



Lange Nacht der Wissenschaften
Ulm, 21.07.2017

Emissionsfreie Mobilität mit Batterien und Brennstoffzellen

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



E-MOBILITÄT

Elektromobilität – Vielfältige Lösungen

Schlüsseltechnologien: Batterie & Brennstoffzelle

				
	Mild Hybrid	Full Hybrid	Plug-In Hybrid	Brennstoffzellen-E-Fahrzeug
Reichweite (elektrisch)	Start / Stopp	ca. 2 km	bis 50 km	ca. 500 km
		elektrisch fahren		
		Nutzung Erneuerbarer Energien		
		Strom	H ₂ aus EE	Strom
			Infrastruktur	Betankung
Einsatz	beliebig (ideal für Stadt- und Regionalverkehr)		beliebig	Stadtfahrzeug
Emission	+	++	++	+++

Elektromobilität – Vielfältige Lösungen

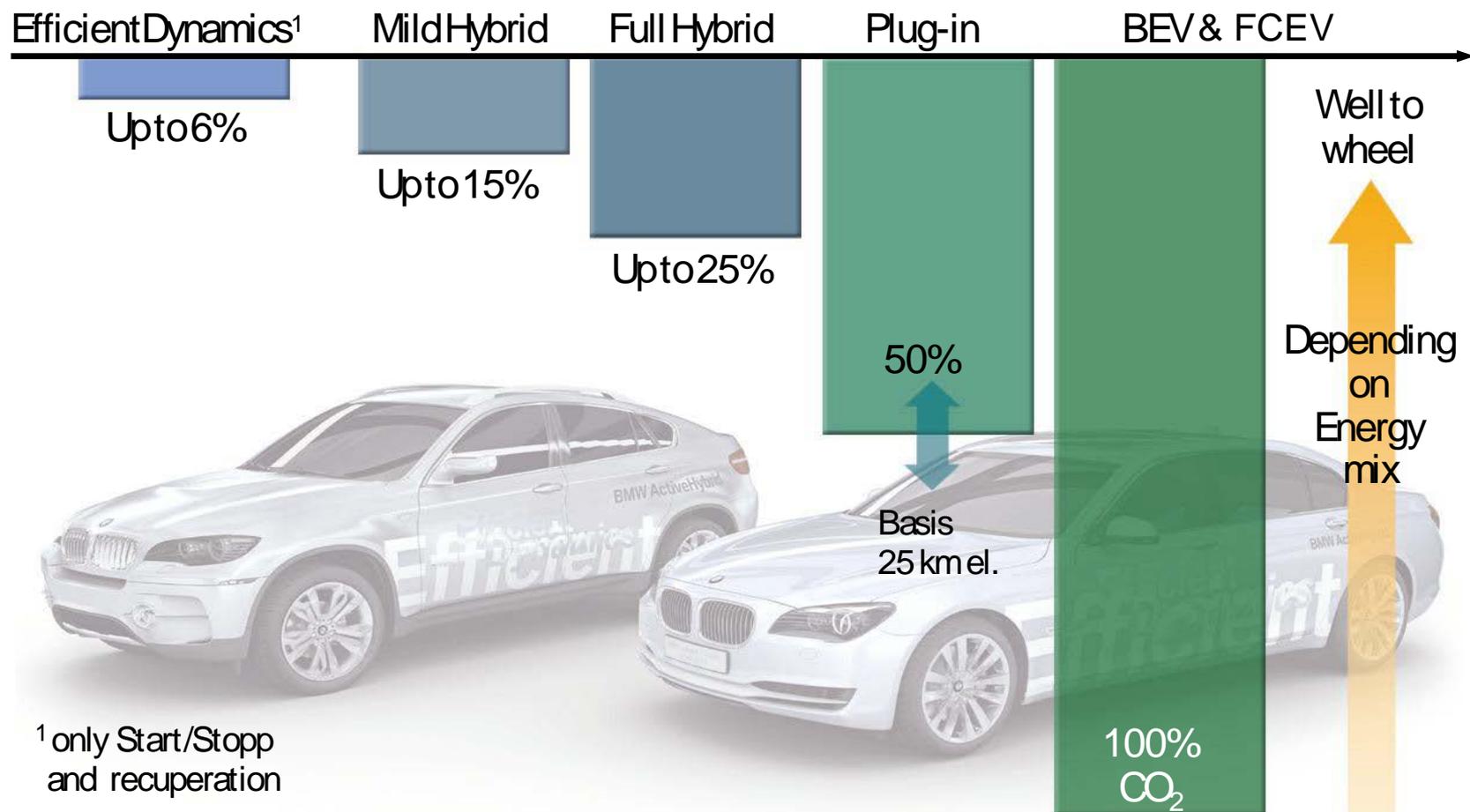
Schlüsseltechnologien: Batterie & Brennstoffzelle

Elektrofahrzeuge

					
	Mild Hybrid	Full Hybrid	Plug-In Hybrid	Brennstoffzellen-E-Fahrzeug	Batterie-E-Fahrzeug
Reichweite (elektrisch)	Start / Stopp	ca. 2 km	bis 50 km	ca. 500 km	100 - 200 km
		elektrisch fahren			
		Nutzung Erneuerbarer Energien			
			Strom	H ₂ aus EE	Strom
				Infrastruktur	Betankung
Einsatz	beliebig (ideal für Stadt- und Regionalverkehr)		beliebig		Stadtfahrzeug
Emission	+	++	++	+++	+++

