

Elektromobilität ist eine Logistikaufgabe

grüne Energie und Elektromobilität benötigen Energielogistiksysteme

Inhalt

Einführung	2
1. Regelenergiebedarf im Stromnetz	2
a. Aufbau des Stromnetzes und Einfluß erneuerbarer Energie	2
b. Last- und Erzeugungsschwankungen im Stromnetz	3
c. Vergleich von Erzeugungswerten im Jahresablauf	4
d. Dezentrale gebäudeintegrierte Energieerzeugung	6
2. Energie- und Ressourcenbedarf der Elektromobilität	6
a. Statistische Grundlagen	6
b. Gleichzeitigkeitsfaktoren von Fahrzeugnutzung und Stromnetzbelastung	7
c. Lokaler Lasteintrag öffentlicher Ladeinfrastruktur	8
d. Ressourcen der Akku-Produktion	9
3. Netzausgleichspotenzial der Elektromobilität	10
a. Einflußverhalten der Elektromobilität auf den Stromverbrauch	10
b. Nutzung der Fahrzeug - Speicherkapazität zur Netzentlastung	11
4. Tiroler Forschung und Entwicklung im Themenbereich	11
a. Modulare Speichersubsysteme für mobile und stationäre Anwendungen	12
b. Ökodesign für geschlossenen Wertstoffkreislauf	12
c. Integration der Speichersysteme in das mobile oder stationäre Stromnetz	13
d. intelligente Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge	13
e. Logistiknetzwerk enerChange.network	14
f. Wechselsysteme für uneingeschränkte elektrische Mobilität	15
Ausblick: Logistikaufgabe Elektromobilität	16

Einführung

Lastspitzen aus der Elektromobilität, volatile Erzeugungsspitzen aus erneuerbaren Energien und zunehmendes Interesse an der dezentralen Energieerzeugung und –Versorgung führen zu erhöhtem kurzfristigem Regelenenergiebedarf im Stromnetz und dadurch zu neuartigen Anforderungen an Stromnetzbetreiber und Infrastruktur.

Ernsthafte Meinungen von Fachleuten sehen eine systembedingte Grenze der Einspeisung von fluktuierenden erneuerbaren Energien bei etwa 20% des gesamten Produktionsvolumens – ein Wert der zumindest in Deutschland schon heute beinahe erreicht wird!

Flexible Energielogistiksysteme und deren Netzintegration auf System- wie auch Softwareebene sind eine wesentliche Voraussetzung zur störungsfreien Integration von erneuerbaren Energiequellen und Elektromobilitätssystemen in die Stromnetze.

Die Bereitstellung von Energielogistik, IT und Akkumulatorsystemen für stationäre Ausgleichs- und Regelenenergie wie auch als robuste Energieversorgung für mobile Anwendungen wird zur Schlüsseltechnologie im Energiewandel.

1. Regelenenergiebedarf im Stromnetz

a. Aufbau des Stromnetzes und Einfluß erneuerbarer Energie

Das Stromnetz besteht aus vier Ebenen:

- Überregionale Übertragungsnetze (380 bzw. 220 KV)
- Regionale Verteilnetze (110 KV)
- Lokale Mittelspannungsnetze (kleiner 110 KV)
- Niederspannungsnetze zur Haushaltsversorgung (kleiner 1 KV)

Die Netzfrequenz im europäischen Verbundnetz beträgt 50 Hertz (Wechselstrom) mit einer zulässigen Schwankungsbreite von 49.8 bis 50.2 Hz¹.

Die Übertragungsnetzbetreiber sind laut IEC² und (deutschem) EnWG³ §12 und §13 zu umfangreichen Maßnahmen verpflichtet, um ihre Systemverantwortung in den Bereichen

- der unterbrechungsfreien Versorgung angeschlossener Netzkunden
- der Belastungssteuerung und Engpassvermeidung
- der Frequenzhaltung
- der Spannungshaltung sowie
- der Systemstabilität

wahrzunehmen.

¹ Quelle: 50Hertz Transmission GmbH, www.50hertz.com

² IEC – International Electrotechnical Commission

³ http://www.50hertz.com/de/file/Consentec-FGH_50HzT_Syscockpit-GASysV_20100521.pdf

Der europaweit zunehmende Ausbau⁴ dezentraler erneuerbarer Energien führt zu erhöhtem Umfang schwer planbarer, schwankender Produktionsmengen und damit zu geänderten Anforderungen an das bislang sehr zuverlässige UCTE Stromnetz.

Seit 2008 wurde europaweit jährlich mehr Kraftwerksleistung aus erneuerbaren Energien installiert als aus allen anderen Energieformen zusammen.

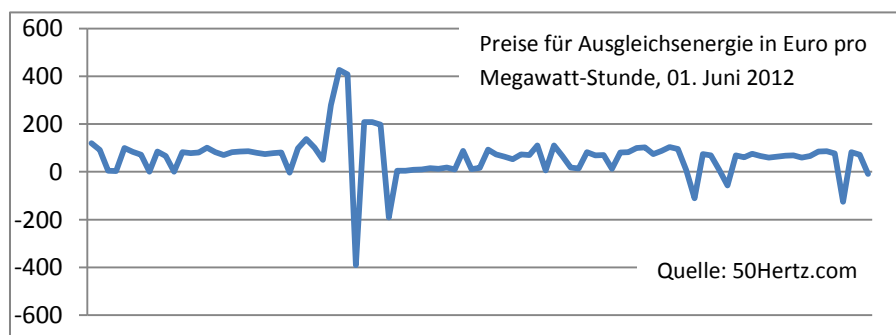
Der größte Anteil entfällt hierbei auf die Bereiche Wind und Photovoltaik, deren Produktion deutlich stärker schwankt und deutlich schlechter regelbar ist als kalorische⁵ Kraftwerke und Wasserkraftwerke, inklusive der extrem gut regelbaren, aber außerhalb des Alpenraumes nur begrenzt verfügbaren Staukraftwerke

Schiefenlasten⁶ als Ausdrucksform der zunehmend stärker differierenden Last- und Erzeugungskurven beeinträchtigen die überregionale Versorgungsqualität im Stromnetz. Energieversorger sind durch die IEC und staatliche Gesetze verpflichtet, bestimmte Toleranzwerte in der Spannungsqualität einzuhalten und sind deshalb durch die Zunahme schwer planbarer Schiefenlasten technisch wie ökonomisch stark gefordert.

