



Energiegipfel
Isny, 06.05.2017

E-Mobilität – Quo Vadis

Werner Tillmetz

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)
Baden-Württemberg

KURZPORTRAIT ZSW

ZSW – Neue Energietechnologien

Angewandte Forschung & Entwicklung:

- Batterien & Superkondensatoren
 - Materialien, Produktion Technologies, Systeme, Qualifikation
- Brennstoffzellen
 - Technologie, Systeme, Testzentrum
- Photovoltaik
 - Dünnschichttechnologie (CIGS) & Anwendungssysteme
- Erneuerbare Kraftstoffe
 - Power-to-Gas, Biomasse, Vergasung
- Energiepolitik & Energiewirtschaft

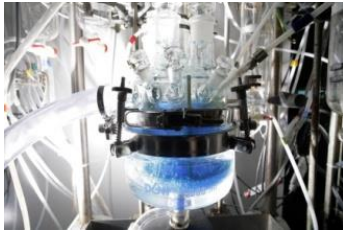


Gemeinnützige Stiftung - 85 % drittmittelfinanziert - 240 Mitarbeiter

ZSW – Ulm: Elektrochemische Energietechnologien

Angewandte Forschung & Entwicklung:

- Batterien & Superkondensatoren
 - Materialien, Zell- und Fertigungs-Technologien, Systemtechnik, Testzentrum
- Brennstoffzellen & Elektrolyseure
 - Komponenten, Zell- und Fertigungs-Technologien, Systemtechnik, Testzentrum



Partner

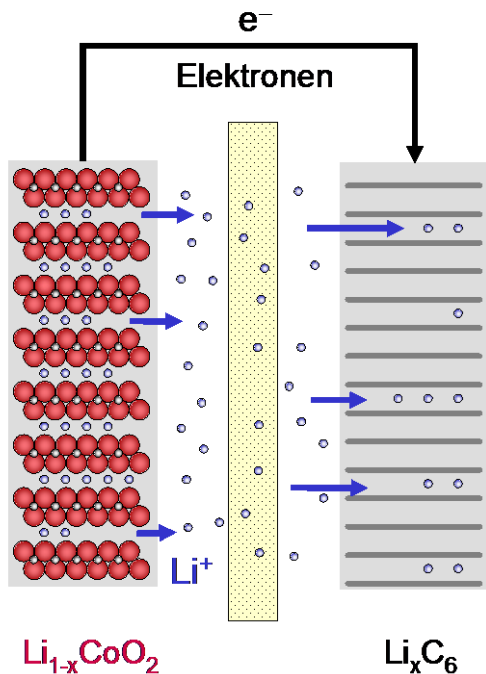


Schlüsseltechnologien für die E-Mobilität

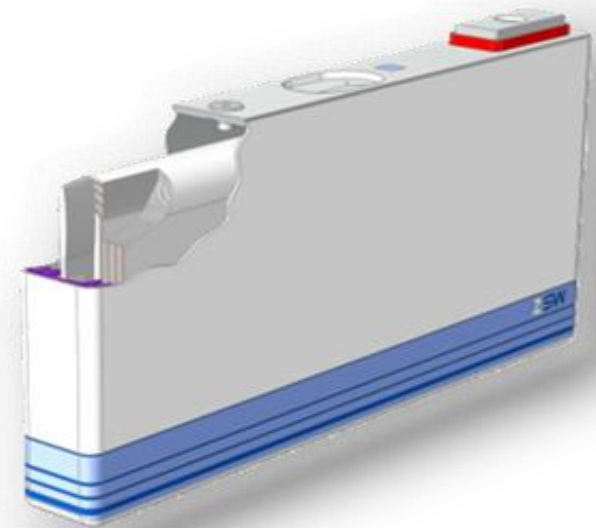
BATTERIEN & BRENNSTOFFZELLEN

Batterien (Akkumulatoren) = Elektrochemische Energiespeicher

- Batterien (Akkumulatoren) speichern elektrischen Strom mit hohem Wirkungsgrad (Laden - Entladen)
- Li-Ionen-Batterien haben die höchste Energiedichte heutiger Akkumulatoren



Funktion und Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie



Lithium-Ionen-Technologie in etablierten Märkten

Zellen für Unterhaltungselektronik, E-Bikes, Power Tools:

- Globaler Markt für Li-Ionen-Zellen 2015: ca. 20 Mrd. US \$
Zellenproduktion: Asien
- Jährliche Wachstumsraten (CAGR): ca. 20%
- Neue Produkte: E-Bikes, E-Scooter
- Steigende Anforderungen (Kapazität) bei Smartphones, Tablets...



Lithium-Ionen-Technologie in der E-Mobilität

Zelle:

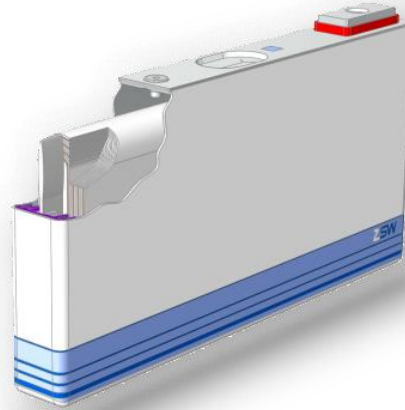
- Entscheidend für viele Fahrzeugeigenschaften
Reichweite, Kosten, Sicherheit, Zuverlässigkeit...
- Batterie hat bis zu 40% Wertschöpfungsanteil am Fahrzeug,
davon Zellen bis zu 80%. Zellenproduktion heute: Asien
- Dynamische Marktentwicklung für Fahrzeug-Zellen
in 2014: > 2 Mrd. €
in 2025 : 30...60 Mrd. €
in 2035 : > 100 Mrd. €



Tesla S, Toyota Prius, Audi A3 e-tron, BMW i3, Mercedes S500, Quellen: Hersteller

Anforderungen an Li-Ionen-Zellen in der E-Mobilität

- **Energiedichte**
Ziel: 800 Wh/l
- **Leistung**
Schnellladung
- **Betriebsbedingungen**
- 30°C bis 50°C
- **Qualität**
z.B. homogene Kapazität



