative Energien umzustellen und die Energiewende mit der Minderung der Kohlendioxid-Emissionen zum Erfolg zu machen.

Allein mit der Umstellung auf Elektroautos werde das nicht funktionieren, sagt Schlögel. Zumal es aus klimapolitischen Gründen nur Sinn machen würde, wenn alle E-Autos mit „grünem Strom“ fahren würden. Das aber werde auf der Erde nicht gelingen, nicht einmal in Europa, „vielleicht in Kalifornien“. Zudem werde über die Klimabilanz der Autobatterien noch sehr kontrovers debattiert. Nach einer Faustformel müsse ein Elektroauto 80 000 Kilometer fahren, damit es besser abschneide als ein Wagen mit Verbrennungsmotor. Auch Elektrofahrzeuge erzeugten womöglich gesundheitsschädlichen Abrieb von Bremsen und Reifen. So sauber sei deren Bilanz nun auch nicht.

Hinzu kommt die Frage: Was tun mit der einen Milliarde Autos, die schon da seien und zu denen alle 2,5 Sekunden ein weiteres hinzukomme? Was mit den Lastkraftwagen, Bussen, Baumaschinen und Flugzeugen, für die auf Dauer keine Batterielösungen in Sicht seien?

Schlögel hat eine andere Vorstellung von sauberer Mobilität. Die heißt: synthetische Kraftstoffe. Da die anders als Treibstoffe aus der Raffinerie beim Verbrennen im Dieselmotor kaum Partikel und Stickstoff-Emissionen freisetzen, könne man den Motor schnell innenstadtverträglich machen. Zum anderen könnten diese Designerkraftstoffe, wenn auch noch nicht sofort, aber dann doch in den kommenden Jahrzehnten komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden.

Hier sieht er den eigentlichen Vorteil für die Energiewende. Denn für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe braucht man nicht nur Wasserstoff, sondern auch

den Klimaschädling Kohlendioxid. Da es physikalisch kaum möglich sei, die Emissionen um viel mehr als 80 Prozent zu senken – um den Wert will die Regierung die Emissionen bis 2050 mindestens senken –, könne ein Teil des verbliebenen CO₂ für die Mobilität genutzt werden. Nur als Kraftstoff könne man CO₂ sinnvollerweise in großen Mengen verwerten. Sein Einsatz in der Chemie sei dagegen „lächerlich klein“ und werde keinen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.

Schlögel rückt in der Energiewende statt die Stromerzeugung oder Industrie den Verkehrssektor in den Mittelpunkt: „Wir könnten die Mobilität dazu nutzen, das unvermeidliche CO₂ sinnvollerweise weiterzuverwenden, dabei möglichst viel regenerative Energien in die Mobilität zu packen, und zwar ohne dass wir eine neue Infrastruktur oder neue Technologien beim Endnutzer einführen müssten.“ Die werden dagegen beim großflächigen Umstieg auf den Batterieantrieb nötig.

Das heißt nicht, dass Schlögel den elektrischen Antrieb verteuern würde. Im Gegenteil. In seiner Vision vom Autofahren der Zukunft spielen (kleine) Batterien und Elektroantrieb eine große Rolle – nur dass sie während des Fahrens durch einen Verbrennungsmotor gespeist werden, der seinerseits mit sauberem Designerkraftstoff betankt wird.

Das alles sei kein Hexenwerk, sagt Schlögel. Deselektische Loks führen schon heute bei der Bahn, auch die Bundeswehr kenne sich damit aus: bei den Panzern. Dass synthetische Kraftstoffe heute bis auf wenige Ausnahmen als Lö-

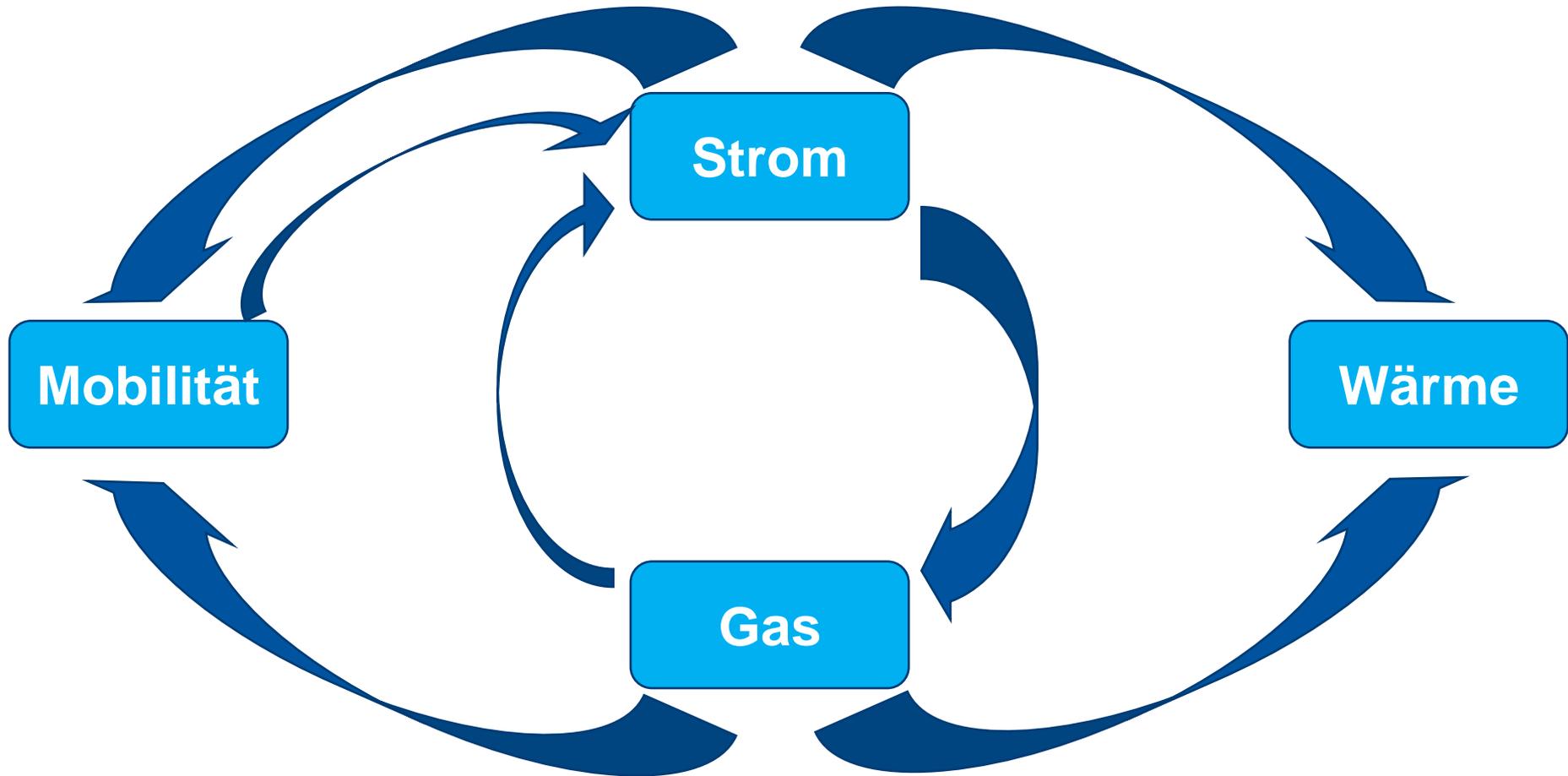
de: So haben die Mineralölindustrie kein Interesse, „an dem Ast zu sägen, auf dem sie sitzt“. Auch Autohersteller und ihre Zulieferer hätten das Thema früher negiert, inzwischen gebe es erste Fahrzeugkonzepte. Etwaige Probleme mit Dichtungen und Schläuchen sollten bald zu beheben sein.

Um den Prozess zu beschleunigen, hat Schlögel eine Initiative mit dem programmatischen Titel „Nachhaltige Mobilität durch synthetische Kraftstoffe“ ins Leben gerufen. Mit dabei sind Betriebe der Auto-, der Zuliefer- und der chemischen Industrie. Der international renommierte Chemieprofessor rechnet fest mit einer Finanzierung durch die Regierung. „Die Methoden sind bekannt, die Technik kauft man von der Stange, die Patente liegen vor – wir müssen es nur bauen.“ Im Herbst will er loslegen. Die Fabrik soll in Frankfurt stehen, ein Start-up mit dem passenden Technik-Wissen ist an Bord, ebenso zwei wissenschaftliche Institute.