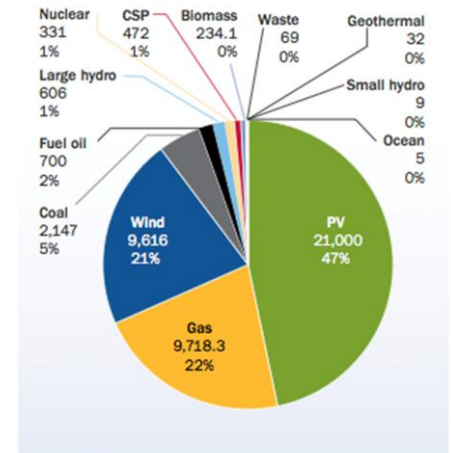
b. Last- und Erzeugungsschwankungen im Stromnetz

Dem Grunde nach müssen Erzeugungsmenge und Verbrauchsmenge im Stromnetz aufgrund der bislang kaum vorhandenen Speichermöglichkeiten stets in etwa ident sein, was erheblichen Regelungsbedarf verursacht, welcher im Bereich der Minutenreserven⁷, durch Sekundärregelleistung und Regelleistung in viertelstündlich fahrplangerechter Einspeisung abgedeckt wird.

Die Preisschwankungen für Ausgleichsenergie⁸ im Merit-Order System, zum Teil deutlich ins Minus, stellen ein plakatives Abbild der deutlichen Schwankungen im Stromnetz dar:



2011 SHARE OF NEW POWER INSTALLATIONS IN EU FIGURE 1.2



Neue Kraftwerke in der EU 2011

Quelle: IG-Windkraft, 2012, nach EWEA

http://igwindkraft.at/index.php?mdoc_id=1015837

⁴ Laut europäischem Windenergie Verband EWEA – Statistik für das Jahr 2011

⁵ Alle thermischen Kraftwerke, egal ob mit fossilen Brennstoffen, oder atomar betrieben

⁶ Technische Definition.: Schiefenlast ist die ungleichmäßige Belastung der Außenleiter eines Dreiphasen-Wechselstromnetzen. http://www.pvaustria.at/upload/3016_fechner.pdf - Der Begriff wird im Kontext aber als Kurzform für Verschiebungen zwischen Lastkurve und Erzeugungskurve im Stromnetz verwendet.

⁷ Minutenreserve: durch unmittelbar abrufbare Restkapazitäten nicht auf Vollast betriebener Kraftwerke

⁸ http://www.50hertz.com/cps/rde/xchg/trm_de/hs.xsl/2655.htm

c. Vergleich von Erzeugungswerten im Jahresablauf

Auf der gesetzlich verankerten EEX-Transparenzplattform⁹ werden laufend marktrelevante Erzeugungs- und Verbrauchsdaten veröffentlicht.

Zu Sonnenstunden im Sommer wird bis zu einem Viertel der gesamten Energieerzeugung über Wind und Sonne erzeugt, davon fünf Sechstel basierend auf Photovoltaik. Alleine die Jahreszeitbedingte Schwankung der Solarenergie beträgt bis zu 90% (Spitzenleistung 2.200 MW zu Weihnachten 2011, 1.500 MW im Jänner 2012 gegenüber 14.000 MW an einem typischen Sommertag, 9. August 2012)

Österreich, und hier insbesondere der Alpenraum, aber auch Südtirol sind in der komfortablen Lage ihre geografisch bedingten Vorteile der gut regelbaren Wasserkraft laufend fahrplangerecht einspeisen zu können und so erhebliche Erlöse¹⁰ im Energie-Export zu erzielen welche die Gesamtbilanz trotz enormer fossiler Importe entschärfen. (Anmerkung: in Energiemengen¹¹ ist die Energiebilanz Österreichs mit ca. 1 : 3.5 nach wie vor deutlich negativ)

Im Gegensatz zu Deutschland sind außerdem Österreichs Investitionen in Windkraft und Photovoltaik sehr überschaubar (z.B. Oberösterreich 2009¹²: gemeinsam nur ein Zehntel der Investitionen in Biomasse), dies gilt aber nicht für die EU: hier wurden 2010 vergleichbar hohe Kapazitäten in Photovoltaik und Wind installiert wie im Bereich der (gut regelbaren) Gaskraftwerke¹³, während die Installationen aller anderen Energieträger auf vergleichsweise niedrigerem Niveau stagnieren.

Beispiel Deutschland:

Maximale Netzlast: 80 GW, minimale Netzlast: 40 GW,
Peak-Leistung von Photovoltaik +Wind: 44 GW¹⁴

Allein der im Norden und Osten Deutschlands tätige Betreiber von Überlandnetzen, 50Hertz Transmissions GmbH, hat derzeit 21 Projekte¹⁵ für neue Offshore-Windanlagen mit einer projektierten Kapazität von 5 GW (fast 7% der deutschen Maximal-Netzlast!) im Antrags- oder Umsetzungsstadium.

Die nachfolgend dargestellten Werte für Deutschland und Österreich zeigen den inzwischen doch schon erheblichen Anteil von Wind- und Solarenergie am Gesamtenergiemarkt.

⁹ <http://www.transparency.eex.com/de/>

¹⁰ www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%202010%20inkl.%20Vorwort.pdf

¹¹ <http://duz.lebensministerium.at/duz/duz/theme/view/1303418/1098/532/#>

¹² <http://www.anschober.at/politik/presse/1014/energiebilanz-2009>

¹³ 28 gWh Gas, 21 gWh PV und Wind; Quelle: European Wind Energy Association

¹⁴ Quelle: http://www.pvaustria.at/upload/3016_fechner.pdf

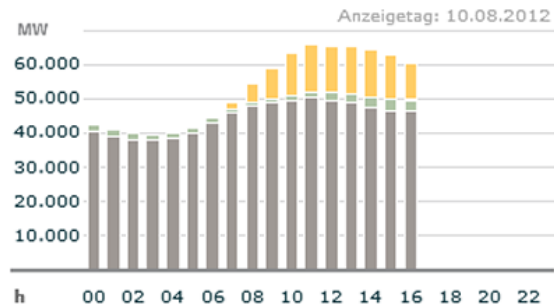
¹⁵ <http://www.50hertz.com/de/2730.htm>

DE/AT DE AT

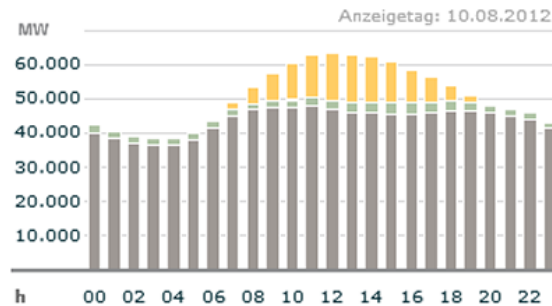
eeX

Angezeigter Zeitraum: 09.08.2012, 00:00 Uhr - 09.08.2012, 23:59 Uhr

Tatsächliche Produktion (Strom)



Geplante Produktion (Strom)



Alle Daten anzeigen:

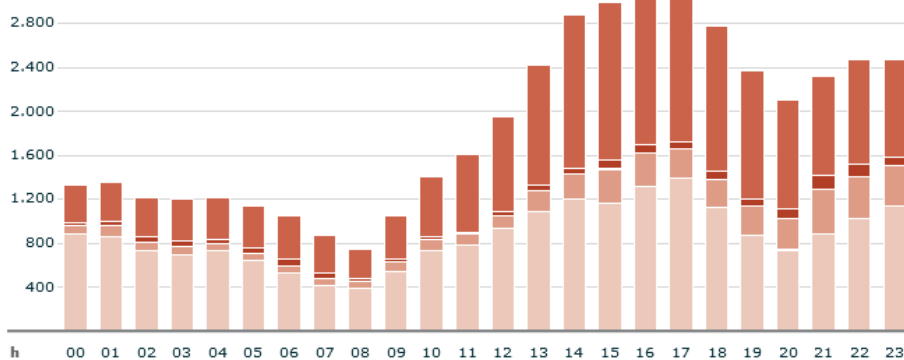
Konventionell (≥ 100MW), Wind, Solar

Alle Daten anzeigen:

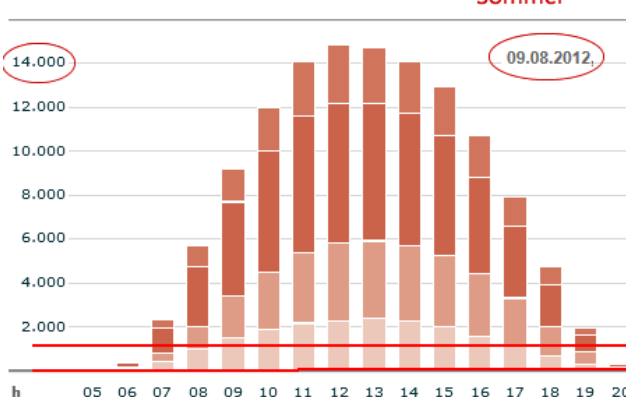
Konventionell (≥ 100 MW), Wind, Solar

Legende: Konventionell Wind Solar

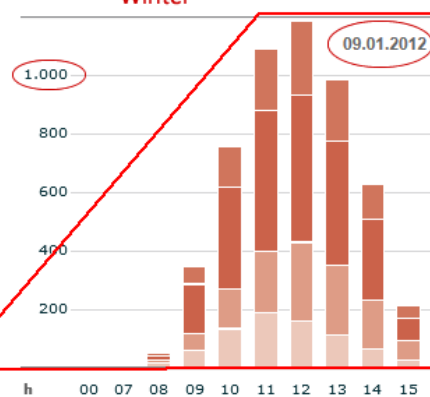
Tatsächliche Produktion Wind



Tatsächliche Produktion Solar



Winter



Legende: 50Hertz Amprion TenneT TransnetBW

Quelle:

eeX¹⁶

d. Dezentrale gebäudeintegrierte Energieerzeugung

Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich für die Stromnetze durch die steigende Verbreitung von dezentralen erneuerbaren Energien. Besonders die gebäudeintegrierte Photovoltaik zwingt das öffentliche Stromnetz zunehmend in die Funktion des Lastausgleiches.



Soll Photovoltaik zusätzlich in das Stromnetz eingespeist werden, entstehen Probleme der Schief- last¹⁷ durch einphasige Einspeisung, der Inselbildung¹⁸, der Wechselrichter welche gefiltert werden müssen um harmonische Oberschwingungen mit reinem 50 Hz Sinus zu erzeugen, etc.

Der dafür nötige Aufwand wirft die Frage auf, ob einer Netzeinspeisung kleiner Photovoltaikanlagen ökonomisch und ökologisch nicht eine rein lokale Verwertung mit Hilfe temporärer lokaler Zwischen- speicherung vorzuziehen wäre. Dem entgegen steht bislang ein reines kostenbedingtes Problem der Speichertechnologien.

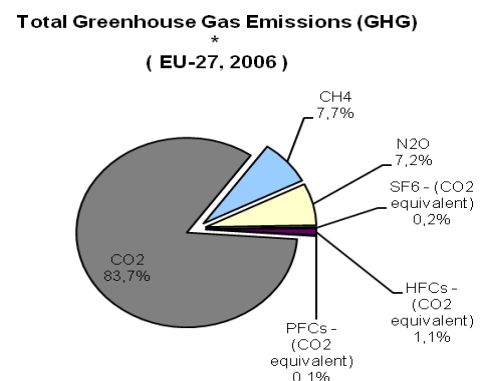
Lokale Zwischenspeicherung würde eine zumindest teilweise Vergleichmäßigung der dezentralen Erzeugung ermöglichen und die Reservenbereitstellung der überregionalen Netzbetreiber entlasten. Durch die duale Nutzung der Speicher für Vergleichmäßigung und Elektromobilität wäre dies auch ökonomisch sinnvoll durchführbar.

2. Energie- und Ressourcenbedarf der Elektromobilität

a. Statistische Grundlagen

Basierend auf den europäischen Transport-Statistiken¹⁹ ist ein Anstieg des Personen-Verkehrsvolumens von ca. 15% in den letzten 10 Jahren zu verzeichnen auf etwa 5.000 Milliarden Personenkilometern, wobei der Anteil im PKW-Bereich bei hohen 73% stagniert.

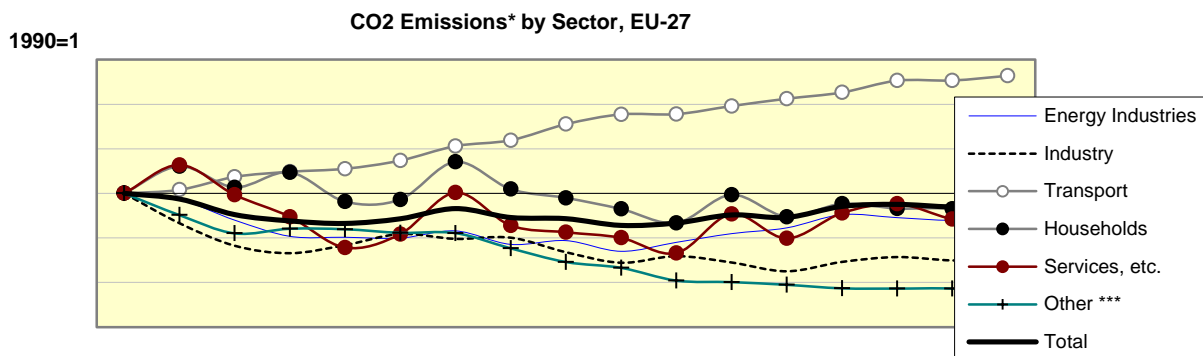
Der Transportsektor ist europaweit sowohl Mengen- als auch Belastungsmäßig (CO₂ etc) der führende Wirtschaftssektor:



¹⁷ Lösbar durch 3-phaisigen Anschluß laut deutscher Niederspannungsrichtlinie

¹⁸ Lösbar durch zwie Netzüberwachungen mit Schaltorgan zur Netztrennung im Fehlerfall

¹⁹ <http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/>



Ohne im Einzelnen auf die sehr detailliert und frei zugänglich unter [ECTRANSSTAT2009] verfügbaren statistischen Daten bezüglich Emissionsbelastung einzugehen fällt auf dass der Anteil des Transportsektors mit knapp 23 %, und hierbei der Anteil des Straßenverkehrs mit ca. 71% davon (oder etwa einem Sechstel des gesamten Emissionsaufkommens) erhebliche Einsparungsmöglichkeiten mit sich bringt

Weiters fällt der erhebliche Anstieg des Anteiles des Transportsektors am gesamten Emissionsvolumen, sowohl anteilmässig als auch in absoluten Zahlen auf.