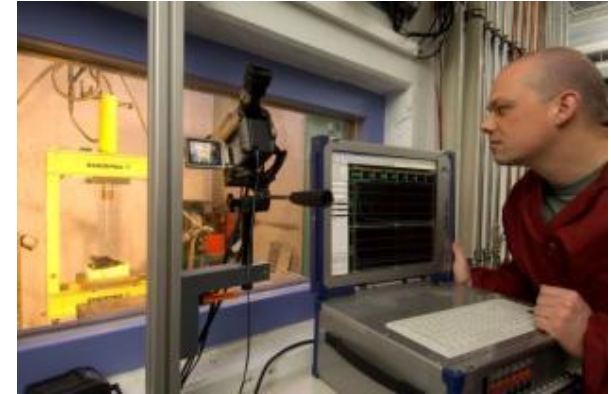
- **Sicherheit**
Betrieb & Crash
- **Lebensdauer**
Kalendarisch & Zyklen
- **Ressourcen**
Rohstoffe, Know How



Kalender



Fahrzeugtestkabine



Testbunker mit Videoüberwachung

Weltweit ca. 2 Mio. E-Fahrzeuge auf der Straße (12/2016)



BMW i3: € 35.000, 33 kWh



Chevy Bolt: \$ 37.500, 60 kWh



Tesla Model 3:
\$ 35.000, < 60 kWh

**Neue Generation
E-Fahrzeuge
mit 300+ km Reichweite
für 30.000+ €**

Batterie-E-Fahrzeuge

- Stadtfahrzeuge & Car Sharing
- Lieferfahrzeuge (Paketdienste, Handwerker, Kommunalfahrzeuge, etc.)
- 90% aller privaten Pkw Fahrten sind kürzer als 40 km pro Tag:
 - weniger als 6 kWh pro Tag nachladen
 - genügend Reserve bei einer 20...30 kWh Batterie
 - 23 h Zeit zum Nachladen (zu Hause, in der Firma, beim Shopping)



Brennstoffzellen = Energiewandler

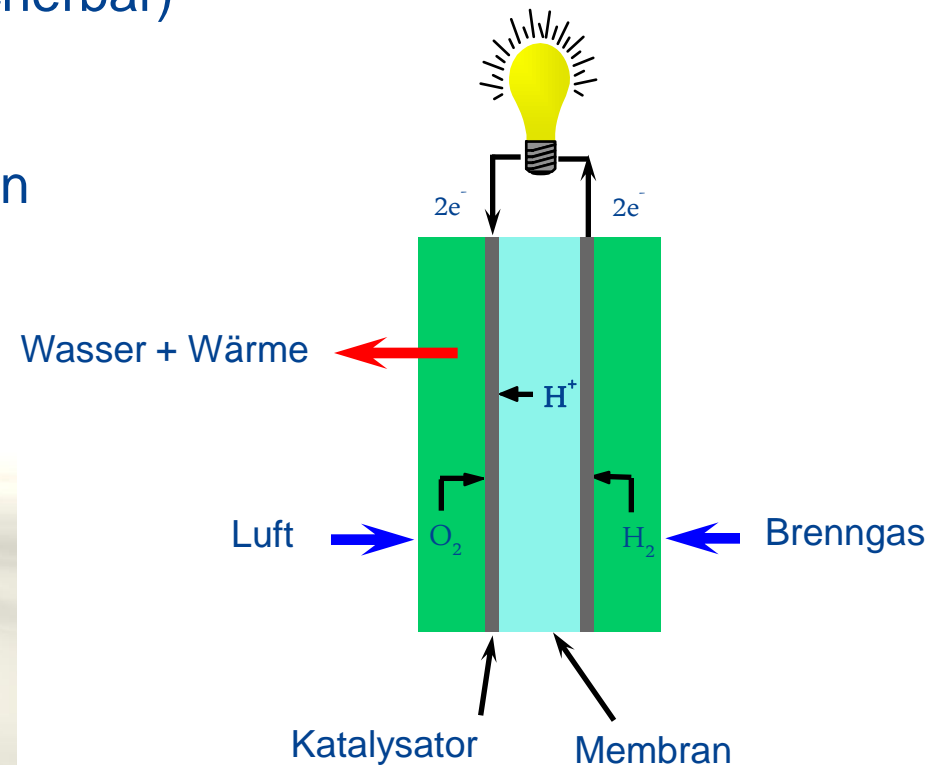
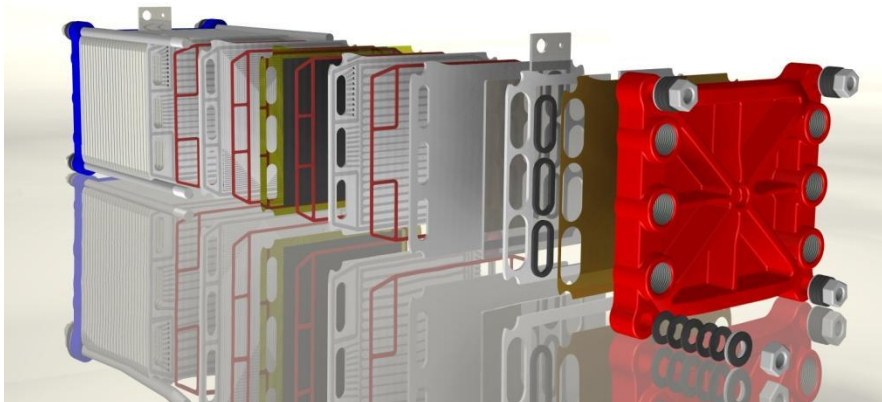
Brennstoffzellen wandeln

Brenngase (Wasserstoff = gut speicherbar)

und Sauerstoff (aus der Luft)

hoch effizient und **schadstofffrei** in

Strom, Wärme und Wasser um



Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle und regenerativem Wasserstoff

- Erfüllen Kundenanforderungen:
Reichweite (> 500 km) - schnelles Tanken (< 3 min) - Heizung
- Serienfahrzeuge:
 - Toyota, Honda, Hyundai Markteinführung gestartet (5000 in 2016)
 - Daimler ab E 2017
 - Ideal auch für Stadtbusse und Lieferfahrzeuge



Automotive
BZ-System
100 kW
(Bild: Daimler)



Toyota FCV, Mercedes B-Klasse F-Cell (Bilder: Hersteller)