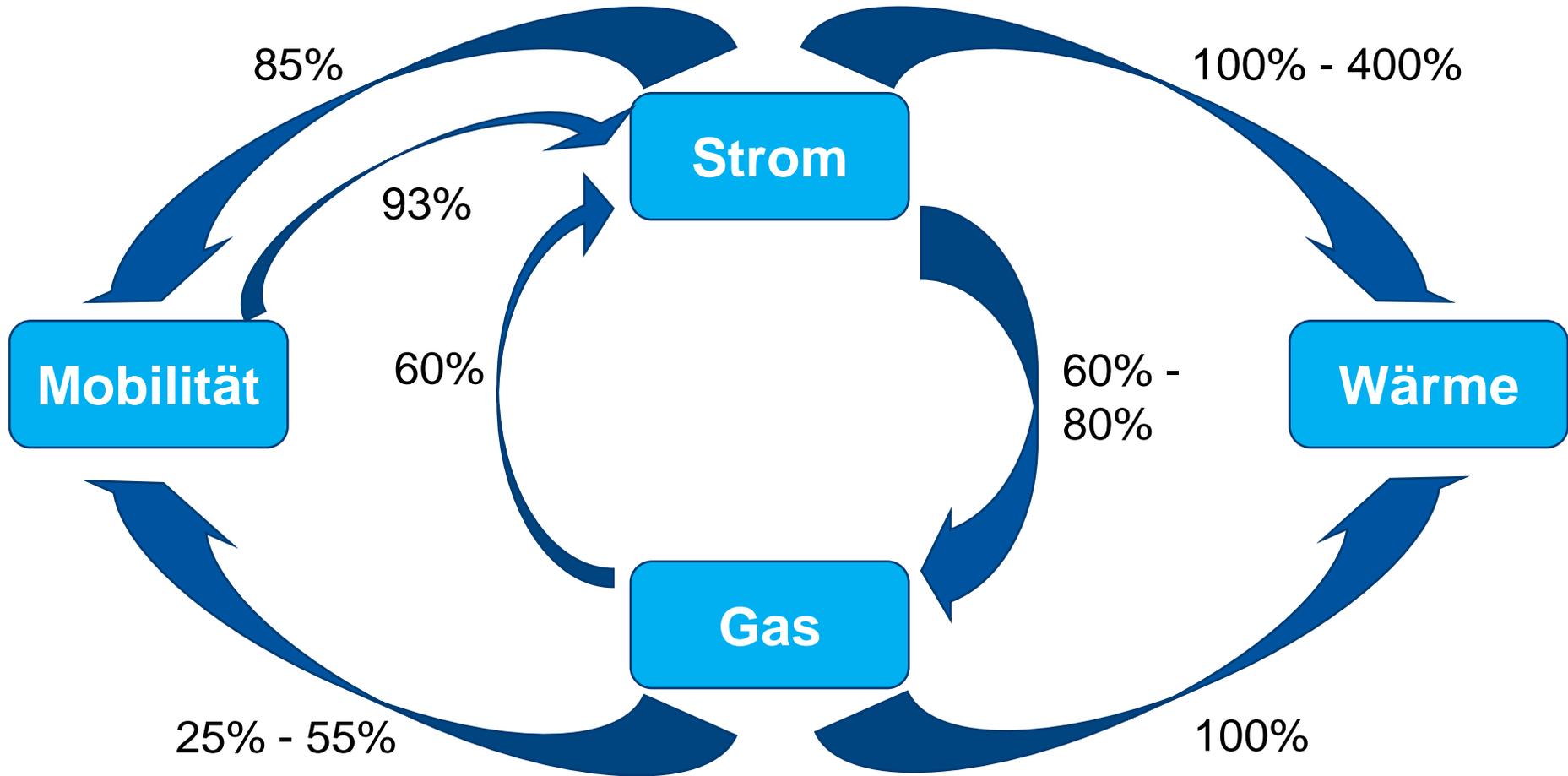
Abnehmer für seinen zunächst noch „schwarzen“, also noch nicht CO₂-freien, später unter Einsatz von Ökostrom und Wasserstoff aber dann „grünen“ Designer-Kraftstoff hat Schlögel auch schon. Mit dem kommunalen Fuhrpark in München sei man im Gespräch, Interesse hätten auch Kommunen aus dem Ruhrgebiet gezeigt. Viel Zeit brauche man auch für das Hochfahren so einer Produktion auf nationale Maßstäbe nicht, ist sich der Chemieprofessor sicher: „In zwei, drei Jahren könnten wir die nationale Abdeckung haben.“ Bezahlbar, sagt er, sei das alles ist nicht so, dass der Liter von 5 Euro kostet.“

Quelle: FAZ, 21.08.2017

Intersektorale Verknüpfung ist zentraler Baustein des Umbaus des Energiesystems



Vernetzung verschiedenen Energiesektoren kann Speichernutzung optimieren



Umwandlungswirkungsgrade

Beispielhafte Konversions-, Speicher- und Transportpfade bis Endenergienutzung

- Strom aus Windkraft → Batterieelektrisches Fahrzeug
Strom Fern-Transport – Strom zu Antrieb
→ $93\% \times 80\% = 74\%$
- Strom aus Windkraft → Fahrzeug mit Brennstoffzelle (H_2)
Power 2 Gas (H_2) – Gas Fern Transport – Gas 2 Mobility (BZ)
→ $75\% \times 90\% \times 50\% = 34\%$
- Strom aus Windkraft → Batterieelektrisches Fahrzeug nach saisonaler Speicherung im Stromspeicher
Strom Langzeitspeicher – Strom Fern-Transport – Power 2 Mobility
→ $40\% \times 93\% \times 80\% = 30\%$
- Strom aus Windkraft → Fahrzeug mit ICE (CH_4)
Power 2 Gas (Methan) – Gas Fern Transport – Gas 2 Mobility
→ $65\% \times 90\% \times 30\% = 18\%$

Missachtung von Effizienzaspekten

Synthetisches Benzin soll den

Die Akademie für Technikwissenschaften will die Energiewende

ami. BERLIN, 21. August. Der Verbrennungsmotor ist ins Gerede gekommen. Er sei zu schmutzig und belaste das Klima zu sehr. Das Umweltministerium arbeitet schon am schnelleren Umstieg auf elektrische Antriebe. Kanzlerin Angela Merkel (CDU) hält den Abschied von der Technologie für richtig – auch wenn sie kein Datum nennt. Andere Staaten tun das schon: In Großbritannien sollen von 2040 an keine Autos mit Diesel- oder Ottomotor mehr zugelassen werden, Norwegen will sie bereits in acht Jahren verbannen, China hat eine Quote für E-Autos eingeführt, selbst Indien will dem Verbrenner angeblich 2030 den Garaus machen.

Die Autoindustrie hält, wie Bayerns Ministerpräsident Horst Seehofer (CSU), Forderungen nach dem Ausstieg für unrealistisch. Jetzt bekommen sie Unterstützung aus der Wissenschaft. „Vollkommen falsch“ sei die Debatte um das Aus für den Verbrenner, sagte Robert Schlögel. Er leitet das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion und vertritt in der Energiepolitik die Deutsche Akademie für Technikwissenschaften (Acatech). Er will diese Technik retten, dafür Motoren und Kraftstoff optimieren. Statt Öl zu raffinieren, setzt er auf künstliche Kraftstoffe aus der Fabrik, auf Wasserstoff, der mit CO₂ angereichert wird.

„Bevor wir alles wegwerfen, sollten wir erst einmal überlegen, was eigentlich das Ziel ist“, sagt Schlögel. Dann nennt er drei Ziele: den Schadstoffausstoß der Autos zu senken, den Verkehr auf regenerative Energien umzustellen und die Energiewende mit der Minderung der Kohlendioxid-Emissionen zum Erfolg zu machen.

Allein mit der Umstellung auf Elektroautos werde das nicht funktionieren, sagt Schlögel. Zumal es aus klimapolitischen Gründen nur Sinn machen würde, wenn alle E-Autos mit „grünem Strom“ fahren würden. Das aber werde auf der Erde nicht gelingen, nicht einmal in Europa, „vielleicht in Kalifornien“. Zudem werde über die Klimabilanz der Autobatterien noch sehr kontrovers debattiert. Nach einer Faustformel müsse ein Elektroauto 80 000 Kilometer fahren, damit es besser abschneide als ein Wagen mit Verbrennungsmotor. Auch Elektrofahrzeuge erzeugten womöglich gesundheitsschädlichen Abrieb von Bremsen und Reifen. So sauber sei deren Bilanz nun auch nicht.

Hinzu kommt die Frage: Was tun mit der einen Milliarde Autos, die schon da seien und zu denen alle 2,5 Sekunden ein weiteres hinzukomme? Was mit den Lastkraftwagen, Bussen, Baumaschinen und Flugzeugen, für die auf Dauer keine Batterielösungen in Sicht seien?

Schlögel hat eine andere Vorstellung von sauberer Mobilität. Die heißt: synthetische Kraftstoffe. Da die anders als Treibstoffe aus der Raffinerie beim Verbrennen im Dieselmotor kaum Partikel und Stickstoff-Emissionen freisetzen, könne man den Motor schnell innenstadtverträglich machen. Zum anderen könnten diese Designerkraftstoffe, wenn auch noch nicht sofort, aber dann doch in den kommenden Jahrzehnten komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden.

Hier sieht er den eigentlichen Vorteil für die Energiewende. Denn für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe braucht man nicht nur Wasserstoff, sondern auch

Allein mit der Umstellung auf Elektroautos werde das nicht funktionieren, sagt Schlögel. Zumal es aus klimapolitischen Gründen nur Sinn machen würde, wenn alle E-Autos mit „grünem Strom“ fahren würden. Das aber werde auf der Erde nicht gelingen, nicht einmal in Europa, „vielleicht in Kalifornien“. Zudem werde

... hat eine andere Vorstellung von sauberer Mobilität. Die heißt: synthetische Kraftstoffe. Da die anders als Treibstoffe aus der Raffinerie beim Verbrennen im Dieselmotor kaum Partikel und Stickstoff-Emissionen freisetzen, könne man den Motor schnell innenstadtverträglich machen. Zum anderen könnten diese Designerkraftstoffe, wenn auch noch nicht sofort, aber dann doch in den kommenden Jahrzehnten komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden.

Quelle: FAZ, 21.08.2017

Missachtung von Effizienzaspekten

Synthetisches Benzin soll den

Die Akademie für Technikwissenschaften will die Energiewende

ami. BERLIN, 21. August. Der Verbrennungsmotor ist ins Gerede gekommen. Er sei zu schmutzig und belaste das Klima zu sehr. Das Umweltministerium arbeitet schon am schnelleren Umstieg auf elektrische Antriebe. Kanzlerin Angela Merkel (CDU) hält den Abschied von der Technologie für richtig – auch wenn sie kein Datum nennt. Andere Staaten tun das schon: In Großbritannien sollen von 2040 an keine Autos mit Diesel- oder Ottomotor mehr zugelassen werden, Norwegen will sie bereits in acht Jahren verbannen, China hat eine Quote für E-Autos eingeführt, selbst Indien will dem Verbrenner angeblich 2030 den Garaus machen.

Die Autoindustrie hält, wie Bayerns Ministerpräsident Horst Seehofer (CSU), Forderungen nach dem Ausstieg für unrealistisch. Jetzt bekommen sie Unterstützung aus der Wissenschaft. „Vollkommen falsch“ sei die Debatte um das Aus für den Verbrenner, sagte Robert Schlögel. Er leitet das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion und vertritt in der Energiepolitik die Deutsche Akademie für Technikwissenschaften (Acatech). Er will diese Technik retten, dafür Motoren und Kraftstoff optimieren. Statt Öl zu raffinieren, setzt er auf künstliche Kraftstoffe aus der Fabrik, auf Wasserstoff, der mit CO₂ angereichert wird.