Die bisherigen Anstrengungen zur technischen Eindämmung des verkehrsverursachten Emissionsvolumens wurden also durch den erheblichen Anstieg des gesamten Verkehrsaufkommens mehr als ausgeglichen und summiert sich bereits im Jahr 2006 auf immerhin **968.8 Millionen Tonnen CO₂**, bzw. fast 1.300 Millionen Tonnen Treibhausgase gesamt (CO₂-Äquivalent)

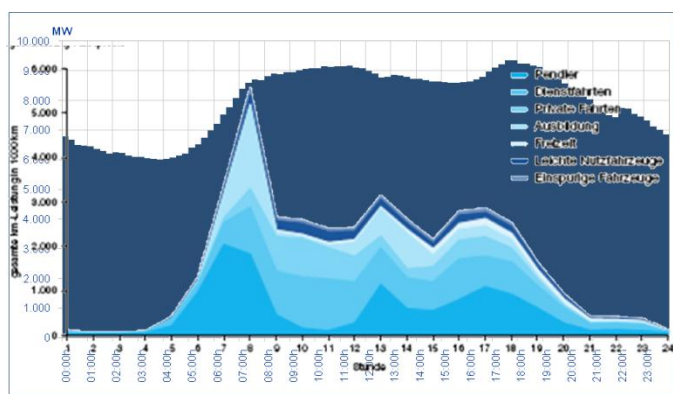
Damit Elektromobilität nicht zum Feigenblatt wird, muss Emissionsvermeidung auf mehreren Schultern ruhen:

- Verringerung der im PKW zurückgelegten Personenkilometer zugunsten multimodaler Konzepte und der Nutzung von Fuß- und Radwegen auf kurzen Strecken
- Systemwechsel in der Antriebstechnik hin zu emissionsfreien Elektromotoren
- Bereitstellung regenerativ erzeugten Stroms für diese Motoren

b. Gleichzeitigkeitsfaktoren von Fahrzeugnutzung und Stromnetzbelastung

Überlagert man die beiden Kurven von Stromnetz-Nutzung und Fahrzeugnutzung, fällt die Gleichzeitigkeit von Fahrbetrieb und Spitzenlast-Zeitraum im Netz auf.

Man kann daher unterstellen, dass beispielsweise ein erheblicher Anteil des Pendlerverkehrs und Berufsverkehrs aus Gründen der Reichweite gezwungen ist die Wiederbelastung für die Rückfahrt am Abend im Zeitraum der Netzspitzenbelastung durchzuführen.



Quelle: Energie Control GmbH, PWC.

Die nächtliche Aufladung für den morgendlichen Fahrbetrieb findet hingegen im optimalen Zeitfenster statt, jedoch mit einem relevanten Häufungspunkt in den frühen Abendstunden durch die relative Gleichzeitigkeit des Ansteckens nach der Rückkehr in die heimische Garage.

c. Lokaler Lasteintrag öffentlicher Ladeinfrastruktur

Die meisten aktuelle Publikationen mit Ausnahme von Renault bzw. Better Place und dem europäischen Elektromobilitätskonzept²⁰ gehen für die Zukunft der Elektromobilität von einem kombinierten Szenario von langsamer Ladung in der heimischen Garage in den Nachtstunden und kabelgebundenen Schnellladevorgängen an halböffentlichen bzw. öffentlichen Ladestationen aus.

Im Privatbereich stellt das Laden des Fahrzeuges eine erhebliche Belastung von Hausanschlüssen und durch den oben beschriebenen Gleichzeitigkeitsfaktor auch für das Netzsegment dar.

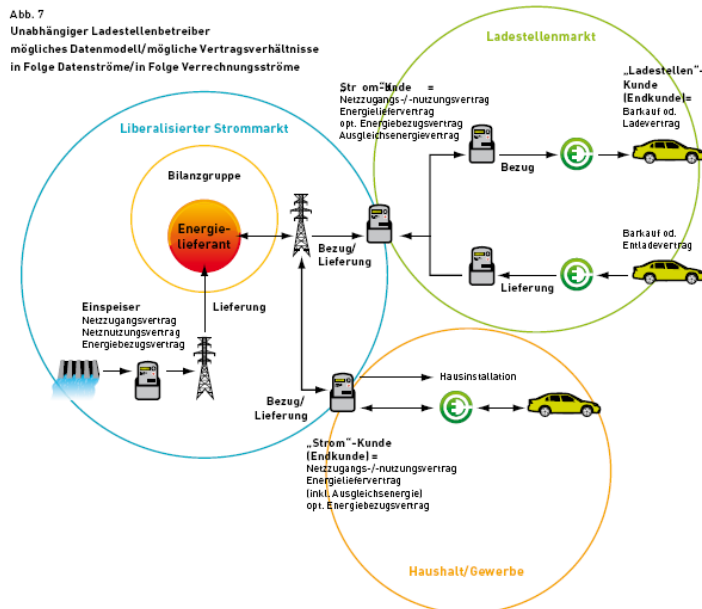


Abb.: Ladestrategien; Quelle: e-Connected 2009

Typische Wohneinheiten verfügen über 3.7 KW Anschlußleistung, im Einfamilienhausbereich zum Teil etwas mehr, von denen das Fahrzeug bereits in der niedrigsten Ladestufe per Schuko-Stecker 3 KW abzweigt – dies jedoch zumindest relativ linear und über einen längeren Zeitraum hinweg, somit zumindest regelungstechnisch für den Netzbetreiber noch einigermaßen faßbar.

Die Schnell-Ladung im öffentlichen Bereich stellt die Netzsegmente vor wesentlich größere Herausforderungen.