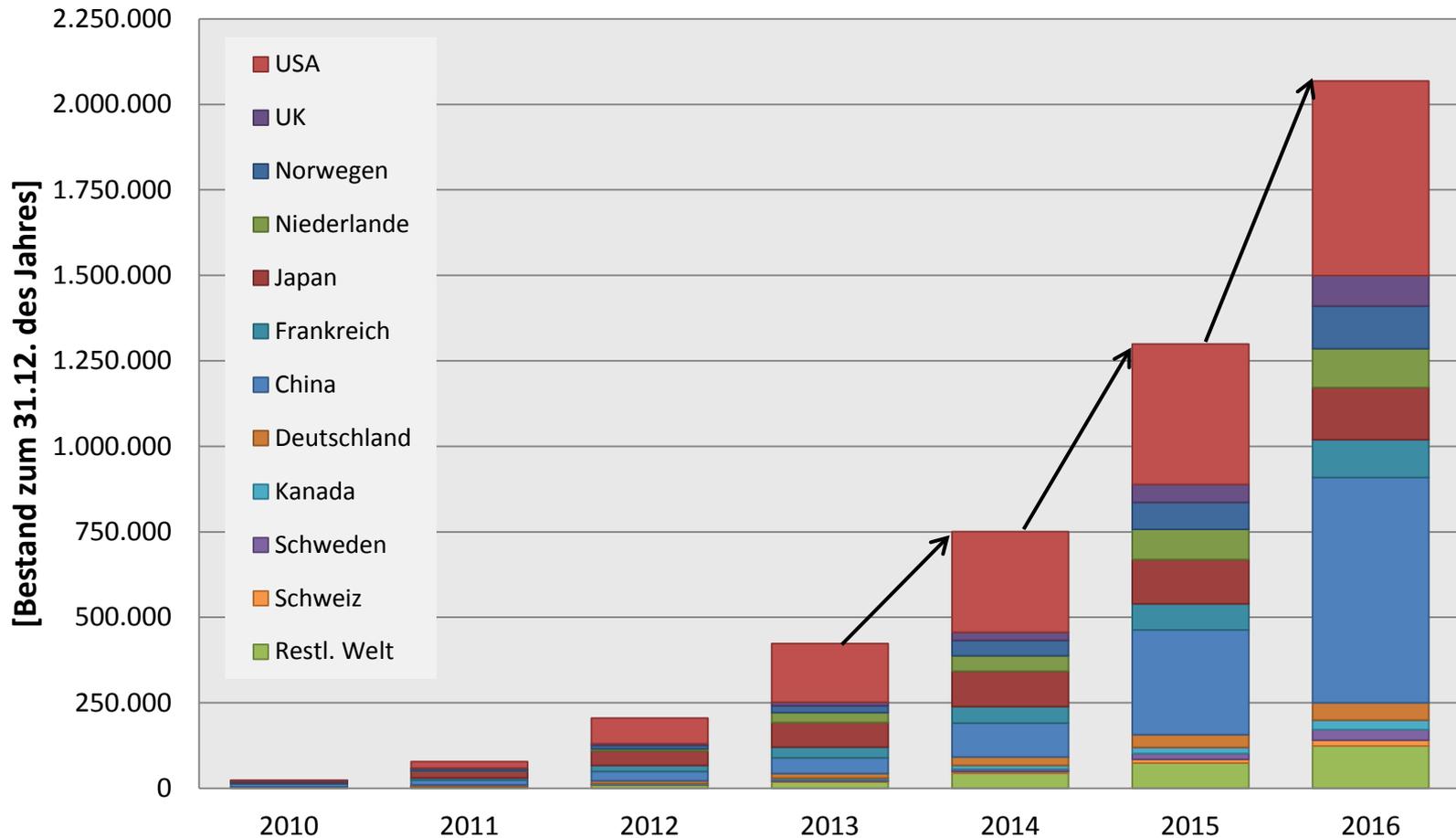
Herausforderung Klimawandel:

CO₂ Reduzierung durch Elektrifizierung des Antriebsstranges



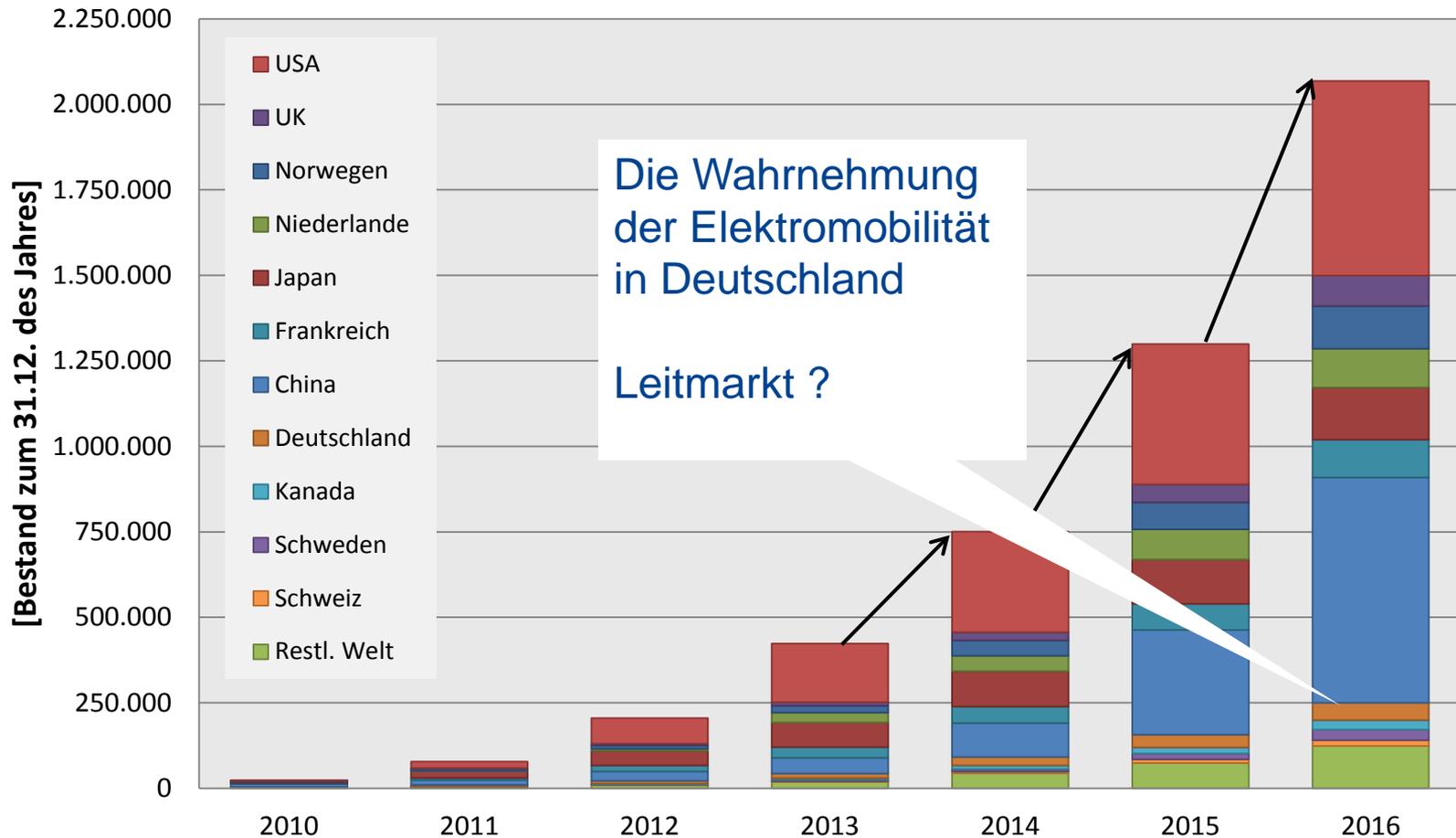
Quelle: Lamp, BMW, Batterieforum 2015

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



Details: <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700>

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



Details: <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700>

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



Details: <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700>

siehe

www.electrive.net

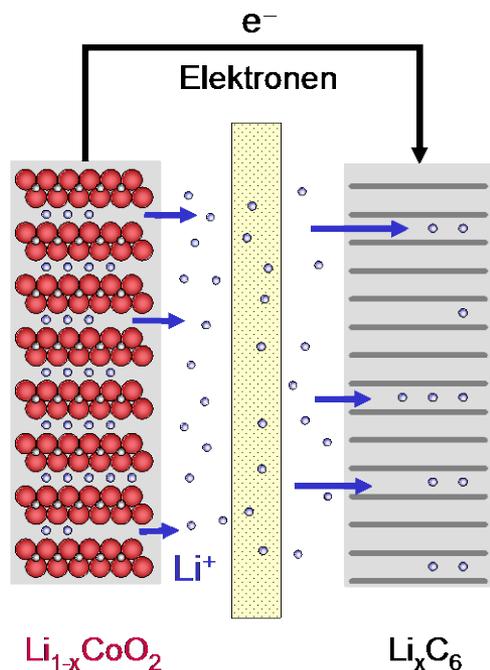
Newsletter-Abo per Mail an: *abo@electrive.net*

Schlüsseltechnologien für die E-Mobilität

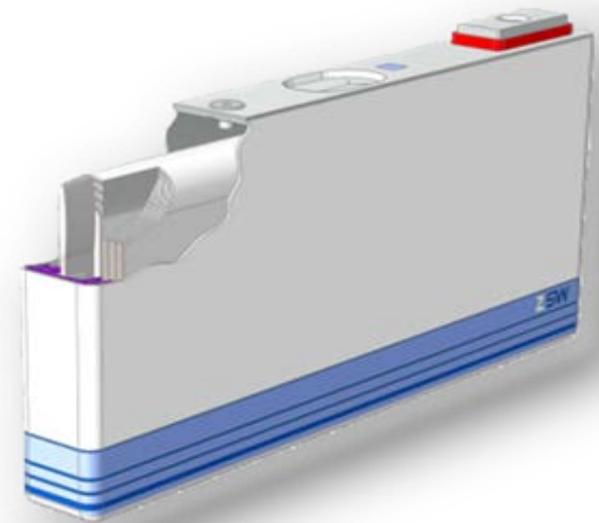
LITHIUM-IONEN-BATTERIEN

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

Strategische Bedeutung Zelle:

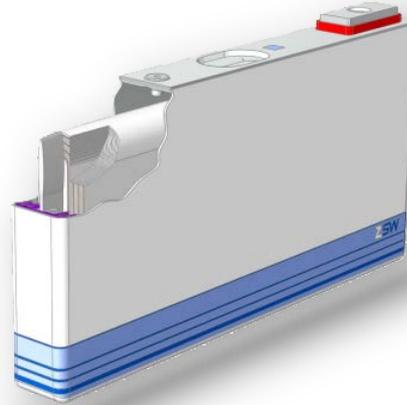
- Entscheidend für viele Fahrzeugeigenschaften
Reichweite, Kosten, Sicherheit, Zuverlässigkeit...
- Batterie hat bis zu 40% Wertschöpfungsanteil am Fahrzeug,
davon Zellen bis zu 80%. Zellenproduktion heute: Asien
- Dynamische Marktentwicklung für Fahrzeug-Zellen
in 2014: > 2 Mrd. €
in 2025 : 30...60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