„Bevor wir alles wegwerfen, sollten wir erst einmal überlegen, was eigentlich das Ziel ist“, sagt Schlögel. Dann nennt er drei Ziele: den Schadstoffausstoß der Autos zu senken, den Verkehr auf regenerative Energien umzustellen und die Energiewende mit der Minderung der Kohlendioxid-Emissionen zum Erfolg zu machen.

Allein mit der Umstellung auf Elektroautos werde das nicht funktionieren, sagt Schlögel. Zumal es aus klimapolitischen Gründen nur Sinn machen würde, wenn alle E-Autos mit „grünem Strom“ fahren würden. Das aber werde auf der Erde nicht gelingen, nicht einmal in Europa, „vielleicht in Kalifornien“. Zudem werde über die Klimabilanz der Autobatterien noch sehr kontrovers debattiert. Nach einer Faustformel müsse ein Elektroauto 80 000 Kilometer fahren, damit es besser abschneide als ein Wagen mit Verbrennungsmotor. Auch Elektrofahrzeuge erzeugten womöglich gesundheitsschädlichen Abrieb von Bremsen und Reifen. So sauber sei deren Bilanz nun auch nicht.

Hinzu kommt die Frage: Was tun mit der einen Milliarde Autos, die schon da seien und zu denen alle 2,5 Sekunden ein weiteres hinzukomme? Was mit den Lastkraftwagen, Bussen, Baumaschinen und Flugzeugen, für die auf Dauer keine Batterielösungen in Sicht seien?

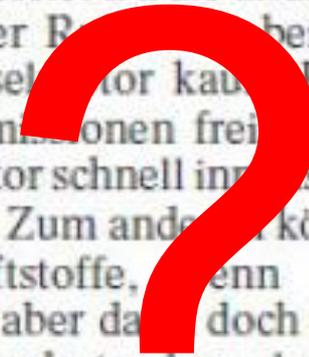
Schlögel hat eine andere Vorstellung von sauberer Mobilität. Die heißt: synthetische Kraftstoffe. Da die anders als Treibstoffe aus der Raffinerie beim Verbrennen im Dieselmotor kaum Partikel und Stickstoff-Emissionen freisetzen, könne man den Motor schnell innenstadtverträglich machen. Zum anderen könnten diese Designerkraftstoffe, wenn auch noch nicht sofort, aber dann doch in den kommenden Jahrzehnten komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden.

Hier sieht er den eigentlichen Vorteil für die Energiewende. Denn für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe braucht man nicht nur Wasserstoff, sondern auch

Allein mit der Umstellung auf Elektroautos werde das nicht funktionieren, sagt ... Zum ... klimapolitischen Gründen nur ... würde, wenn alle E-Autos ... „grünem Strom“ fahren würden. Das ... auf der Erde nicht gelingen ... in Europa, „vielleicht ... werden

4x mehr Bedarf an erneuerbaren Energien

... hat eine andere Vorstellung von sauberer Mobilität. Die heißt: synthetische Kraftstoffe. Da die anders als Treibstoffe aus der Raffinerie beim Verbrennen im Dieselmotor kaum Partikel und Stickstoff-Emissionen freisetzen, könne man den Motor schnell innenstadtverträglich machen. Zum anderen könnten diese Designerkraftstoffe, wenn auch noch nicht sofort, aber dann doch in den kommenden Jahrzehnten komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden.



Quelle: FAZ, 21.08.2017

Schnellladung – Was ist das eigentlich und welche Implikationen hat das?

Was bislang als Schnellladung diskutiert worden ist

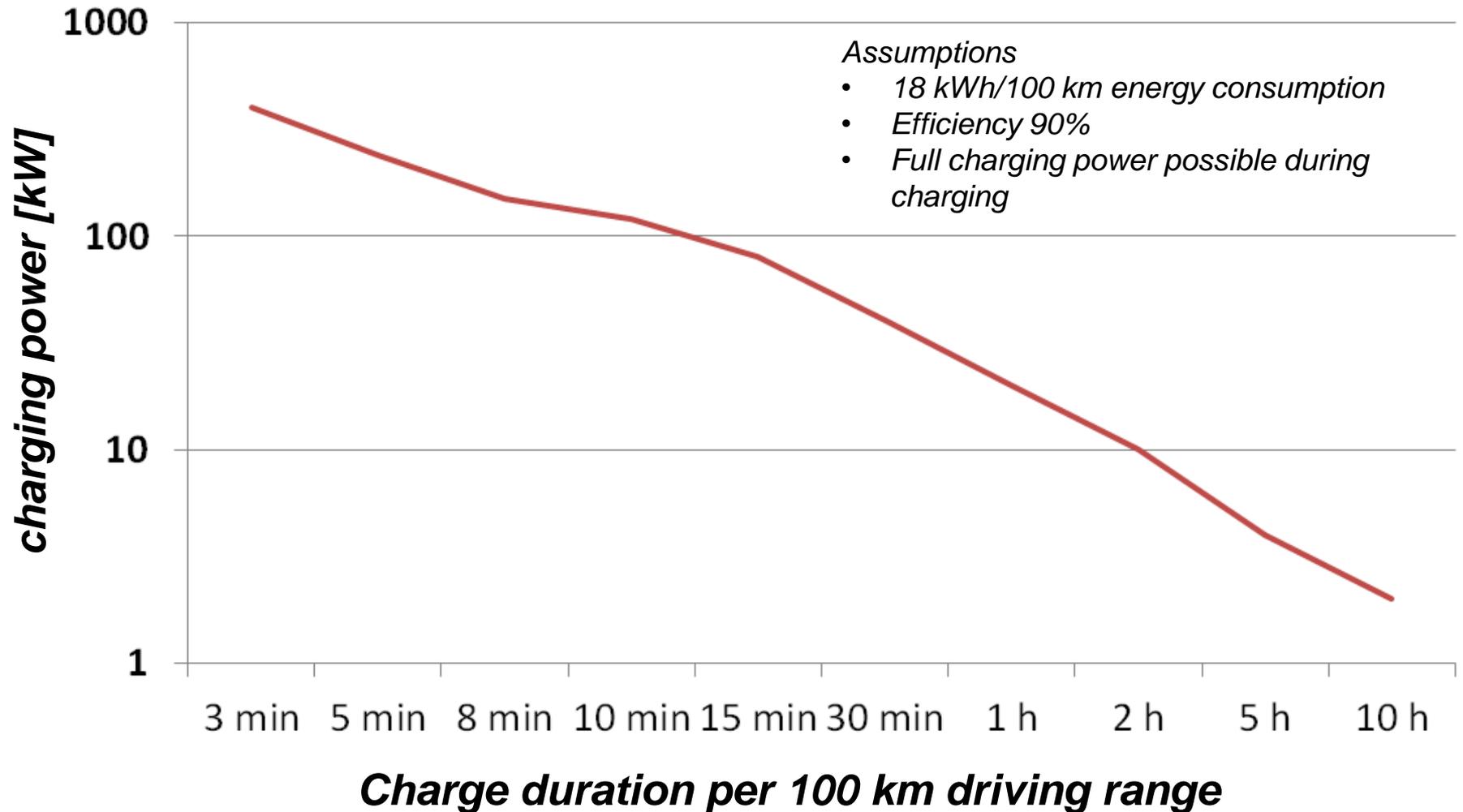
- 22 bis 44 kW AC Ladung
- 50 kW DC Ladung
- Teslas' Supercharger: 120 kW DC
- Spezifische Ladeleistung:

$$C_{\text{rate}} = \frac{\text{Ladeleistung [kW]}}{\text{Batteriekapazität [kWh]}}$$

- 50 kW @ 25 kWh Batterie → 2 C
- 120 kW @ 90 kWh Batterie → 1,3 C



Charging power vs. charging time



Thema: Schnellladung

Für wen macht das Sinn?

350-kW-Schnellladenetz für Elektrofahrzeuge in Europa – im Aufbau

SEBASTIAN / 19. OKTOBER 2016 / 2 KOMMENTARE



350-kW-Schnellladenetz für Elektrofahrzeuge in Europa im Aufbau. Dieses soll das 100% elektrische Fahren auf Langstrecken innerhalb Europas ermöglichen.

Opel Ampera-e in nur 30 Minuten geladen für 150 Kilometer

SEBASTIAN / 29. OKTOBER 2016 / 1 KOMMENTAR



Der neue Opel Ampera-e überzeugt nicht nur durch einen deutlichen Reichweiten-Vorteil, sondern auch durch die Tatsache, dass er in rund 30 Minuten für die nächsten 150 Kilometer geladen werden kann.

ELEKTROAUTO.net
NEWS

Aktuelle Diskussion: Ultra-Hochleistungsladung mit 350 bis 400 kW

$$C_{\text{rate}} = \frac{\text{Ladeleistung [kW]}}{\text{Batteriekapazität [kWh]}}$$

- 350 kW Leistung bei 30 kWh Batterie → ~12 C
 - 350 kW Leistung bei 60 kWh Batterie → ~ 6 C
 - 350 kW Leistung bei 100 kWh Batterie → ~3,5 C
→ 3x und mehr höher als bei Tesla heute
-
- Tesla-Batterien würden bei 2 C und 30°C oder weniger innerhalb kurzer Zeit kaputt sein
 - Zum Vergleich: Typische mittlere Entladeleistungen liegen bei 0,1 to 0,8 C!



Pilotprojekt Ultra-Schnellladung für Elektroautos gestartet

ULTRA CHARGING STUDY EUROPE

Am 18. Oktober 2016 startete das Projekt „Ultra-E“. Es soll einen wichtigen Meilenstein für die Elektromobilität und die damit verbundene umweltfreundliche Zukunft des Verkehrssektors setzen.