Ein typisches Elektrofahrzeug verfügt über Speicherkapazitäten von ca. 20 KWh bis zu 48 KWh (Tesla Roadster) und mehr. Werbeaussagen nach denen diese Kapazität innerhalb einer Stunde zu 80% nachgeladen werden können halten derzeit mangels entsprechender Hochleistungs-Ladeinfrastruktur zwar einer realistischen Betrachtung noch nicht Stand, kurzfristige Ladeleistungen von 11 KW (also mehr als 3 Wohneinheiten) pro angeschlossenem Fahrzeug sind aber bereits Realität, 22 KW in Sichtweite.

²⁰ http://www.enerchange.net/upload/elektromobilitaetskonzept_version_enerchange.pdf

Ein erwartbares Szenario mehrerer Elektrofahrzeuge welche in wegbedingt kurzen Zeiträumen, etwa während Behördengängen, mit hohen Leistungen innerhalb desselben Netzsegmentes vergleichsweise große Energiemengen in Anspruch nehmen, setzen das Stromnetz im örtlichen Netzsegment, und somit auch die Versorgungsqualität, einer erheblichen Belastung aus.

Beispiel:

6 Renault Fluence vor dem Einkaufszentrum laden mit 22 KW innerhalb von 15 Min. über 33 Kilowattstunden – mehr als den Tagesbedarf eines Einfamilienhauses!

Beispiel 2:

Als Folge der gleichzeitiger Ladung einer größeren Anzahl elektrischer PKW's (31 Fahrzeuge im Rahmen einer Überquerung des Großglockners) musste man im August 2011 einen großflächigen Ausfall²¹ des örtlichen Stromnetzes in Kauf nehmen.

Anmerkung:

der gesamte Fahrzeugbestand in Österreich beläuft sich auf ca. 3.5 Mio PKW, in der EU auf etwa 600 Millionen.

d. Ressourcen der Akku-Produktion

Die ökologische Effizienz von Akkumulator-Speichersystemen hängt von mehreren Faktoren ab:

- Anzahl der nutzbaren Ladezyklen
- Möglichkeit der Nachnutzung
- Primärressourcenbedarf
- Anteil der stofflichen und/oder funktionalen Wiederverwertung

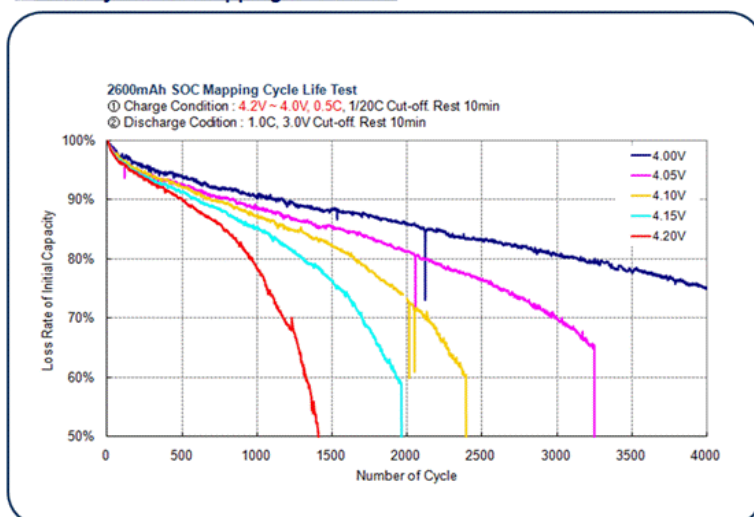
Nutzbare Ladezyklen:

Ein typisches Cycle-Life-Diagramm²² einer marktüblichen Lithium-Ionen Zelle (Cobalt-basierend) zeigt die unmittelbare Abhängigkeit der Lebensdauer vom Ladeverhalten und der Ladeschlussspannung. Schonendes Ladeverhalten kann die Lebensdauer bis zur fahrzeugrelevanten 80% Kapazitätsgrenze um den Faktor 3 erhöhen!

Möglichkeit der Nachnutzung:

Geeignet konstruierte Fahrzeug-Akkumulatorsysteme können nach Erreichen der 80% Kapazitätsgrenze noch einige Zeit für andere Anwendungen, insbesondere als lokale Speichersysteme für dezentrale Energieversorgungsanlagen, verwendet werden.

■ SOC Cycle Life Mapping Test Result



²¹ http://oekonews.at/index.php?mdoc_id=1061412

²² Quelle: Panasonic

Primärressourcenbedarf:

Der Bedarf an seltenen Erden und insbesondere auch Lithium für die Batterieproduktion wird allgemein ernst genommen. Technologisch ist im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern jedoch eine Mehrfachnutzung in einem geschlossenen Recyclingkreislauf möglich.

Man schätzt, daß allein im medial inzwischen recht bekannten bolivianischen Salzsee von Uyuni auf 3.700 m Höhe etwa 5.4 Millionen Tonnen Lithium gebunden sind – die größte leicht erschließbare Lagerstätte der Welt.

Der Lithium-Anteil von Akkus liegt je nach Technologie zwischen 80 und 140 Gramm²³ pro kWh Kapazität. 300 Mio Fahrzeuge zu je 20 kWh Akkukapazität benötigen folglich insgesamt etwa 840.000 Tonnen Lithium, etwa 20% der Vorkommen dieses Sees.

Die Notwendigkeit eines geschlossenen Recyclingkreislaufes ist also evident.

Vergleichsrechnung fossile Energieträger als Antriebsquelle:

diese 300 Mio Fahrzeuge würden bei der angenommenen Fahrleistung von jeweils 8.000 km und bestmöglichem Wirkungsgrad der Antriebe etwa 80 Millionen Tonnen Treibstoff verbrauchen und über 150 Millionen Tonnen klimaschädigende Abgase produzieren – pro Jahr!

Anteil der stofflichen und/oder funktionalen Wiederverwertung:

Der ökologische Nutzen des Paradigmenwechsels im Verkehr ist also direkt abhängig von einer umfassenden Nutzungs- und Verwertungsplanung über den eigentlichen Produktlebenszyklus hinaus. Auch dies ist vorrangig eine Logistikaufgabe, insbesondere in der Sammel- und Verteilllogistik

3. Netzausgleichspotenzial der Elektromobilität

a. Einflußverhalten der Elektromobilität auf den Stromverbrauch

Eine Modellrechnung auf Basis des Austausches von etwa 50% der europäischen PKW gegen rein elektrische Fahrzeuge bis 2030 ergibt bei ca. 300 Millionen Fahrzeugen zu ca. 20 kWh Kapazität eine gesamte Speicherkapazität von 6.000 Gigawattstunden – entsprechend dem Strombedarf²⁴ der EU über einen Zeitraum von etwa zwei Wochen.

Bei einer jährlichen Fahrleistung von 8.000 km pro Fahrzeug²⁵ bewegt sich der Gesamtenergiebedarf für diese angenommenen 300 Mio PKW bei ca. 432.000 Gigawattstunden, also etwa 10% des gesamten Strombedarfes.