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)



Schlüsseltechnologien für die E-Mobilität

BRENNSTOFFZELLEN & WASSERSTOFF

Brennstoffzellen = Energiewandler

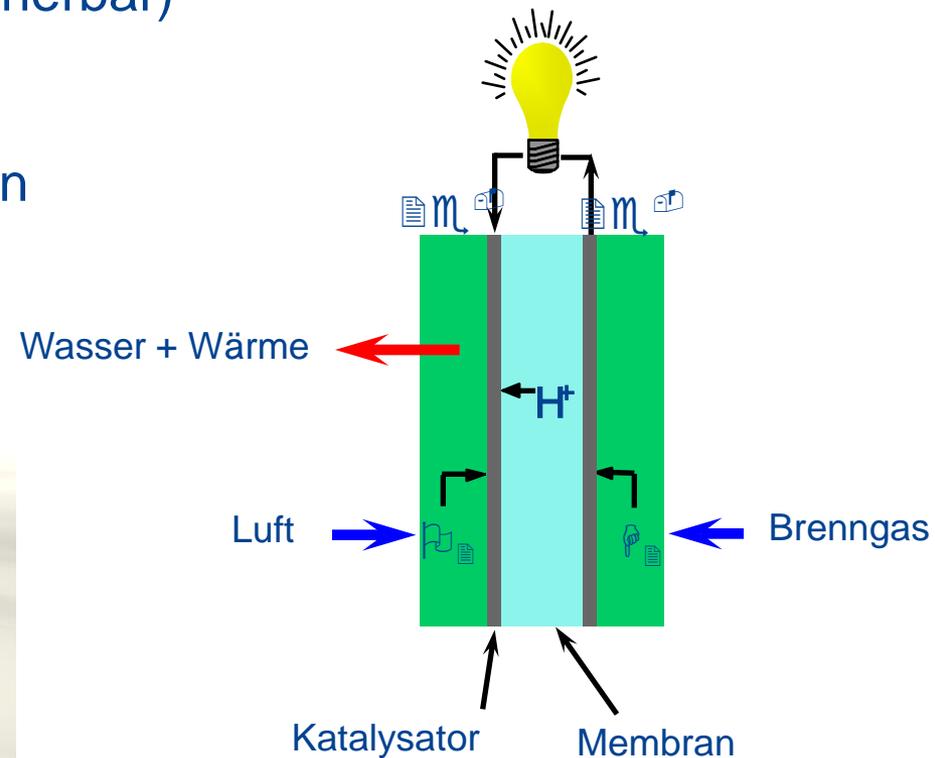
Brennstoffzellen wandeln

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-Stack 100 kW
(Bild: ZSW)