Die Projektpartner haben sich zum Ziel gesetzt, ein Netzwerk von 25 Ultra-Schnellladestationen mit CCS-Stecker und einer Ladeleistung von bis zu 350 kW an TEN-T Netzwerk-Korridoren zu errichten. Das Ultra-Schnellladenetzenkwerk wird die

Niederlande, Belgien, Deutschland und Österreich verbinden.

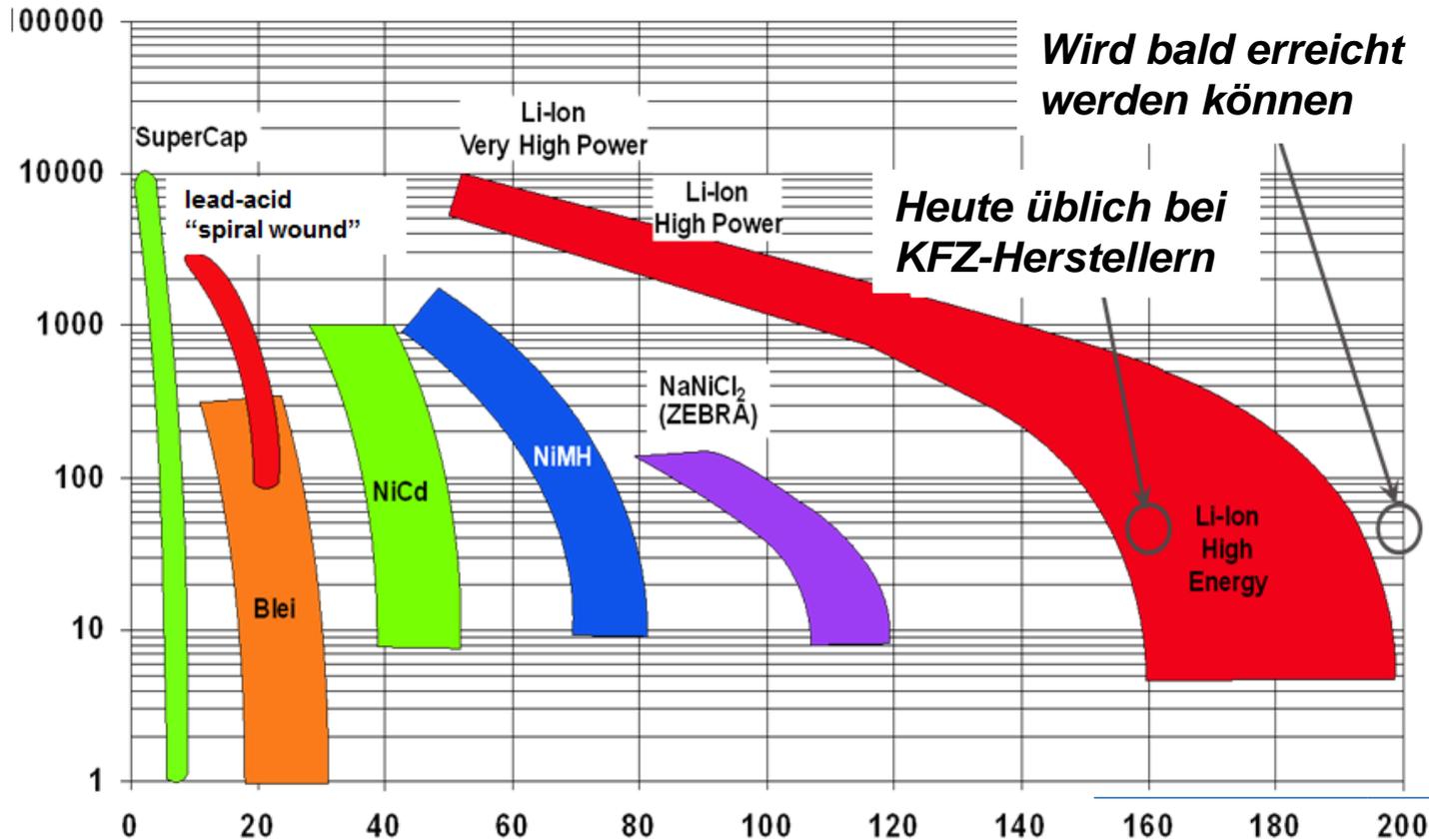
Ein weiteres Ziel ist es, die Ultra-Schnellladetechnologie für Pkw, Busse und Nutzfahrzeuge zu testen.

Herausforderungen für Lithium-Ionen-Batterien bei hohen Ladeleistungen

- Leistungsorientiertes Design → geringere Energiedichte

Energie- und Leistungsdichten

Spezifische Leistungsdichte [Wh/kg]
 „Wie viel PS können genutzt werden oder wie schnell kann die Batterie geladen werden?“



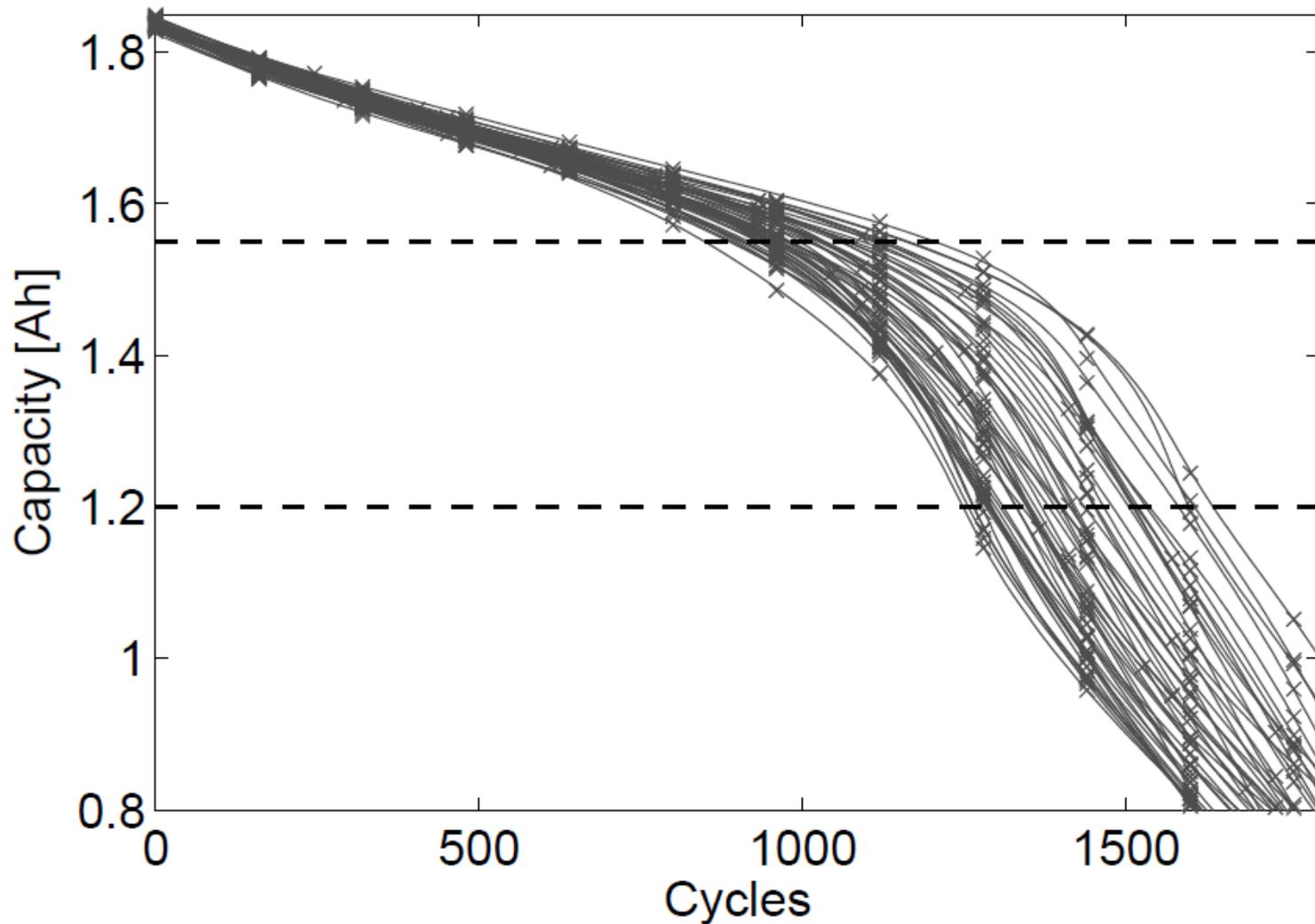
250 Wh/kg

Spezifische Energiedichte [Wh/kg]
 „Wie weit kann ich mit einem kg Batterie fahren?“

Herausforderungen für Lithium-Ionen-Batterien bei hohen Ladeleistungen

- Leistungsorientiertes Design → geringere Energiedichte
- Kühlsystem → Kabelkühlung, externe Kühlmittelzufuhr?
- Erhöhte Batteriespannung → 800 V im Gespräch