Diese Größenordnung wird auf absehbare Zeit nicht erreicht werden können, schon wegen der nicht

²³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator>

²⁴ Energiebedarf der EU 2010: 3.354.000 Gigawattstunden, Erwarteter Mehrbedarf bis 2030: +25%
siehe www.vgb.org/daten_stromerzeugung-dfid-32268.html

²⁵ Ergibt 2.400 Mrd. Personenkilometer, also etwa die Hälfte der derzeitigen knapp 5.000 Mrd.

vorhandenen Produktionskapazitäten für derartige Fahrzeuge, zeigt aber doch den potenziellen Einfluß der Elektromobilität auf die Stromnetze auf.

b. Nutzung der Fahrzeug - Speicherkapazität zur Netzentlastung

Mit Ausnahme des Alpenraumes und vergleichbarer alpin geprägter Landstriche ist die Speicherung von elektrischer Energie in Europa nur mit sehr hohen Kosten und entsprechend stark eingeschränkt möglich.

Oben genannte Speicherkapazitäten in Fahrzeugen haben deshalb schon 2010 interessierte Blicke der Netzverantwortlichen auf sich gezogen. Tatsächlich ist eine potenzielle Kapazität von 4% des Jahresbedarfes in obiger Modellrechnung eine nähere Betrachtung wert. Dies betrifft auch die dezentral „zu Hause“ erzeugte Energiemenge. Wer kann, sollte sein Auto mit dem eigenen regenerativen Strom laden.

Eine Doppelnutzung der entstehenden, enormen Speicherkapazität zu Mobilitätszwecken und zur Erhöhung der Netzstabilität liegt auf der Hand.

Die Frage ist nur – wie?

Damit wird Elektromobilität zum Logistikthema.

4. Tiroler Forschung und Entwicklung im Themenbereich

Die genannten Problemstellungen führen europaweit zu intensiven Anstrengungen der Forschung und Entwicklung.

Beispielhaft zu nennen wären

- das H2-Hybridkraftwerk²⁶ der Großkonzerne VATTENFALL, TOTAL und Deutsche Bahn
- die privat patentierte Anlage zur Erzeugung von Regelenergie²⁷ von Klaus Rasche aus Leipzig
- die Initiativen zur Einführung der umstrittenen Smart Meter durch die Energieversorger
- das Lobbying zur Verstärkung²⁸ der Hausanschlüsse und überregionalen Netzversorgung
- Austria Mobile Power und viele weitere Initiativen

In Tirol hat sich seit 2010 ein Forschungskonsortium aus mehreren Hochschulstudiengängen und sechs Unternehmen gebildet, welches unter Anderem im Rahmen des K-Regio Zentrums „enerChange“ mit Unterstützung des Landes und der Europäischen Union (EFRE-Programm) Forschung und Entwicklung auf hohem Niveau betreibt.

Die F&E Schwerpunkte liegen in den Fachbereichen Mechatronik, Elektronik, IT und Antriebstechnik, sowie dem ÖKO-Design und dem Recyclingprozess der Akkumodule.



²⁶ https://www.enertrag.com/download/present/FAQ_Hybridkraftwerk.pdf

²⁷ <http://www.patent-de.com/20041230/DE10321651A1.html>

²⁸ ähnlich Ökostrom finanziert zu Lasten aller Stromkunden, unabhängig ob elektrisch mobil oder nicht

Die Herausforderungen und technischen Risiken finden sich in der Konzeptionierung des Akkumoduls „changePack“ und dem integrierten Batteriemanagementsystem, der Entwicklung eines bipolaren Wechselrichters für den Hochvoltbereich und der softwaremässig parametrisierbaren Laderegelung.

a. Modulare Speichersubsysteme für mobile und stationäre Anwendungen

Ziel der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit ist die Entwicklung eines modularen Akkumulator-Systemes welches

- leicht transportabel
- beliebig zu Speicher-Stacks kombinierbar
- kostengünstig zu fertigen und zu recyceln
- tauglich für Automotive-Anwendungen
- und variabel bestückbar ist

die Akkumulatormodule („changePacks“) lassen sich in beliebige Infrastrukturumgebungen (z.B. Elektrofahrzeuge) problemlos integrieren und stellen für die angeschlossene Infrastruktur insofern auch Investitionsschutz dar, als auch zukünftige Zelltechnologien in den changePacks bereitgestellt werden können, ohne daß die nutzende Infrastruktur geändert werden müßte.

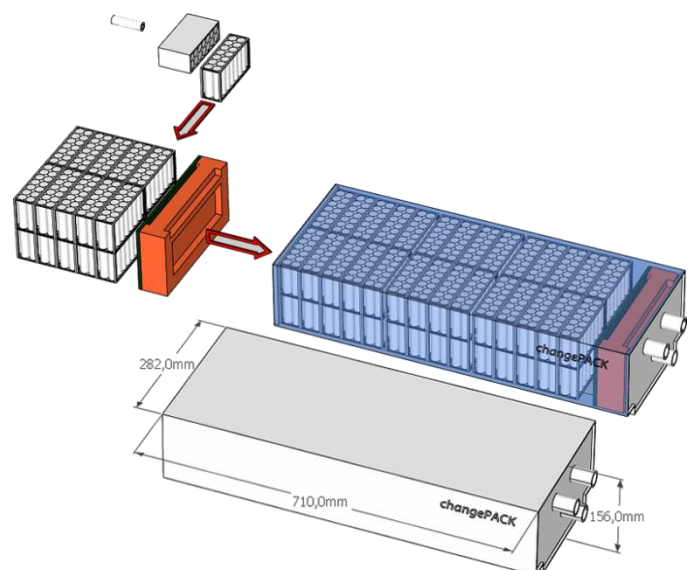
Das Akkumodul verhält sich dem Fahrzeug gegenüber immer ident, egal welche Zelltechnologie darin verbaut ist. Dadurch können Fahrzeuge von Verbesserungen der Akkutechnologie profitieren ohne selbst geändert zu werden.

b. Ökodesign für geschlossenen Wertstoffkreislauf

Moderne Speichersysteme sind ein komplexes System aus Zellen, Zellhaltern, Leitungs- und Leistungselektronik, elektronischen Batteriemanagementsystemen und Kommunikationseinheiten, elektrischen Schaltgeräten und den zum Teil recht aufwendigen Gehäusen und Steckverbindern.

Der Recyclingkreislauf ist also gefordert, sämtliche nutzbaren Bauteile zu trennen und – je nach Zustand und Zulässigkeit einer erneuten Verwendung (z.B. Gehäuse, Platinen) oder stofflichen Wiederverwertung zuzuführen.