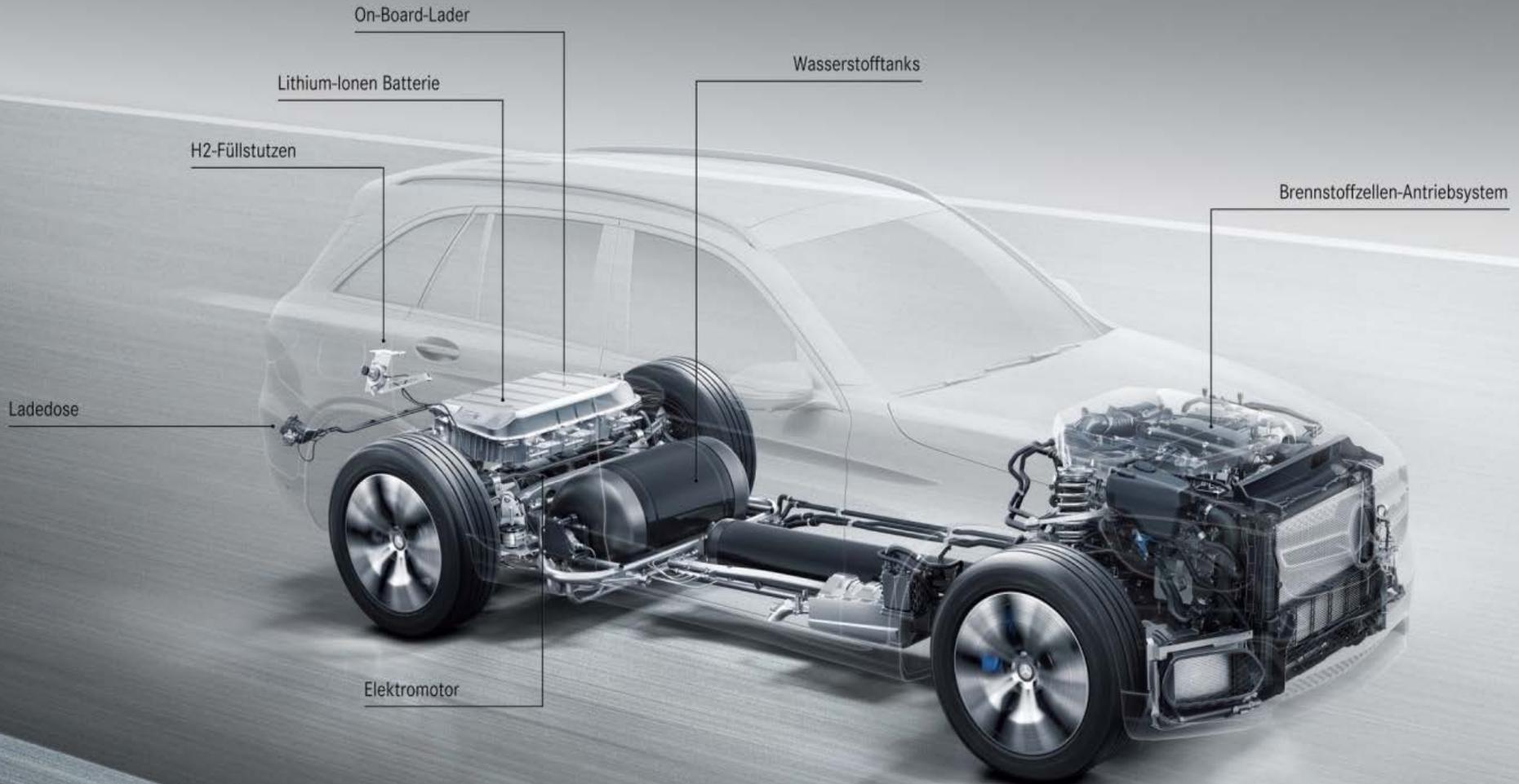


Toyota FCV, Mercedes B-Klasse F-Cell (Bilder: Hersteller)



Brennstoffzellen-Hybridbus in Stuttgart. Bild: SWP/dpa

Mercedes GLC mit Brennstoffzelle



Wasserstoff-Infrastruktur

- Wasserstoff aus Erneuerbarem Strom über Elektrolyse (Power to Gas)
- Speicherung von Überschussstrom - Netzentlastung
- Treibstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge
- Aufbau von Wasserstofftankstellen (weltweit ca. 200 in Betrieb; Regierungsprogramme für den weiteren Ausbau etabliert)
- Fahrzeugdepots einfach ausrüstbar



Wartung einer Elektrolyseanlage (ZSW)

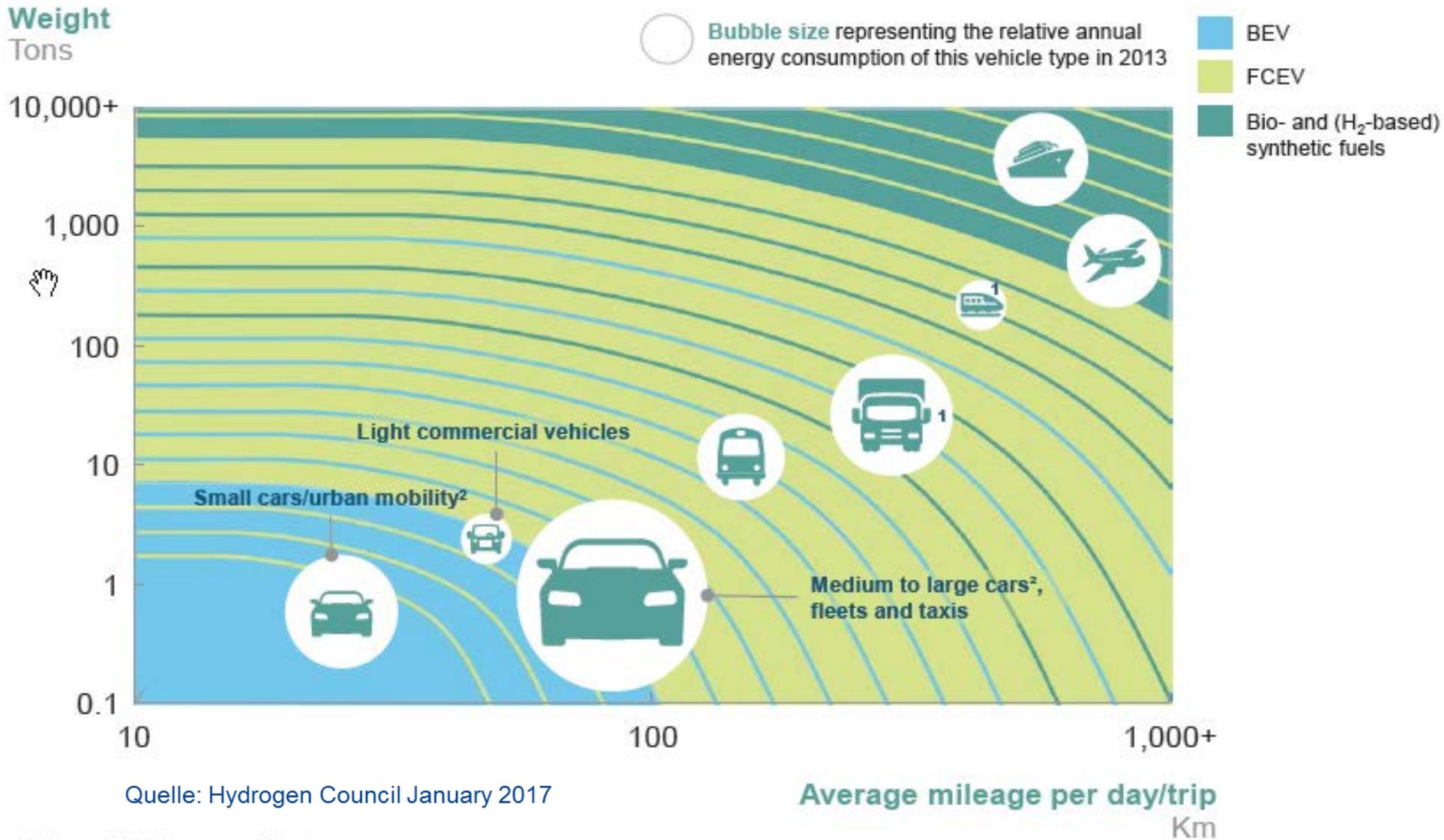


Wasserstofftankstelle am ZSW in Ulm

Elektromobilität

STROM ODER WASSERSTOFF TANKEN?