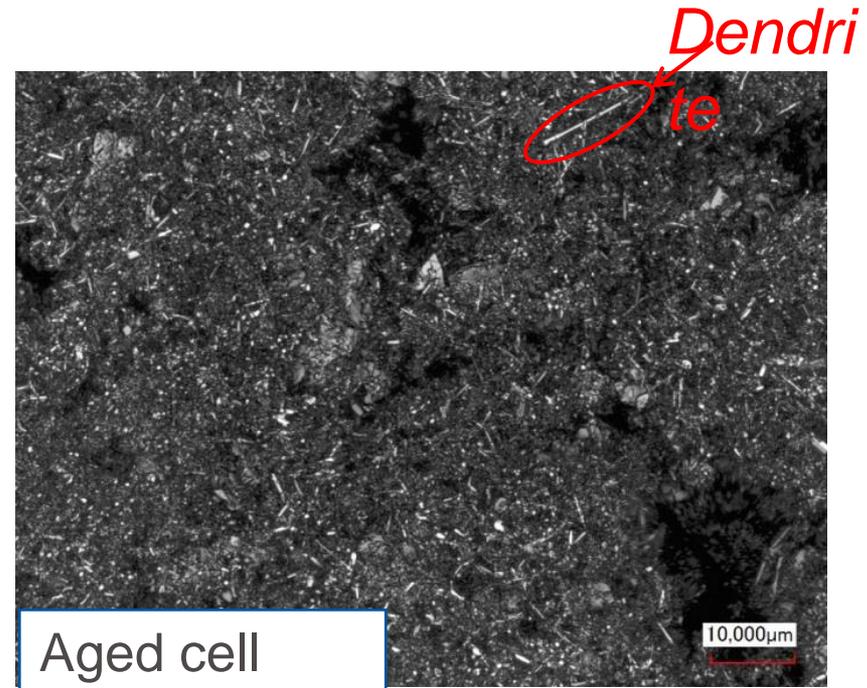
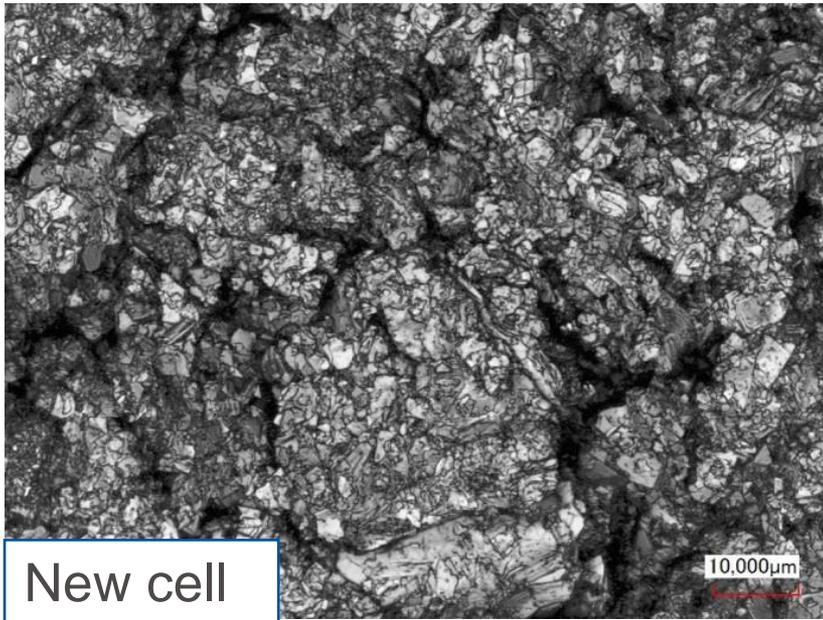
Varianz der Zellqualität – Problem in Serienverschaltung



Herausforderungen für Lithium-Ionen-Batterien bei hohen Ladeleistungen

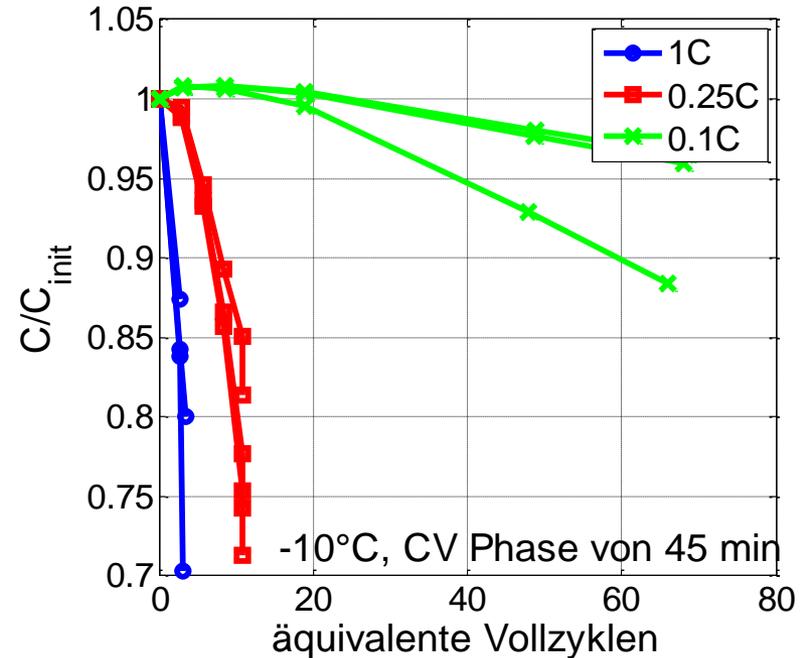
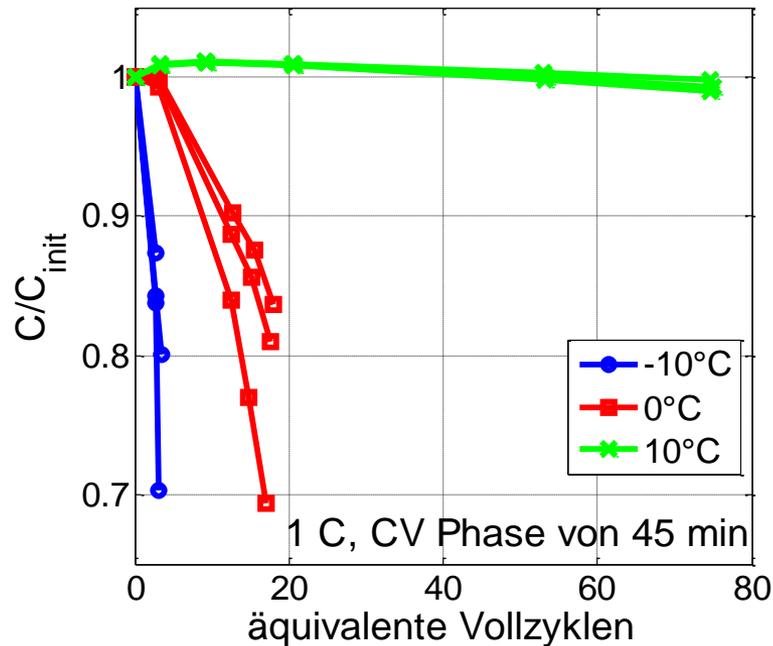
- Leistungsorientiertes Design → geringere Energiedichte
- Kühlsystem → Kabelkühlung, externe Kühlmittelzufuhr?
- Erhöhte Batteriespannung → 800 V im Gespräch
- Risiko des Lithium-Plating → beschleunigte Alterung

Problem: Hochleistungsladung bringt das Risiko des Platings auf den Anoden



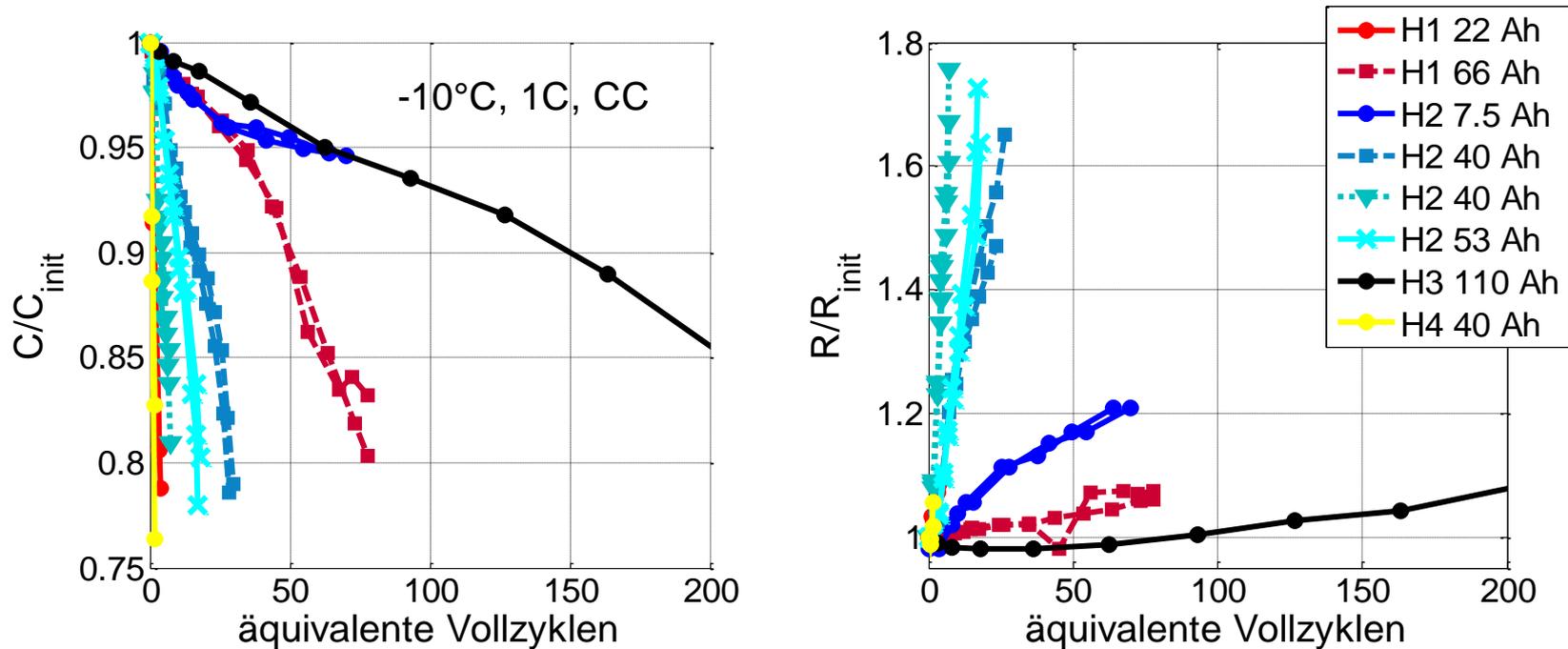
- Deposition products and dendrites visible on the aged anode (“Plating”)