Beim Recyceln der Akkuzellen selbst kommen viele verschiedene Prozesse zum Einsatz. Die einzelnen Verfahren lassen sich in Pyrometallurgie und Hydrometallurgie unterscheiden, wobei immer eine physikalische Operation vorgeschaltet ist, um die Akkumulatoren zu zerkleinern und die einzelnen Elemente wie Anode, Kathode, Metallgehäuse usw. voneinander zu trennen.



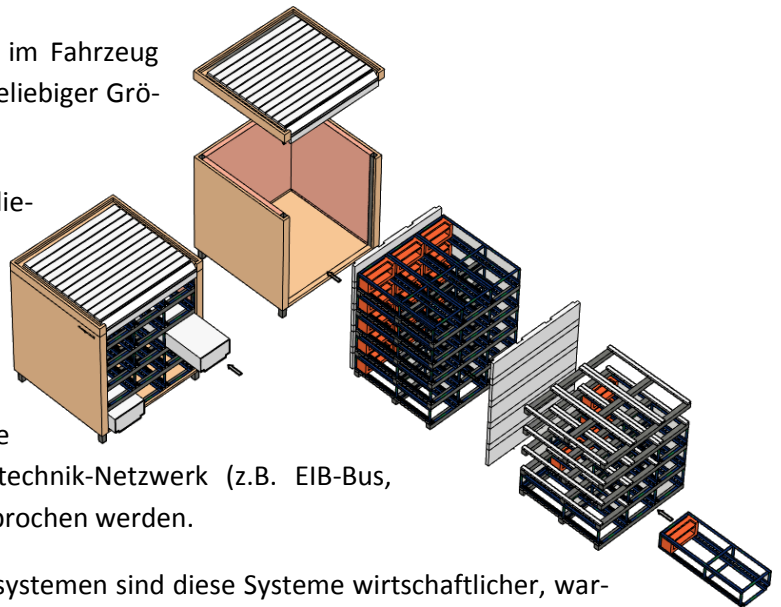
Der Vorteil des Recycling gegenüber der primären Metallaufbereitung ist neben der Schonung der Ressourcen auch eine meist kostengünstigere Aufbereitung als bei primären Quellen. Auch der Metallgehalt der wiederaufzubereitenden Batterien ist meist höher als bei deren Erzen^{29 30}.

Das Ökodesign der changePack-Akkumodule ermöglicht ein kostengünstiges europaweites Sammelsystem, die zerstörungsfreie Trennung der funktional wiederverwertbaren Komponenten und Wertstoff-Bestandteile und deren getrennte Weiterleitung zur Wiederverwertung.

c. Integration der Speichersysteme in das mobile oder stationäre Stromnetz

Die changePack Akkumodule können sowohl im Fahrzeug als auch stationär zu Speicherkomponenten beliebiger Größe („Battery-Stacks“) kombiniert werden.

Aus Sicht eines Fahrzeuges stellt sich eine beliebige Anzahl³¹ von changePack Akkumodulen als eine Einheit dar, welche sich aus Sicht des im Fahrzeug integrierten CAN-Systemes wie eine einzige Batterie verhält.



Auch in stationärer Infrastruktur können die Speicher-Subsysteme über das lokale Haustechnik-Netzwerk (z.B. EIB-Bus, Ethernet etc.) als monolithische Einheit angesprochen werden.

Im Vergleich zu anderen stationären Speichersystemen sind diese Systeme wirtschaftlicher, wartungsfreundlicher und auch wesentlich leichter architektonisch zu integrieren, da von geringerem Volumen, Gewicht und Gefahrenpotenzial als andere Technologien.

Aus der Forschungstätigkeit des Tiroler K-Regio „enerChange“ entstehen aber auch Komponenten der Leistungselektronik, wie Hochvolt Wechselrichter zur fahrplangerechten Netzeinspeisung, und die dazu nötigen elektronischen Steuereinheiten.

d. intelligente Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

Die wesentlichen technischen Voraussetzungen für die Elektromobilität sind verfügbar. Batterien sind ausreichend leistungsfähig und die Fahrzeuge gleichwertig mit konventionellen Fahrzeugen nutzbar wenn wir es schaffen den richtigen (erneuerbaren) Strom zur richtigen Zeit ins richtige Fahrzeug zu bringen ohne die Stromnetze zu überlasten.



Hierzu ist eine zeitgemäße Benutzerinteraktion und Bedarfssteuerung erforderlich. Im K-Regio Projekt ist dazu das Konzept einer vernetzten, intelligenten Ladeinfrastruktur entstanden, welches sich

²⁹ V. Ekermo, Recycling opportunities for Li-ion Batteries from hybrid electric vehicles, Masterarbeit, Chalmers University of Technology 2009

³⁰ Chemische Technik: Prozesse und Produkte, 5th ed. (Eds: R. Dittmeyer), Wiley-VCH-Verl, Weinheim 2006.

³¹ bis zu 15 changePacks können zu einer CAN-Entity verbunden werden.
Typischerweise führen Fahrzeuge allerdings nur 3-4 changePacks mit.

in die verschiedenen Navigationssysteme ebenso nahtlos integrieren läßt wie in die Verwaltungssysteme der Energieanbieter.

Die intelligente Ladeinfrastruktur verfügt über mehrsprachige Benutzerführungen und kann sowohl vor Ort als auch über mobile Devices oder den heimischen PC angesprochen werden, um zum Beispiel geeignete Stationen auf der Strecke längere Ausflüge, nahe den gewünschten Ausflugszielen zu finden.

Kabelgebundene Ladeinfrastruktur muß in zweierlei Weise zum Kunden passen:

- zum Fahrzeug passendes Steck- und Ladesystem
- zum Kunden passendes Abrechnungssystem

Das in Tirol entwickelte und nun in großem Umfang für Lebensland Kärnten im CEMOBIL-Projekt ausgerollte intelligente Ladesystem kann mit jeder beliebigen Form von Stecksystem bestückt werden und unterstützt von Haus aus den neuesten europäischen Normstandard³² („Typ2 Normstecker“)



Roamingfähiges Abrechnungssystem

Weiters ist das intelligente Ladesystem durch die Vernetzung mit dem Rechenzentrum in der Lage, beliebige Authentifizierungsmethoden abzubilden. Dadurch ist der für die überregionale Nutzbarkeit essenzielle Schritt zum roamingfähigen Abrechnungssystem³³ verwirklicht.

Zeitsteuerung für optimalen Ressourceneinsatz

Um morgens loszufahren muß der Ladevorgang nicht unbedingt bereits bei der abendlichen Ankunft, gemeinsam mit allen anderen Fahrzeugen im Ort, sofort gestartet werden. Eine zeitliche Staffelung entsprechend der Verfügbarkeit ökologischem Stromes scheiterte bisher an der mangelnden Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen.

Erstmals ermöglichen die in Tirol entwickelten intelligenten Ladesystemen den zeitlichen Versatz zwischen Anstecken und Beginn des Ladevorganges unter Berücksichtigung der Nutzerwünsche und der Verfügbarkeitsdaten des regionalen Stromnetzes.