Brennstoffzellen-Hybridbus in
Stuttgart. Bild: SWP/dpa

Wasserstoff – Treibstoff und Energiespeicher

- Wasserstoff (H_2) aus Erneuerbarem Strom über Elektrolyse (Power to Gas)
- Speicherung von Überschussstrom - Netzentlastung
- Treibstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge
- Aufbau der Wasserstoff-Tankstellen Infrastruktur (ca. 200 weltweit installiert, große Regierungsprogramme etabliert)



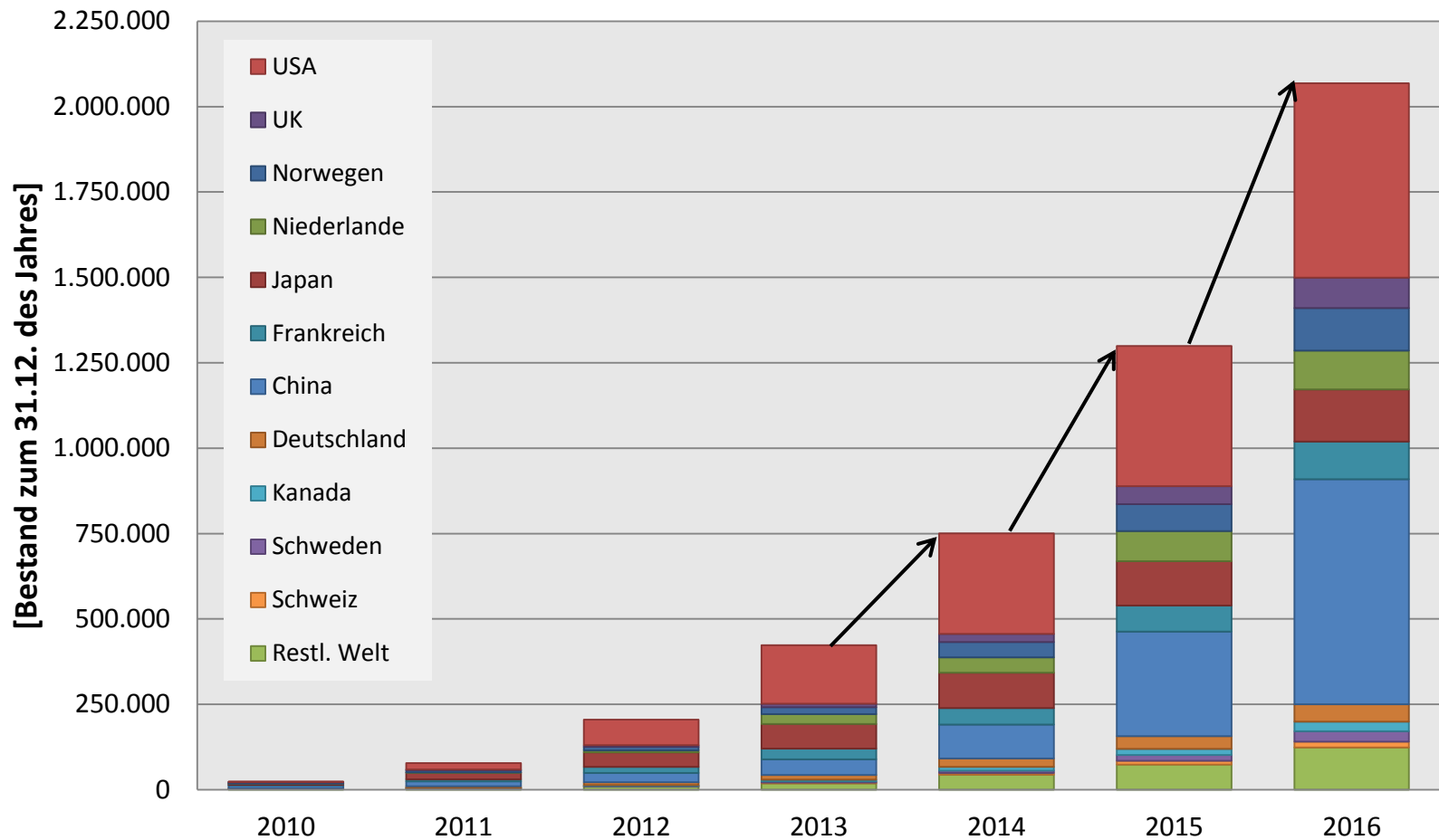
H₂-Tankstelle
am ZSW in Ulm



Elektromobilität

WIE ENTWICKELN SICH DIE MÄRKTE?

Weltweit 2,1 Mio. E-Fahrzeuge auf der Straße (12/2016)



Quelle: ZSW



E-Autos auf den Straßen der Welt

- Nach etwa 80% Wachstum p.a. über letzten Jahre, hat sich Zahl der Elektrofahrzeuge weltweit immer noch um 60% auf inzwischen 2,1 Millionen erhöht (Bestand)
- In China (660.000) und den USA (570.000) sind die meisten Autos unterwegs - Deutschland liegt mit etwa 50.000 Fahrzeugen auf Platz 8.

Zahl der jährlich produzierten / verkauften E-Autos

- Insgesamt wurden 2016 schon 800.000 E-Autos neu zugelassen – in 2017 werden es deutlich mehr als eine Million sein
- Während in China die Wachstumsrate bei 75% (nach 300% im letzten Jahr) lag, ist sie in Deutschland unter 10%
- Die Produktionskapazitäten für so große Stückzahlen (insbesondere in China) müssen erst aufgebaut werden; teilweise kam es 2016 zu Lieferengpässen bei Zellen
- Die Förderung in den jeweiligen Ländern hat noch einen sehr großen Einfluss auf die Verkaufszahlen – so begann Deutschland erst im letzten August mit der Förderung von E-Fahrzeugen
- Viele attraktive Modelle (> 300 km Reichweite , ca. 30 T €) wie der neue i3 von BMW, der Opel Ampera-E, der Tesla Model 3 und andere kommen erst noch auf den Markt oder sind erst kürzlich in die Ausstellungsräume gekommen

Die führenden Hersteller

- BYD führt inzwischen die Tabelle mit 100.000 neuzugelassenen Fahrzeugen an – vor Tesla mit 70.000 Fahrzeugen
- Lässt man die chinesischen Hersteller in der Analyse außen vor, dann ergibt sich folgendes Bild:
 - Tesla ist die Nr. 1, gefolgt von VW (52.000), Nissan (47.000) und BMW (44.000) – bei Daimler sind es etwa 18.000 (Platz 15)
 - Beeindruckend sind die Wachstumsraten im Vergleich zum Vorjahr von 60% bei BMW und General Motors