Temperaturabhängigkeit – Kokam 40 Ah Hochleistungszelle



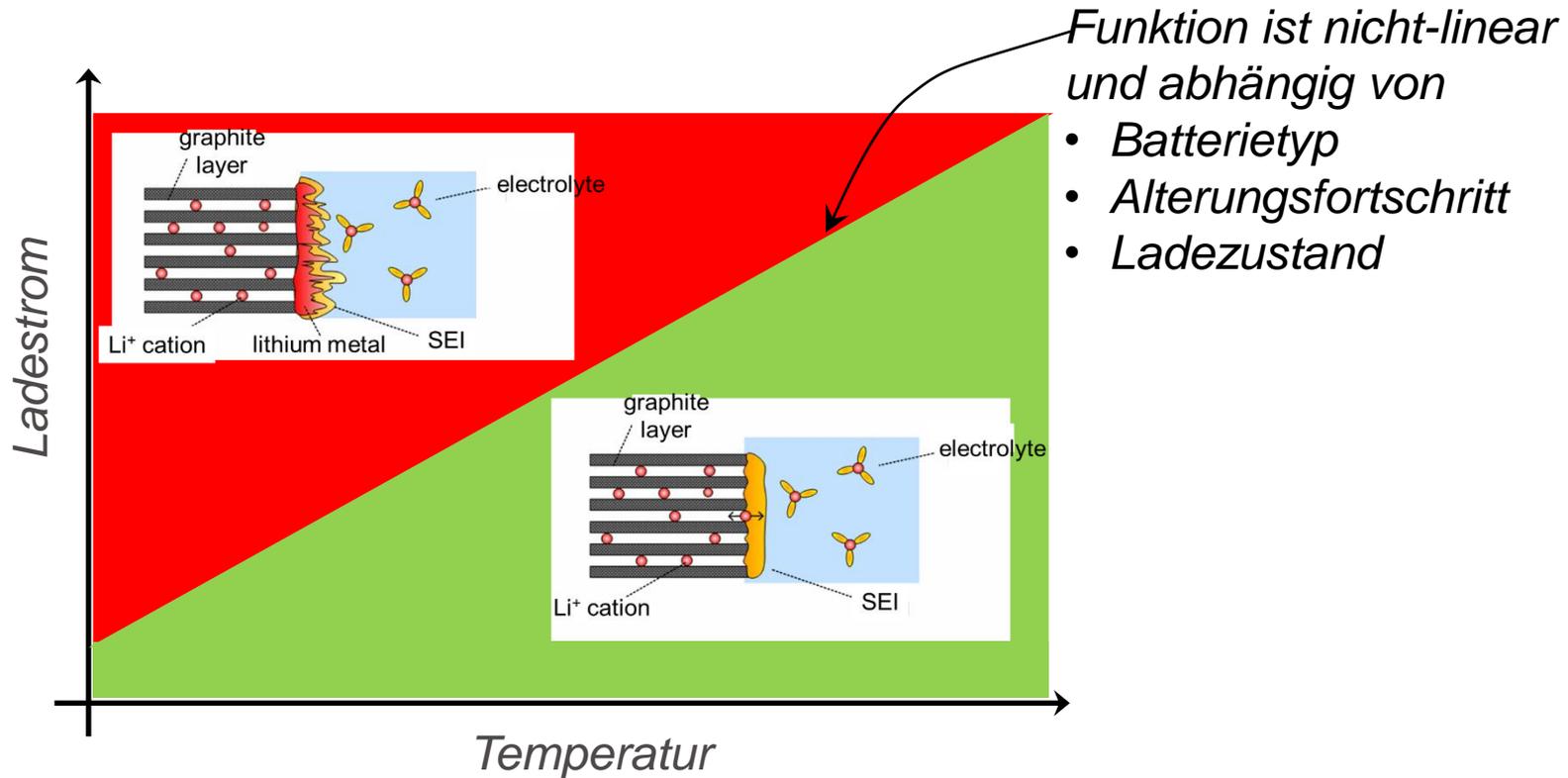
- Bereits moderate Ladeströme führen bei tieferen Temperaturen zur starken Alterung
- Zelle ist für 0 °C Laden spezifiziert

Vergleich verschiedener Zelltechnologien von verschiedenen Herstellern



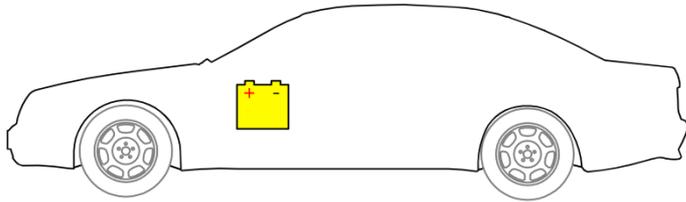
- Zellen verschiedenen Typs und von unterschiedlichen Herstellern altern sehr unterschiedlich

Maximale Ladestromrate muss eingeregelt werden



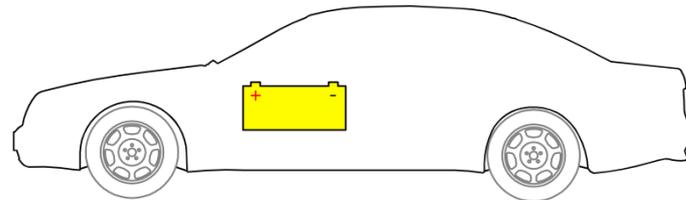
Sind Elektrofahrzeuge mit großen Batterien und hohen elektrischen Reichweiten wirklich ein erstrebenswertes Ziel?

Elektrifizierung des Individualverkehrs



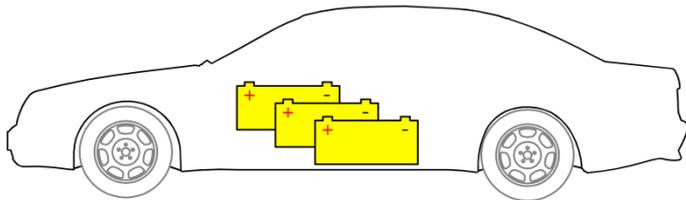
Hybridfahrzeug

Speicher ca. 1 kWh, Ladung nur während Fahrt, Treibstoffeinsparung zwischen 5% (Mikrohybrid) und 20% (Vollhybrid)



Plug-in Hybrid

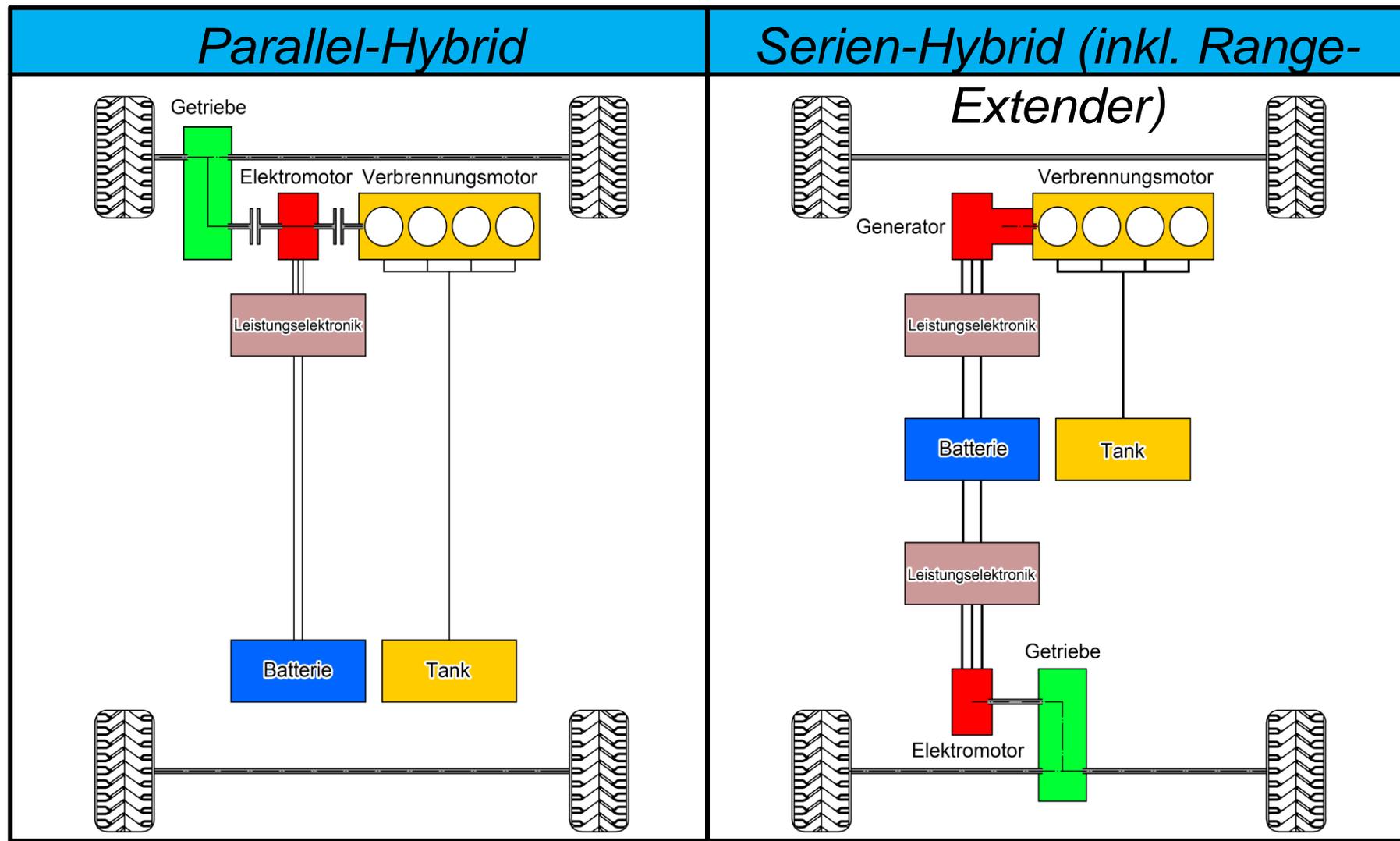
Speicher 5 – 10 kWh, Ladung aus dem Netz, 50 – 70 km Reichweite ohne Treibstoff, volle Reichweite mit Benzin/Diesel