Dadurch können Netzüberlastungen aufgrund von Gleichzeitigkeitsfaktoren vermieden werden und ein wesentlich höherer Anteil ökologisch regenerativ erzeugter Energie im Fahrzeug kann sicher gestellt werden.

e. Logistiknetzwerk enerChange.network

Der Energie-Logistikbereich wird zusätzlich durch das enerChange.network unterstützt. Hier erfolgt erstmals eine überregionale Vernetzung einer großen Zahl von Ladestationen für Elektrofahrzeuge mit dem Ziel, angebotsorientierte Bedarfsteuerung auf Basis der im Zeitablauf verfügbaren ökologischen Energiemengen umzusetzen und so gleichzeitig Schiefasten zu senken und die Nutzung durch den Fahrzeughalter jederzeit sicherzustellen.

³² nach DIN EN 61 851-1 vom Jänner 2012

³³ entsprechend der Forderung des Schlußdokumentes von e-Connected Austria II

f. Wechselsysteme für uneingeschränkte elektrische Mobilität

Unabhängig von der Qualität und Verfügbarkeit intelligenter kabelgebundener Ladesysteme und der dafür erforderlichen Kapazitäten im Stromnetz ist die zeitliche Abhängigkeit von Ladevorgang und Fahrbetrieb nach wie vor ein Hemmschuh in der Elektromobilität.

Bereits 2009³⁴ wurde nachgewiesen, daß zur Optimierung der Stromnetzintegration und zur uneingeschränkten Nutzbarkeit der Elektrofahrzeuge eine Trennung von Lade- und Fahrtzyklus erforderlich ist. Diese Trennung läßt sich realistisch nur mit Hilfe eines überregionalen Akku-Wechselsystemes verwirklichen, welches keine Marktmonopolisierung mit sich bringt und somit auch für beliebige Infrastruktur-, Fahrzeug- und Technologieanbieter nutzbar ist.

Das Tiroler K-Regio Forschungszentrum „enerChange“ arbeitet deshalb auch an einem kompletten Wechselsystem, welches in jedes beliebige Fahrzeugkonzept integriert werden kann, in der Fahrzeugkonstruktion größtmögliche Freiheit läßt, und die zeitliche Trennung von Fahrbetrieb und Ladeprozess optimal verwirklicht.



Auf den beiden Leitmesen für Elektromobilität im deutschsprachigen Raum, der eCarTec München 2012 und der Kärntner Elektromobilitätsmesse 2013 wird ein erstes experimentelles Akkuwechselsystem vorgestellt, welches Fahrzeuge innerhalb von zwei Minuten wieder zur Weiterfahrt bereit macht.

Mehrstündige Wartezeiten entfallen und die Ladung der changePack Akkumodule erfolgt netzscho-nend, ausschließlich mit regenerativem Strom und unter größter Schonung der Akkuzellen zeitver-setzt zum eigentlichen Fahrbetrieb.

³⁴ europäisches Elektromobilitätskonzept 2009;
http://www.enerchange.net/upload/elektromobilitaetskonzept_version_enerchange.pdf

Ausblick: Logistikaufgabe Elektromobilität

Zunehmende Produktionskapazitäten fluktuierender erneuerbarer Energien, dezentrale Produktion in kleinen privaten Einheiten könnten mit einer steigenden Anzahl elektrischer Straßenfahrzeuge zu einem Zielkonflikt durch verstärkte Diskrepanzen zwischen Erzeugungs- und Lastkurven führen.



Zu Ende gedacht, kann die Elektromobilität aber auch ein wichtiger Beitrag zur Auflösung der Regelenenergieproblematik sein. Durch die gleichzeitige Nutzung für Mobilitätszwecke und als Netzpufferung kann die Elektromobilität erstmals auch außerhalb der Gebirgsräume ökonomisch vertretbar große, rasch verfügbare Regelenenergiespeicher zur Verfügung stellen.

Fahrzeugakkus können Überproduktionen ohne Regelungsbedarf zeitnah aufnehmen und in Zeiträumen hohen Lastanfalles auf die Aufnahme ökologisch fragwürdigen Stromes verzichten.

Der Schlüssel dazu ist die möglichst weitgehende zeitliche Entkoppelung von Fahr- und Ladebetrieb durch verschiedene Maßnahmen, zu deren Forschung im Tiroler K-Regio Forschungszentrum „enerChange“ mehrere Millionen Euro zur Verfügung stehen.

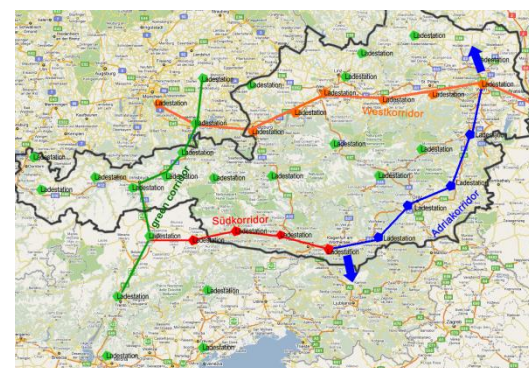
Deshalb wird im mehrjährigen Forschungsprojekt im K-REGIO-Programm (EFRE/Land Tirol) ein modulares Baukastensystem von elektronischen, mechanischen und informationstechnischen Komponenten entwickelt, welches vorwiegend für folgende Anwendungen eingesetzt werden kann:

- Ausgleichs für autonome, netzferne Anwendungen sowie Plus-Energie-Gebäude
- fahrplangerechte Rückeinspeisung in überregionale Stromnetze („Smart Grid“)
- Lastspitzenglättung bzw. Zwischenspeicherung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen
- netzschonende Energieversorgung jeglicher Ladesysteme für Elektrofahrzeuge
- ganztägig durchgehender Betrieb von Elektrofahrzeugen mit Wechselakkus

Erste Produkte wie das modulare Akkusystem „changePack“, das überregionale enerChange.network und die in Kärnten eingesetzte intelligente Ladeinfrastruktur stehen inzwischen zur Verfügung.

Weitere Schritte dienen der Fertigstellung des Wechselsystemes für Elektrofahrzeuge, das durchgehenden, uneingeschränkten Fahrbetrieb mit bestmöglicher Netzentlastung verbindet und erhebliche Kosteneinsparungen in Akkuproduktion und –Recycling möglich macht.

Mittelfristiges Ziel ist die Schaffung einer flächendeckende Versorgungsinfrastruktur³⁵ im Raum München/Wien/Bregenz/Venedig im Rahmen der Green-Corridor Initiative innerhalb des 7. Rahmenprogrammes der EU.



³⁵ Abb.: vorgeschlagener Netzplan. Kartendaten: maps.google.com. Darstellung: eigene