Elektromobilität

ARBEITSPLÄTZE

Wertschöpfung / Arbeitsplätze



Der Tagesspiegel vom 02.11.16:
Mehr als ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Fahrzeuges
entfällt auf die Batterie

<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zellenproduktion-batterie-dilemma-reloaded/14726734.html>

Wertschöpfung / Arbeitsplätze

- Batterie bestimmt Reichweite, Kosten, Zuverlässigkeit, ...
- Zellenproduktion heute: Asien



Der Tagesspiegel vom 02.11.16:
Mehr als ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Fahrzeuges
entfällt auf die Batterie

<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zellenproduktion-batterie-dilemma-reloaded/14726734.html>

Wertschöpfung / Arbeitsplätze

- Batterie bestimmt Reichweite, Kosten, Zuverlässigkeit, ...
- Zellenproduktion heute: Asien
- Beschäftigte in der Autoindustrie: 12,2 Millionen in der EU



Der Tagesspiegel vom 02.11.16:
Mehr als ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Fahrzeuges
entfällt auf die Batterie

• <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zellenproduktion-batterie-dilemma-reloaded/14726734.html>

Wertschöpfung / Arbeitsplätze

- Batterie bestimmt Reichweite, Kosten, Zuverlässigkeit, ...
- Zellenproduktion heute: Asien
- Beschäftigte in der Autoindustrie: 12,2 Millionen in der EU
- E-Fahrzeuge haben weder Abgassystem, Ventile & Einspritzsystem, Kolben & Zylinder, Zündkerzen, Getriebe & Kupplung
- ... brauchen keinen Ölwechsel und weniger Bremsbeläge



Der Tagesspiegel vom 02.11.16:
Mehr als ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Fahrzeuges
entfällt auf die Batterie

<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zellenproduktion-batterie-dilemma-reloaded/14726734.html>

Wertschöpfung / Arbeitsplätze

- Batterie bestimmt Reichweite, Kosten, Zuverlässigkeit
- Beschäftigte in der Autoindustrie: 12,2 Millionen in der EU
- E-Fahrzeuge haben weder Abgassystem, Ventile & Einspritzsystem, Kolben & Zylinder, Zündkerzen, Getriebe & Kupplung
- ... brauchen keinen Ölwechsel und weniger Bremsbeläge
- Zellen Schlüsseltechnologie und kommen bis heute ausschließlich aus Asien
- Asiatische Hersteller betreiben vertikale Integration
- Weltmarkt nur für Lithium-Ionen-Zellen > 50 Mrd \$ in 2025

Der Tagesspiegel vom 02.11.16:
Mehr als ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Fahrzeuges
entfällt auf die Batterie

<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/zellenproduktion-batterie-dilemma-reloaded/14726734.html>

siehe

www.electrive.net

Newsletter-Abo per Mail an: *abo@electrive.net*

Lithium-Ionen-Batterien für die Stromspeicherung

- Lithium-Ionen-Batterien haben eine hervorragende kalendarische- und Zyklen-Lebensdauer
- Anwendung: Stromspeicherung, Notstrom, Netzstabilisierung
- Attraktiv aufgrund von Kostenreduktion bei automotiven Zellen und geringen Stromerzeugungskosten mit Erneuerbaren Energien (PV)
- Markttreiber: Kosten der Stromerzeugung und Netzstabilität
- Entwicklungstrends: Kostenreduktion auf Systemebene