Strom oder Wasserstoff tanken?

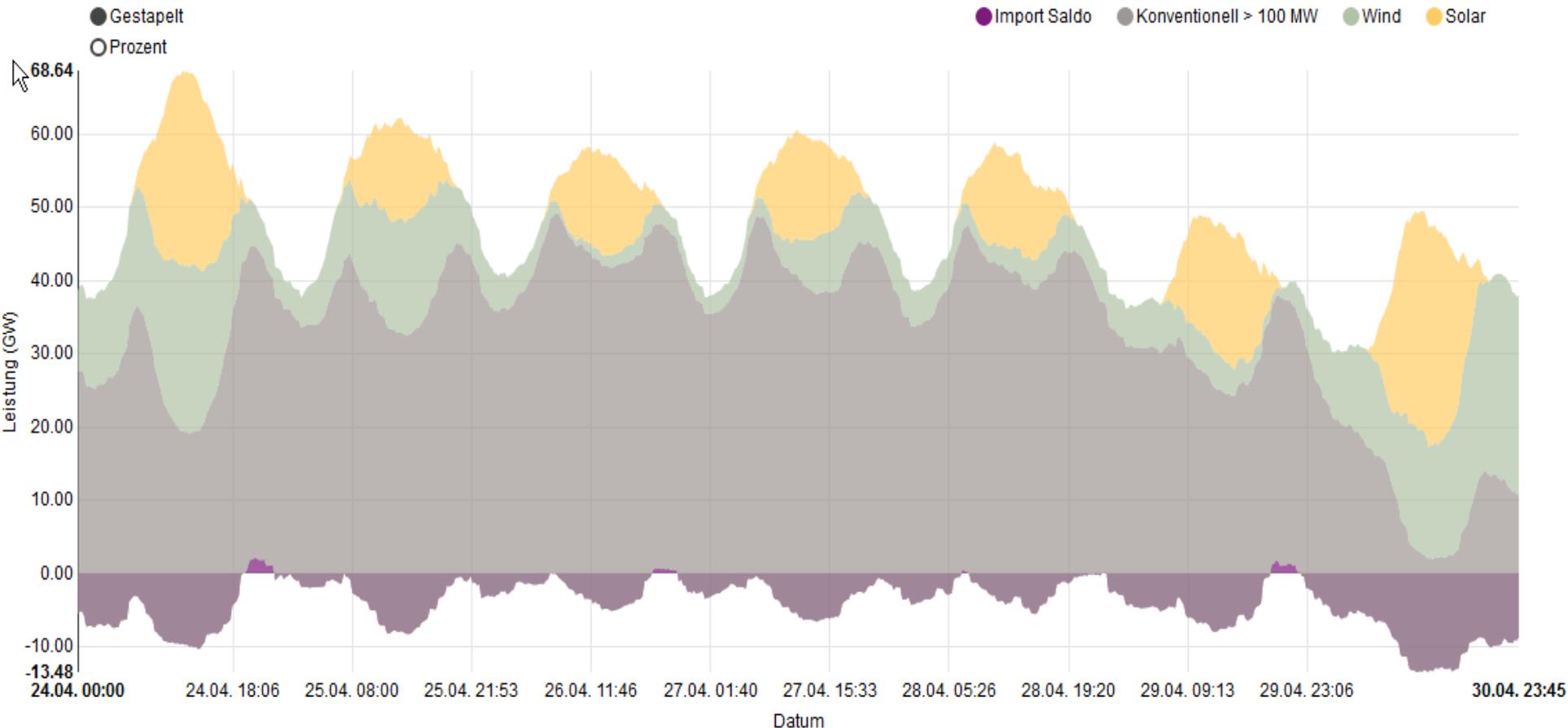


Elektromobilität

ENERGIESPEICHERUNG MIT WASSERSTOFF

Stromerzeugung in Deutschland

Beispiel 24.4. – 30.4.2017



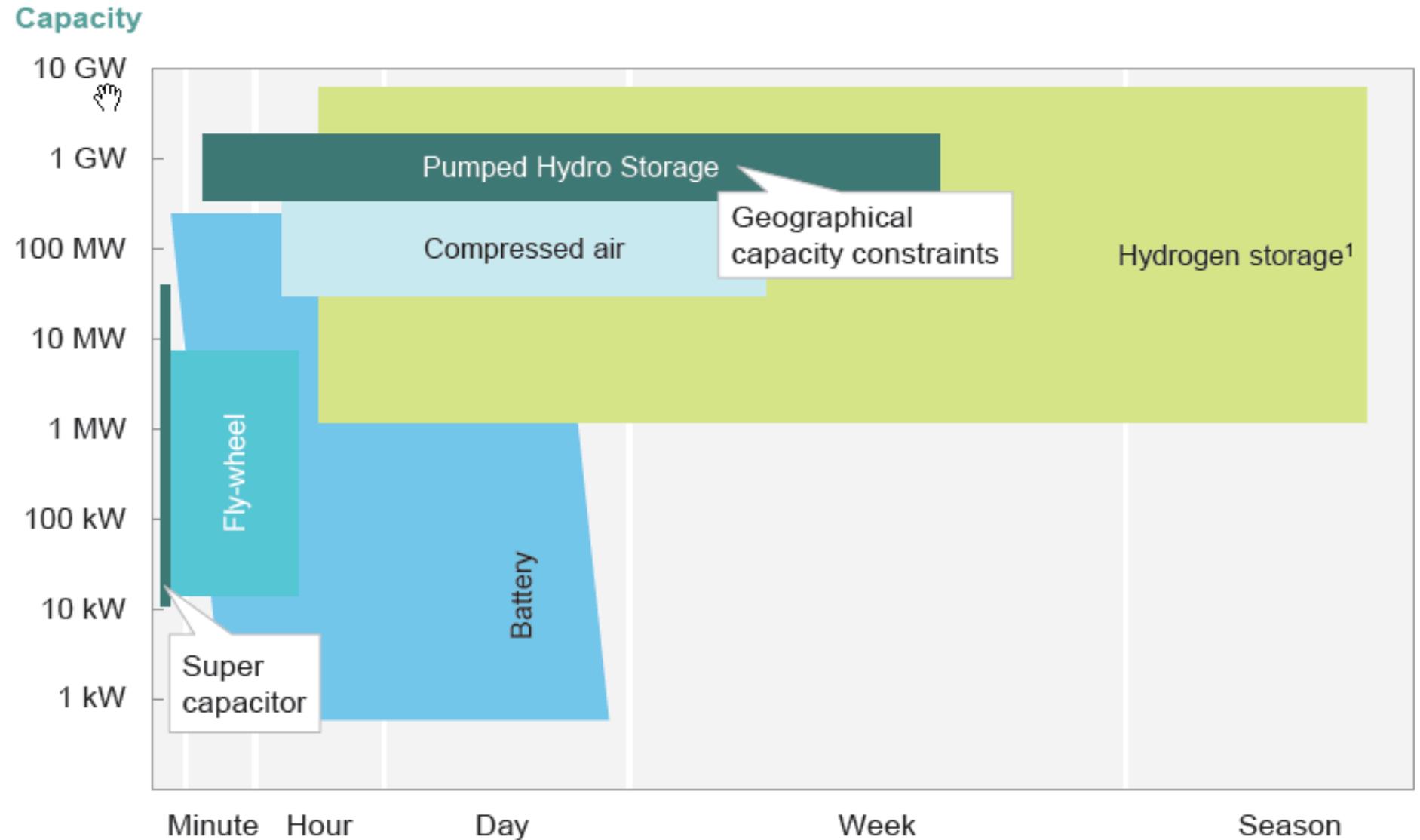
Nettoerzeugung von Kraftwerken zur öffentlichen Stromversorgung.
 Datenquelle: 50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, EEX
 letztes Update: 07 May 2017 00:12

Quelle: Energy-Charts.de

2016 wurden mehr als 50 TWh Strom für
 3,7 ct/kWh exportiert – damit ließen sich etwa
 20 Mio. E-Fahrzeuge betreiben