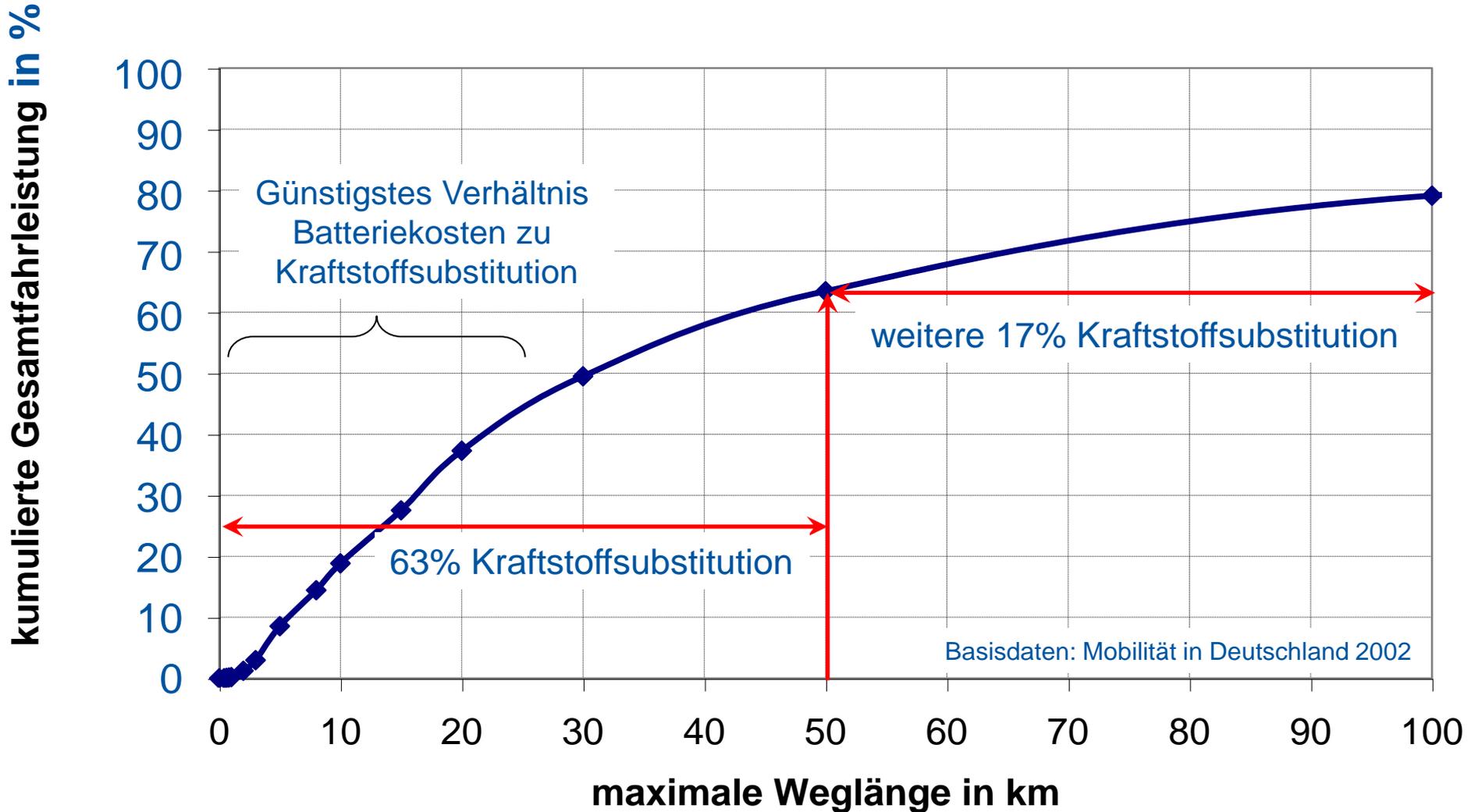
Elektrofahrzeug

Speicher 15 – 40 (100) kWh, Ladung aus dem Netz, 100 – 300 (500) km Reichweite ohne Treibstoff

Topologie von Hybrid- (HEV) und Plug-in Hybridfahrzeugen (PHEV)



Kumulierte Fahrleistung als Funktion der Wegstrecke



Gefährdet die Elektromobilität die Netzstabilität?

PREMIUM BOOM BELASTET STROMNETZ

Blackout-Gefahr durch Elektroautos

Die Netzbetreiber schlagen Alarm: Das Stromnetz ist auf den Boom von Elektroautos nicht vorbereitet. Um Engpässe, Überlastungen und Totalausfälle zu vermeiden, muss das Netz jetzt mit Milliardensummen ertüchtigt werden.



Jürgen Flauger



Franz Hubik

21.01.2018 - 19:50 Uhr • 3 Kommentare • 16 x geteilt



electrive.net
Branchendienst für Elektromobilität

Nachrichten

Terminkalender

Studienführer

Jobmarkt

Nachrichten Projekte These des Monats Videos Termine

IKT EM III >

22.10.2017

Auswertung der These: Stromnetz nicht fit für Elektromobilität?!

Bidirektionales Laden lokSMART Jetzt!2 Stromnetz These des Monats V2G

THESE
DES MONATS

electrive.net
IKT FÜR
ELEKTROMOBILITÄT

„Ein schneller Markthochlauf der Elektromobilität in Deutschland ist nicht möglich, weil das Stromnetz darauf nicht eingestellt ist.“

Ist das deutsche Stromnetz auf die schnelle Verbreitung von Elektroautos nicht vorbereitet? Diese Sorge hatte die Energiewirtschaft in den Autoländern Bayern und Baden-Württemberg geschürt. Wir haben dieses Thema im Rahmen der These des Monats diskutieren lassen. Und die Branche widerspricht entschieden.

Ein Physiker, der als Kabarettist Karriere gemacht hat, brachte das Thema auf. In seiner Kolumne für „Spektrum der Wissenschaft“ hatte Vince Ebert Mitte März behauptet, die Kapazitäten der Stromerzeugung reichten für die Elektromobilität nicht aus. Seine humorvollen Berechnungen dazu („Wir bräuchten eine

Photovoltaikanlage von der Größe des Saarlands“) garnierte er, als wolle er damit der Elektromobilität den Todesstoß versetzen, mit dem 100 Jahre alten Zitat eines britischen Biologen: „In der Naturwissenschaft wird jede Hypothese von einer hässlichen Tatsache hingemeuchelt.“

E-Autos bringen Stromnetz ans Limit

10.09.2017 09:00 Uhr

Noch fahren in Deutschland erst einige zehntausend Elektroautos. Doch ihre Zahl wird höchstwahrscheinlich massiv steigen. 2030 sollen schon sechs Millionen Stromeer unterwegs sein. Doch es gibt ein Problem: Das Stromnetz gerät durch die vielen Elektroautos massiv an seine Grenzen.



Die Gleichzeitigkeit des Ladens ist also das große Problem. Patrick Jochem vom KIT in Karlsruhe geht davon aus, dass es zu Engpässen im Netz kommen wird, wenn zehn Prozent aller PKW in Deutschland elektrisch fahren. Er plädiert deshalb dafür, zeitverzögert zu laden. Mittels eines intelligenten Stromzähler, eines "Smart Grid" könnte das Elektroauto dann geladen werden, wenn es von der Netzbelastung her passt.

30 Milliarden kostet der Netzausbau

Das alles wird viel Geld kosten, und das wird das nächste Problem. Neben dem Netzausbau ist es notwendig, die Ladeinfrastruktur massiv auszubauen. 70.000 Ladepunkte und 7.100 Schnelllader sind notwendig. Derzeit werden überall Schnellladestationen installiert. Mit ihnen kann man das Elektroauto in der Regel in einer halben Stunde zu 80 Prozent laden.

Die Bundesregierung hat bisher 300 Millionen Euro Fördermittel bereitgestellt. Das ist jedoch ein Tropfen auf den heißen Stein. Allein für den Netzausbau rechnen Experten mit einem Finanzbedarf von 30 Milliarden Euro. Wie diese Kosten verteilt werden - sei es über den Preis für die Kilowattstunde Strom oder über Steuermittel - damit wird sich die nächste Bundesregierung auseinandersetzen müssen.

BLACKOUT

E-MOBILITÄT SETZT
NETZBETREIBER
UNTER DRUCK

NETZBETREIBER MÜSSEN JETZT HANDELN, UM AUF DIE HERAUSFORDERUNG E-MOBILITÄT VORBEREITET ZU SEIN

2035 wird unter den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen mehr als jedes dritte Auto auf den deutschen Straßen elektrisch angetrieben sein¹. Daraus entstehen massive Herausforderungen für die Stromversorgung in Deutschland, denn für diese Menge an E-Autos ist die Niederspannungsebene im deutschen Stromnetz nicht ausgelegt. Die Folge: Bereits ab einer E-Auto-Quote von 30 Prozent kann es zu flächendeckenden Stromausfällen kommen. Ohne präventive Maßnahmen ist damit ab 2032 zu rechnen. Punktuell werden schon in den kommenden fünf bis zehn Jahren Versorgungsgengpässe entstehen, etwa in suburbanen Gebieten mit einer höheren Affinität zur Elektromobilität.

Um Stromausfälle zu vermeiden, müssten bei einer langfristig erwartbaren Elektrifizierung von 50 Prozent der Automobile bis zu elf Milliarden Euro in den Netzausbau investiert werden. Aufgrund des langen zeitlichen Vorlaufs beim Netzausbau besteht daher bereits jetzt akuter Handlungsbedarf, um die Stromnetze auf die kommenden Herausforderungen vorzubereiten.

Gleichwohl gibt es eine ökonomisch höchst attraktive Alternative zum konventionellen Netzausbau: Die intelligente Flexibilisierung der Ladevorgänge.

Die Vorteile der Flexibilisierung:

- Wenn nur die Hälfte der Besitzer von E-Autos mit ihren Fahrzeugen am flexiblen Laden teilnähmen, kann eine maximal in das Niederspannungsnetz integrierbare Elektromobilitätsquote von 50 Prozent realisiert werden.
- Selbst bei einer Teilnahme-Bezuschussung von 100 Euro je Haushalt in den ersten Jahren würden die Kosten für die Flexibilisierung deutlich unter den Investitionskosten für einen Netzausbau liegen.
- Wenn sich das flexible Laden von E-Autos durchsetzt, könnte ein Netzausbau vollständig überflüssig werden.