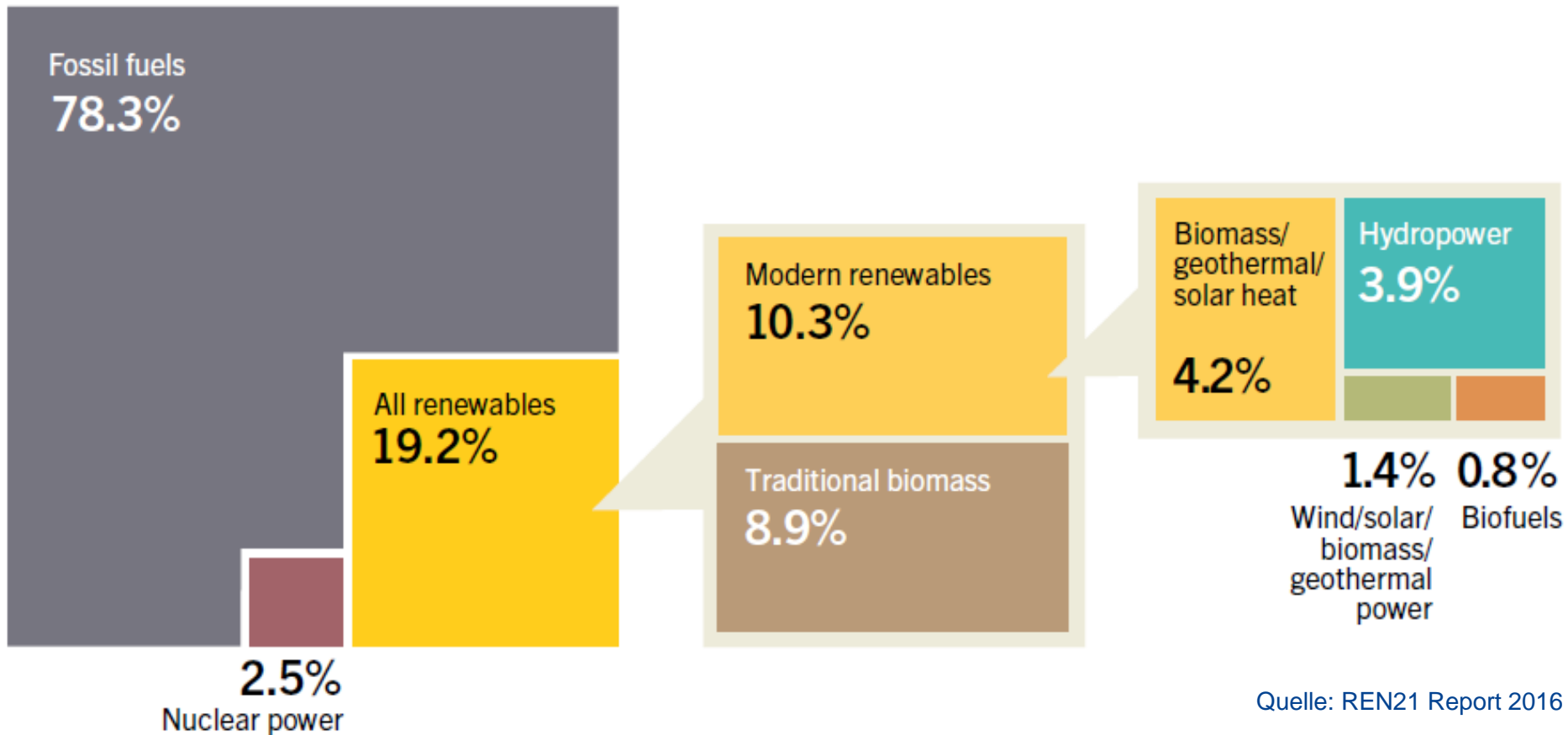


Quellen: ads-tec & Sonnenbatterie

Elektromobilität

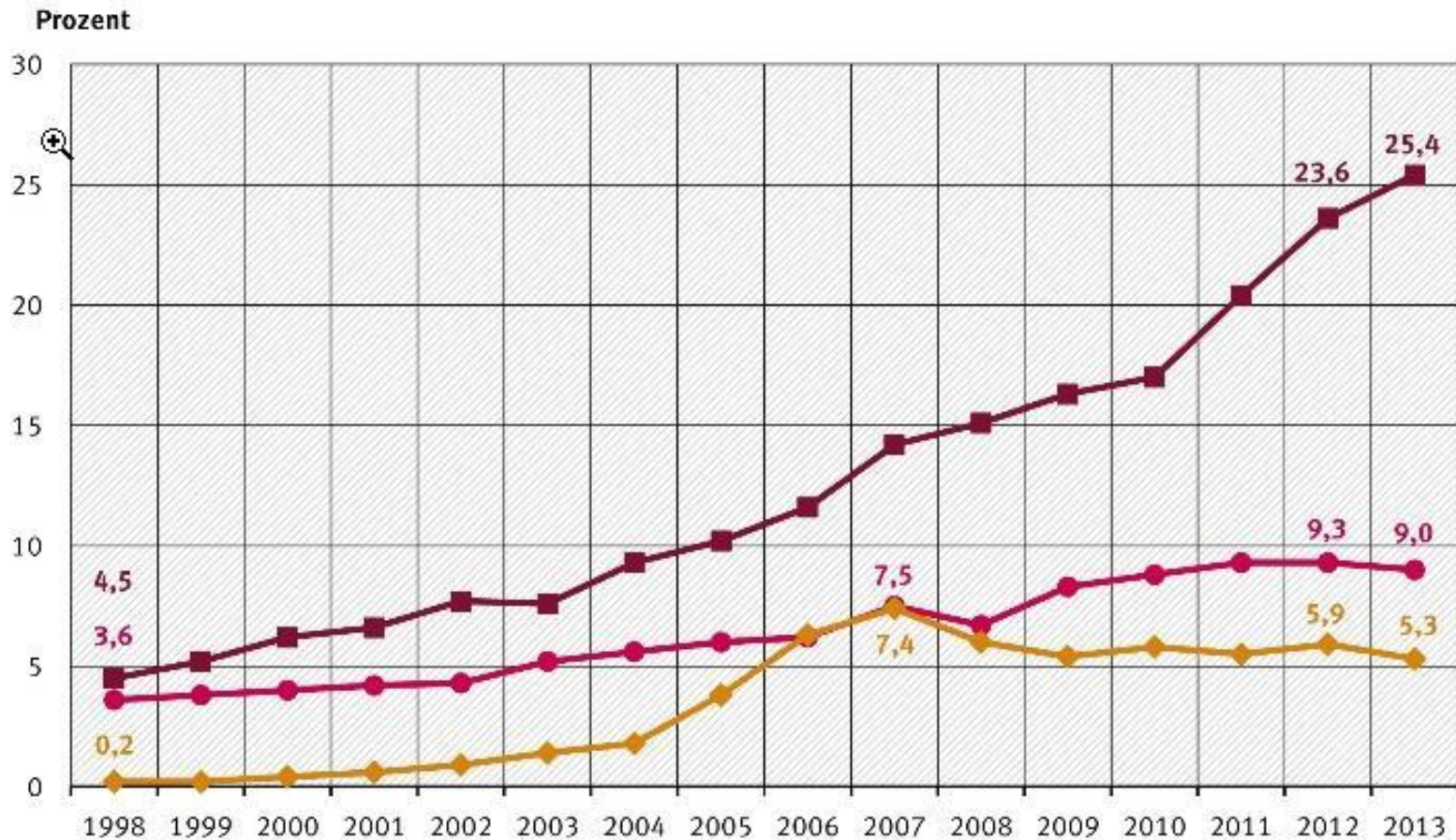
WARUM DAS ALLES?

Anteil erneuerbarer Energien weltweit 2014



- Die Welt ist heute abhängig von fossilen Energien
- Fossile Energien werden mit > 650 Mrd. \$ p.a. subventioniert
- Investitionen in Erneuerbare Energien 2015: 285 Mrd. \$

Anteil Erneuerbare Energien bei Strom, Wärme, Kraftstoff



■ Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
(bezogen auf gesamten Stromverbrauch)