Aus diesen Gründen ist eine intelligente Steuerung der Ladevorgänge ein probates Mittel, um den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Allerdings müssen zunächst entsprechende regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Netzbetreiber in der Lage sind, Ladevorgänge dezentral steuern zu können.

Als weitere Möglichkeit käme eine dezentrale Stromerzeugung und -speicherung in Betracht, die aber nach heutigem Stand der Dinge keine alleinige Alternative zum konventionellen Netzausbau ist.

NETZBETREIBER MÜSSEN JETZT HANDELN, UM AUF DIE HERAUSFORDERUNG E-MOBILITÄT VORBEREITET ZU SEIN

2035 wird unter den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen mehr als jedes dritte Auto auf den deutschen Straßen elektrisch angetrieben sein¹. Daraus entstehen massive Herausforderungen für die Stromversorgung in Deutschland, denn für diese Menge an E-Autos ist die Niederspannungsebene im deutschen Stromnetz nicht ausgelegt. Die Folge: Bereits ab einer E-Auto-Quote von 30 Prozent kann es zu flächendeckenden Stromausfällen kommen. Ohne präventive Maßnahmen ist damit ab 2032 zu rechnen. Punktuell werden schon in den kommenden fünf bis zehn Jahren Versorgungsengpässe entstehen, etwa in suburbanen Gebieten mit einer höheren Affinität zur Elektromobilität.

Um Stromausfälle zu vermeiden, müssten bei einer langfristig erwartbaren Elektrifizierung von 50 Prozent der Automobile bis zu elf Milliarden Euro in den Netzausbau investiert werden. Aufgrund des langen zeitlichen Vorlaufs beim Netzausbau besteht daher bereits jetzt akuter Handlungsbedarf, um die Stromnetze auf die kommenden Herausforderungen vorzubereiten.

Gleichwohl gibt es eine ökonomisch höchst attraktive Alternative zum konventionellen Netzausbau: Die intelligente Flexibilisierung der Ladevorgänge.

Die Vorteile der Flexibilisierung:

- Wenn nur die Hälfte der Besitzer von E-Autos mit ihren Fahrzeugen am flexiblen Laden teilnähmen, kann eine maximal in das Niederspannungsnetz integrierbare Elektromobilitätsquote von 50 Prozent realisiert werden.
- Selbst bei einer Teilnahme-Bezuschussung von 100 Euro je Haushalt in den ersten Jahren würden die Kosten für die Flexibilisierung deutlich unter den Investitionskosten für einen Netzausbau liegen.
- Wenn sich das flexible Laden von E-Autos durchsetzt, könnte ein Netzausbau vollständig überflüssig werden.

Aus diesen Gründen ist eine intelligente Steuerung der Ladevorgänge ein probates Mittel, um den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Allerdings müssen zunächst entsprechende regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Netzbetreiber in der Lage sind, Ladevorgänge dezentral steuern zu können.

Als weitere Möglichkeit käme eine dezentrale Stromerzeugung und -speicherung in Betracht, die aber nach heutigem Stand der Dinge keine alleinige Alternative zum konventionellen Netzausbau ist.

Gleichwohl gibt es eine ökonomisch höchst attraktive Alternative zum konventionellen Netzausbau: Die intelligente Flexibilisierung der Ladevorgänge.

NETZBETREIBER MÜSSEN JETZT HANDELN, UM AUF DIE HERAUSFORDERUNG E-MOBILITÄT VORBEREITET ZU SEIN

2035 wird unter den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen mehr als jedes dritte Auto auf den deutschen Straßen elektrisch angetrieben sein¹. Daraus entstehen massive Herausforderungen für die Stromversorgung in Deutschland, denn für diese Menge an E-Autos ist die Niederspannungsebene im deutschen Stromnetz nicht ausgelegt. Die Folge: Bereits ab einer E-Auto-Quote von 30 Prozent kann es zu flächendeckenden Stromausfällen kommen. Ohne präventive Maßnahmen ist damit ab 2032 zu rechnen. Punktuell werden schon in den kommenden fünf bis zehn Jahren Versorgungsengpässe entstehen, etwa in suburbanen Gebieten mit einer höheren Affinität zur Elektromobilität.

Um Stromausfälle zu vermeiden, müssten bei einer langfristig erwartbaren Elektrifizierung von 50 Prozent der Automobile bis zu elf Milliarden Euro in den Netzausbau investiert werden. Aufgrund des langen zeitlichen Vorlaufs beim Netzausbau besteht daher bereits jetzt akuter Handlungsbedarf, um die Stromnetze auf die kommenden Herausforderungen vorzubereiten.

Gleichwohl gibt es eine ökonomisch höchst attraktive Alternative zum konventionellen Netzausbau: Die intelligente Flexibilisierung der Ladevorgänge.

Die Vorteile der Flexibilisierung:

- Wenn nur die Hälfte der Besitzer von E-Autos mit ihren Fahrzeugen am flexiblen Laden teilnehmen, kann eine maximal in das Niederspannungsnetz integrierbare Elektromobilitätsquote von 50 Prozent realisiert werden.
- Selbst bei einer Teilnahme-Bezuschussung von 100 Euro je Haushalt in den ersten Jahren würden die Kosten für die Flexibilisierung deutlich unter den Investitionskosten für einen Netzausbau liegen.
- Wenn sich das flexible Laden von E-Autos durchsetzt, könnte ein Netzausbau vollständig überflüssig werden.

Aus diesen Gründen ist eine intelligente Steuerung der Ladevorgänge ein probates Mittel, um den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Allerdings müssen zunächst entsprechende regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Netzbetreiber in der Lage sind, Ladevorgänge dezentral steuern zu können.

Als weitere Möglichkeit käme eine dezentrale Stromerzeugung und -speicherung in Betracht, die aber nach heutigem Stand der Dinge keine alleinige Alternative zum konventionellen Netzausbau ist.

Die Vorteile der Flexibilisierung:

- Wenn nur die Hälfte der Besitzer von E-Autos mit ihren Fahrzeugen am flexiblen Laden teilnehmen, kann eine maximal in das Niederspannungsnetz integrierbare Elektromobilitätsquote von 50 Prozent realisiert werden.
- Selbst bei einer Teilnahme-Bezuschussung von 100 Euro je Haushalt in den ersten Jahren würden die Kosten für die Flexibilisierung deutlich unter den Investitionskosten für einen Netzausbau liegen.
- Wenn sich das flexible Laden von E-Autos durchsetzt, könnte ein Netzausbau vollständig überflüssig werden.

Aus diesen Gründen ist eine intelligente Steuerung der Ladevorgänge ein probates Mittel, um den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Allerdings müssen zunächst entsprechende regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Netzbetreiber in der Lage sind, Ladevorgänge dezentral steuern zu können.

Ein paar Zahlen zu Strom und Elektrofahrzeugen

Strombedarf für Elektrofahrzeuge

- 37 km tägliche Fahrleistung im Mittel über alle PKW
 - 42 Millionen PKW in Deutschland
 - 12 – 20 kWh / 100 km Energiebedarf
- ➔ 68 – 113 TWh zusätzlicher Strombedarf**

Strombedarf der Haushalte

- 132 TWh Haushaltsstromverbrauch (2015)
 - 41 Millionen Haushalte in Deutschland ➔ 3220 kWh Verbrauch pro Haushalt
 - 600.000 Ortsnetzstationen in Deutschland
- ➔ mind. 3 kW gleichzeitige Anschlussleistung pro Haushalt**

Ein paar Zahlen zu Strom und Elektrofahrzeugen

Netzbelastung durch Haushalte

- 3.220 kWh Verbrauch pro Haushalt

→ **0,37 kW mittlere Leistungsaufnahme**

Netzbelastung durch PKW (Abschätzung nach oben)

- 7,4 kWh / Tag (20 kWh / 100 km)
- 22 Stunden mittlere Standzeit der PKW pro Tag, 12 Stunden zu Hause

→ **0,62 kW mittlere Leistungsaufnahme zu Hause**

(100% Nachladung zu Hause in 12 Stunden)

Ein paar Zahlen zu Strom und Elektrofahrzeugen

Summe Haushaltsbelastung

- 0,37 kW mittlere Leistungsaufnahme Haushaltsstrom
- 0,62 kW mittlere Leistungsaufnahme zu Hause
(100% Nachladung zu Hause in 12 Stunden)

→ 0,99 kW mittlere Netzbelastung

→ < 1/3 der vorhandenen Netzkapazität

Laden muss und kann intelligent erfolgen

- Es ist ausreichend Zeit fürs Nachladen.
- Intelligente Nachladen ist notwendig.

- Intelligentes Laden kann durch Regulation der Tarife erreicht werden:
 - Bei unintelligente Laden müssen entsprechende Netzanschlussgebühren bezahlt werden,
 - bei intelligentem Laden entfallen diese.

- Schnellladestationen müssen sowieso eigene Mittelspannungsanschlüsse bekommen und werden außerhalb der Wohngebiete stehen.

Zusammenfassung

- **Große Batterien für hohe Reichweiten in durchschnittlich genutzten Fahrzeugen sind aktuell ökonomisch und ökologisch nicht sinnvoll**
- **Ultra-Schnellladung ist sicher möglich, aber nur mit der Konsequenz teurerer Batterien und wohl kaum für Kompakt- und Mittelklassewagen**
- **Netzengpässe und Stromausfälle durch hohe Quoten von Elektroautos können verhindert werden**
- **Intelligente Ladestrategien sind dafür Pflicht**



Battery Ageing • Battery Models • Battery Diagnostics • Battery Pack Design • Electromobility • Stationary Energy Storage • Energy System Analysis

Elektromobilität und Netzinfrastruktur

Städteregion Aachen, 30.01.2018

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer

**Chair for Electrochemical Energy Conversion
and Storage Systems**



E.ON Energy Research Center