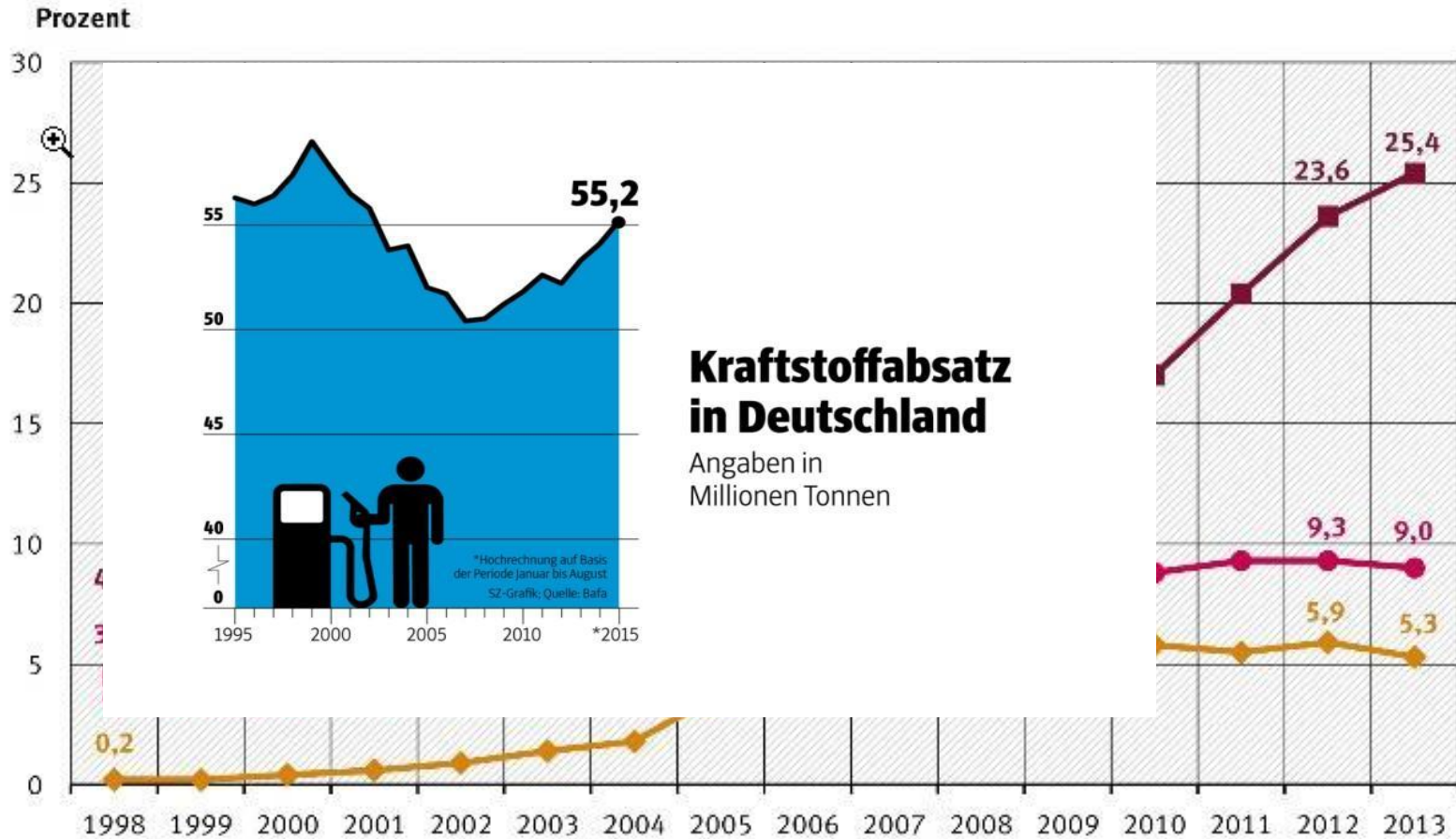
◆ Kraftstoffverbrauch*
(bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)

● Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien
(bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)

* bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, ab 2003 gesamter Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugbenzin

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand 02/2014

Anteil Erneuerbare Energien bei Strom, Wärme, Kraftstoff



■ Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
(bezogen auf gesamten Stromverbrauch)

◆ Kraftstoffverbrauch*
(bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)

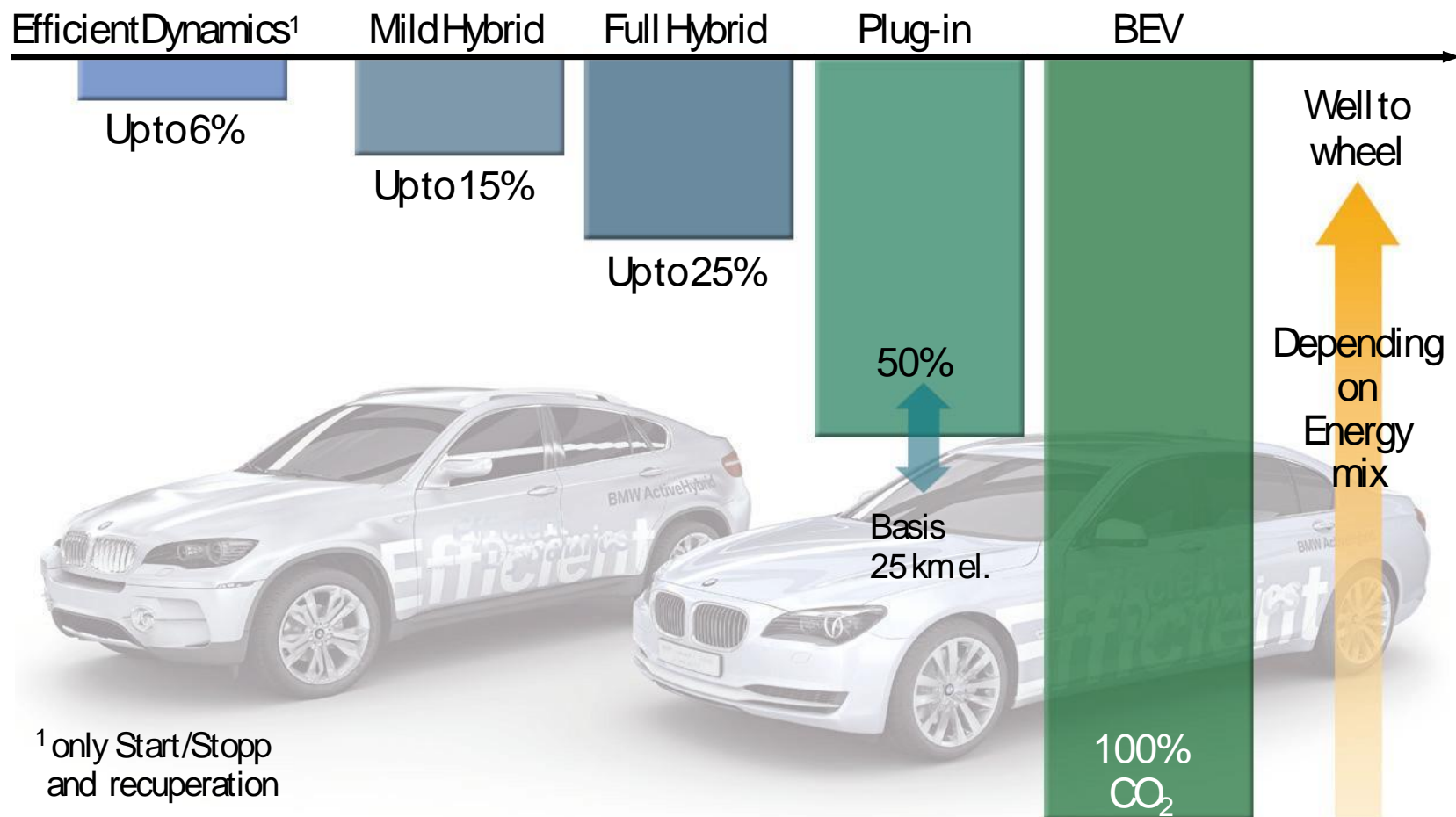
● Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien
(bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)

* bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, ab 2003 gesamter Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugbenzin

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand 02/2014

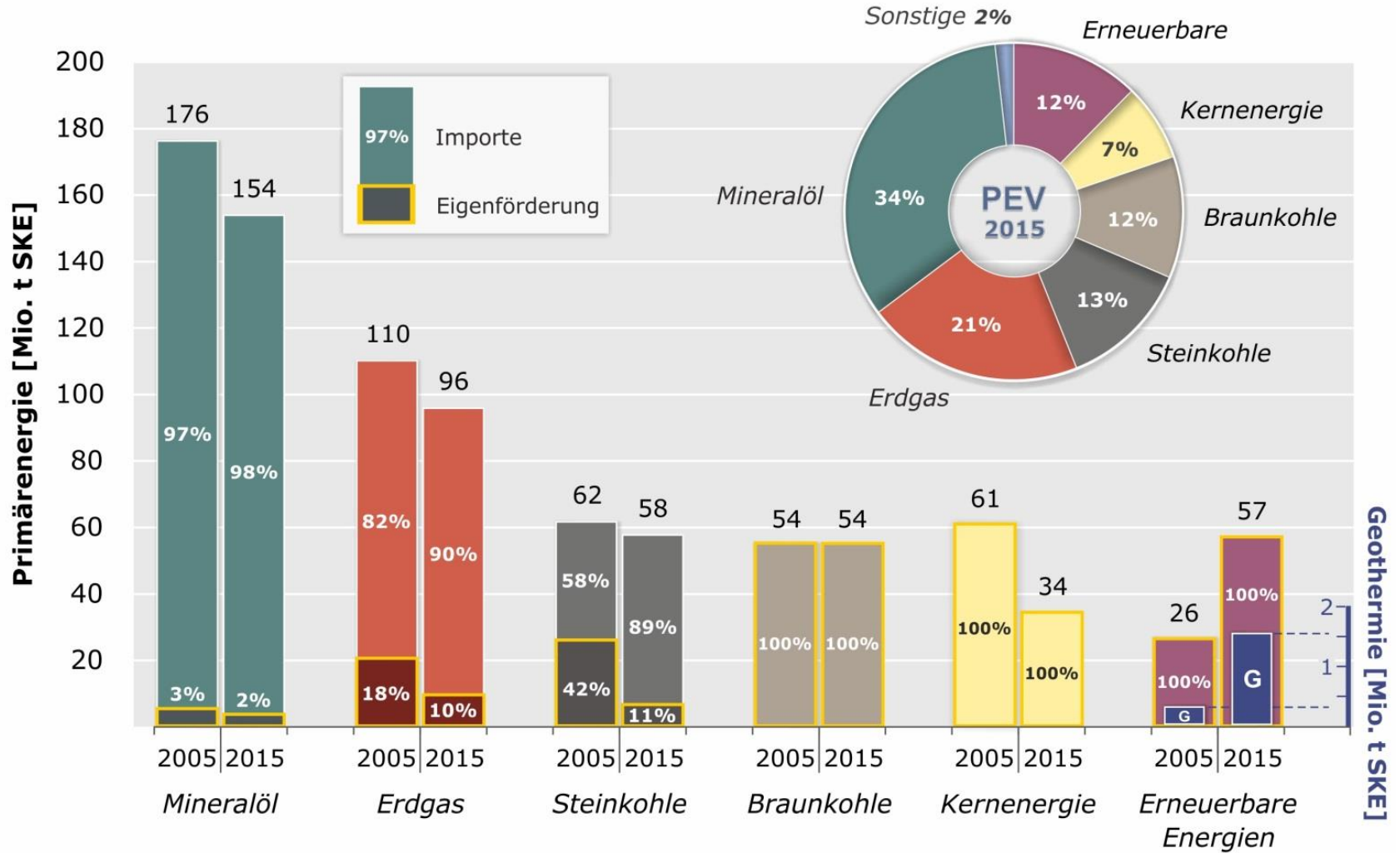
Herausforderung Klimawandel:

CO₂ Reduzierung durch Elektrifizierung des Antriebsstranges



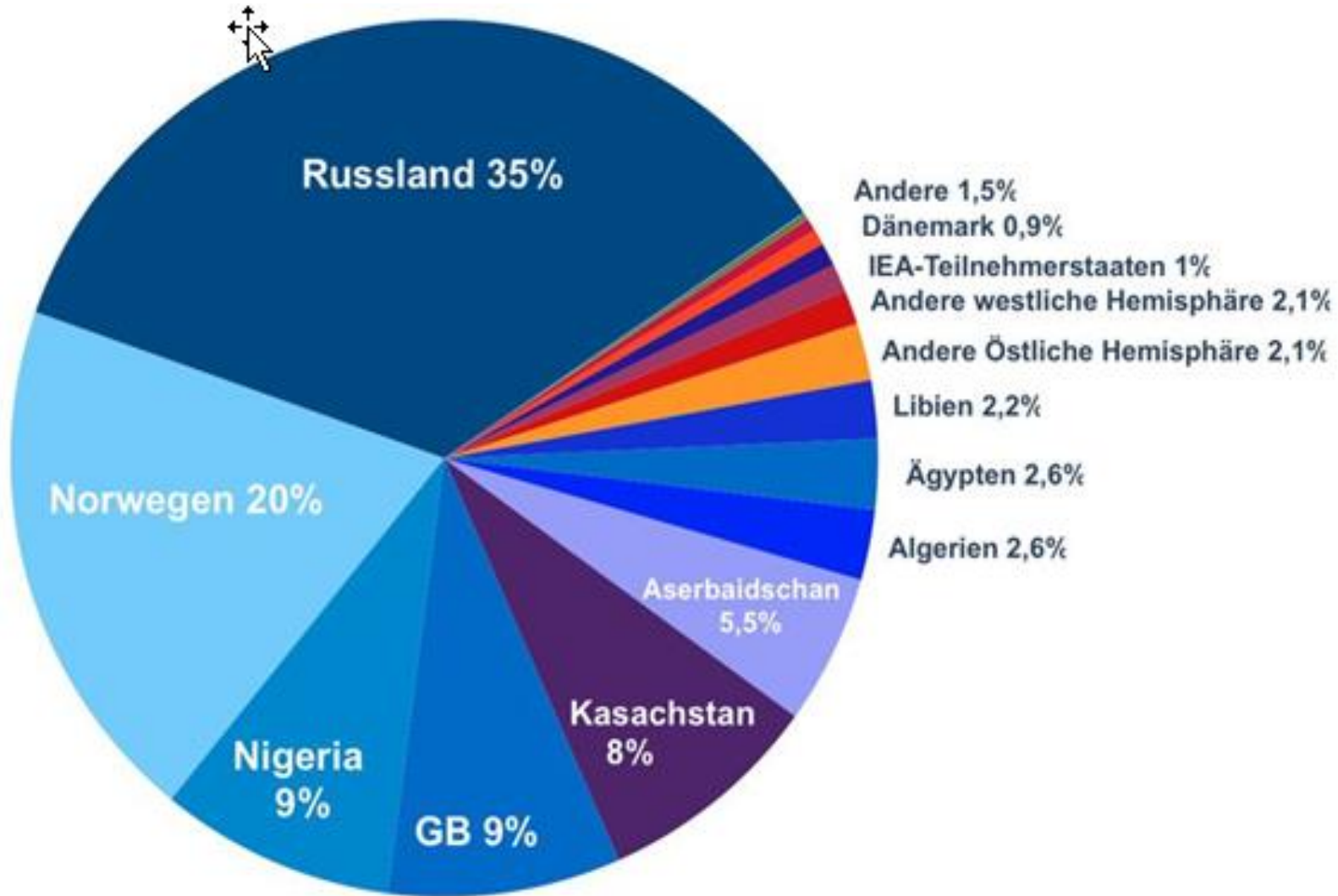
Quelle: Lamp, BMW, Batterieforum 2015

Herkunft der deutschen Primärenergie (2015)



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Herkunft des Öls für Deutschland (2014)



Quelle Bafa / ©SOLAR-professionell

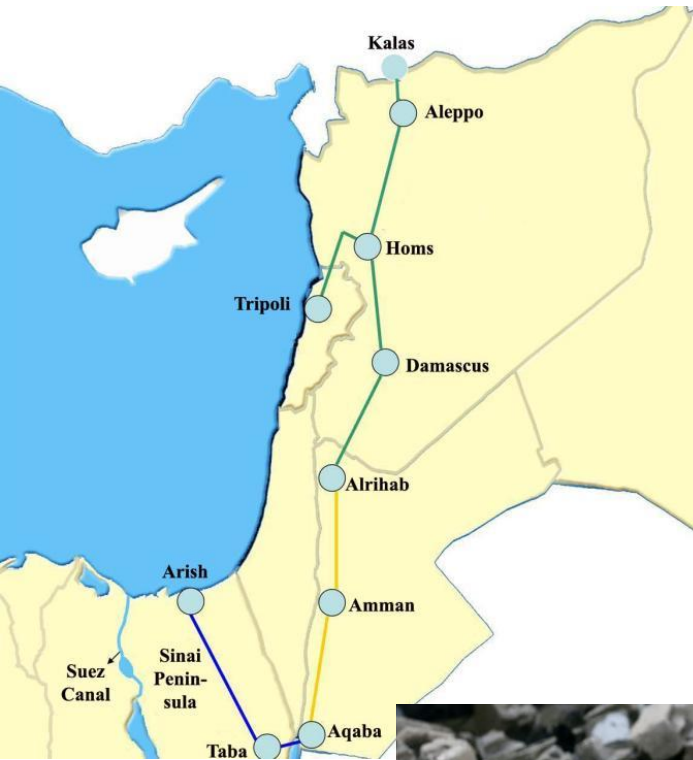
Elektromobilität und Erneuerbare Energien



**20 m² PV – Fläche genügen, um den Strombedarf
eines E-Fahrzeuges zu decken
(12 000 km pro Jahr, Deutschland)**

DIE WELT IM WANDEL

Die großen Herausforderungen



Arab Gas Pipeline

- First Phase — blue line
- Second Phase — yellow line
- Third Phase — green line

© dwn



Krieg um Öl und Gas

© REUTERS/Bassam Khabie



Abgasskandal

© ARD, moma, 22.09.2015



Klimawandel

© picture-alliance / dpa

Die großen Herausforderungen



Was steckt dahinter ?

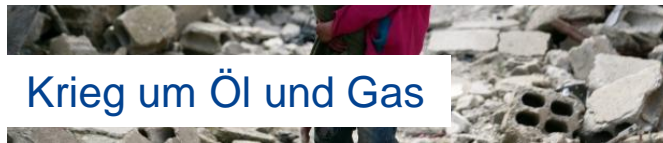
- Die globale Energieversorgung von heute basiert zu mehr als 80%, die Mobilität zu mehr als 95% auf fossilen Energien
- Viele Staatshaushalte hängen dramatisch vom Export fossiler Energien ab



Umwelt- und Klimaschutzskandal



Klimawandel



Krieg um Öl und Gas

© REUTERS/Bassam Khabie



© picture-alliance / dpa

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Sehens- und Lesenswertes

Interessante Fakten zu den EE:

<http://www.ren21.net/ren21-annual-report-2016/>

Reportage über Öl und Politik:

<http://dokustreams.de/oelzeitalter/>

Investments in EE:

http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf

Elektromobilität:

<http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/die-npe/publikationen/>

Brennstoffzelle

<http://www.fuelcellindustryreview.com/>