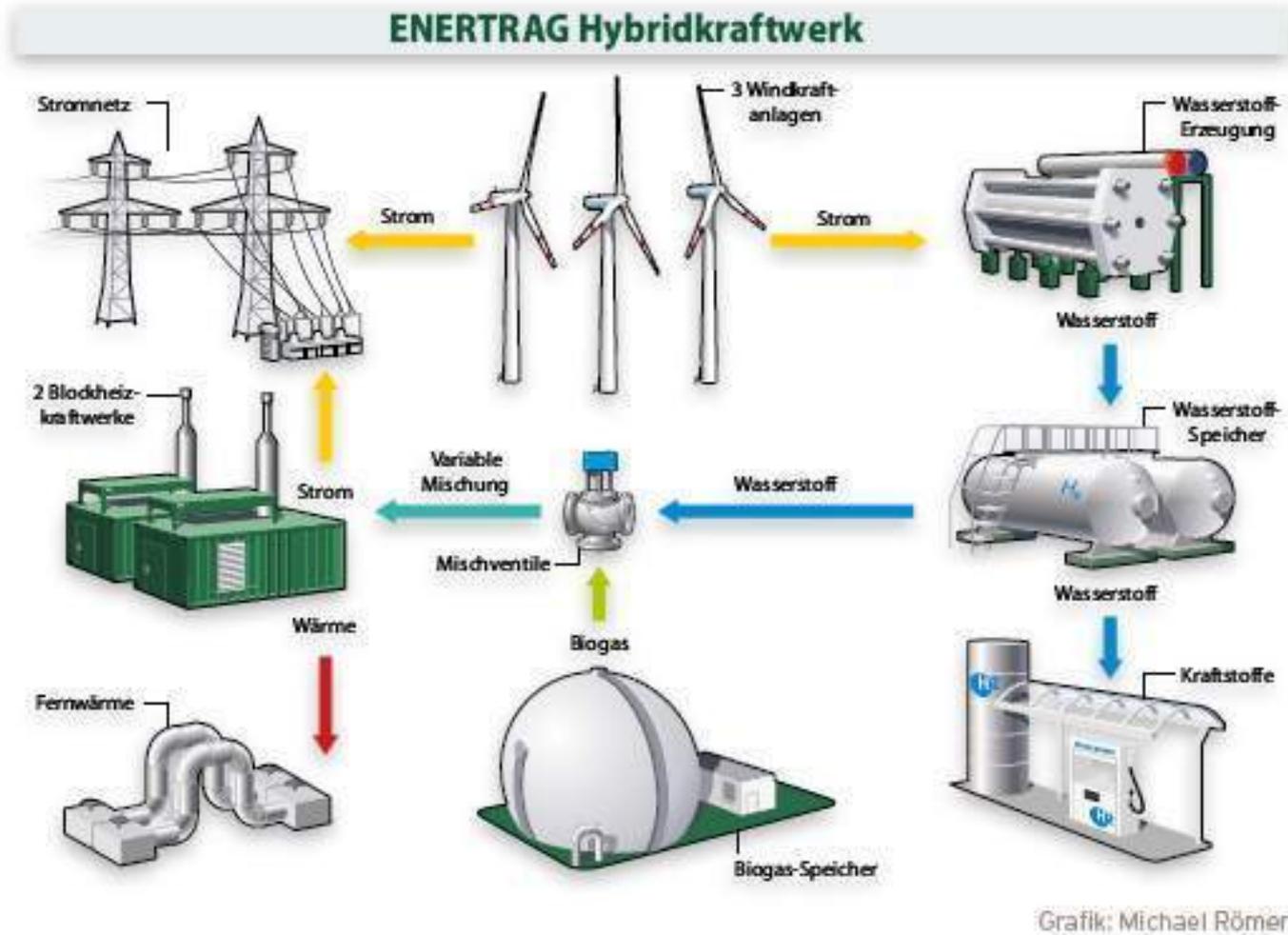
Überblick Speichertechnologien



Quelle: Hydrogen Council January 2017

Discharge duration

Intelligente Verknüpfung von Erzeugungstechnologien, Wasserstoffspeicher + Verbraucher

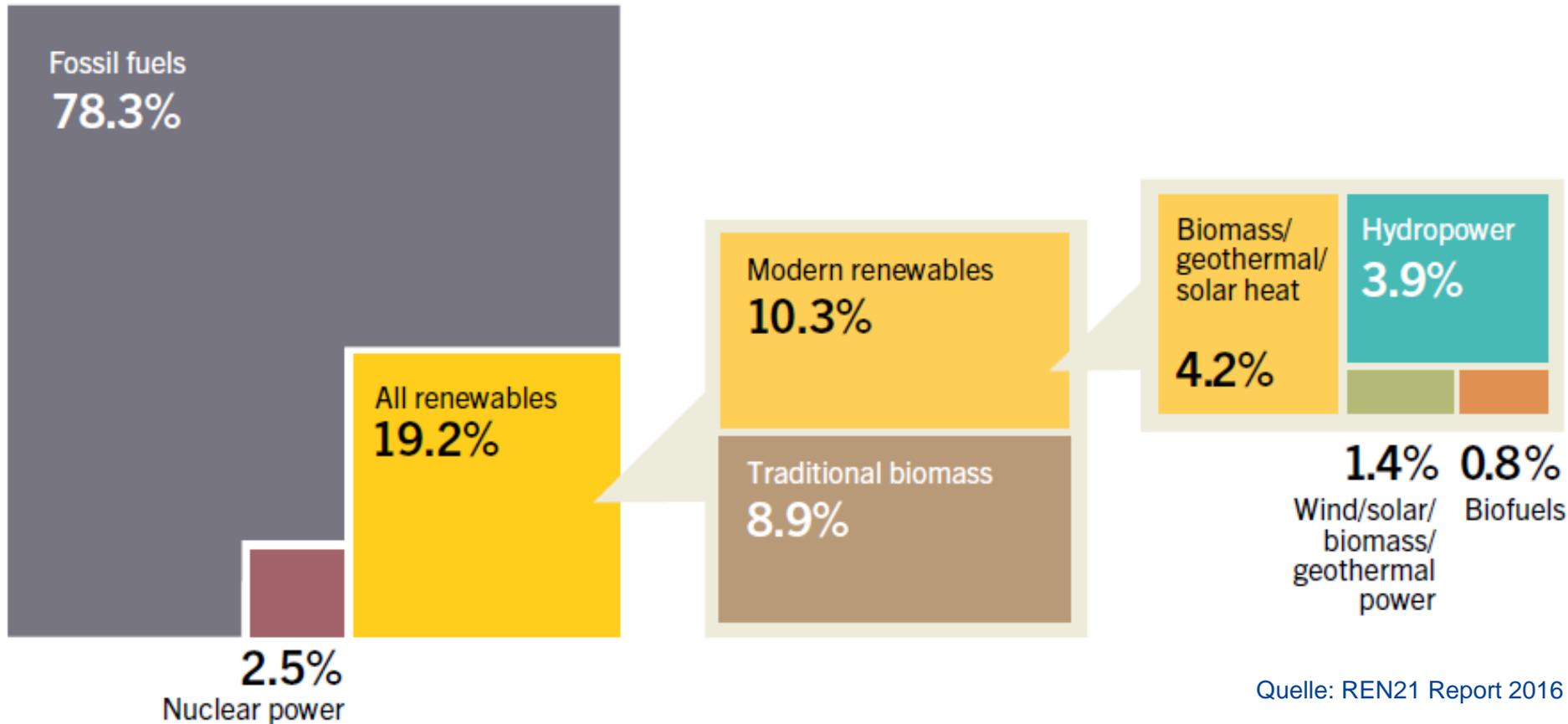


Quelle: ENERTRAG

Elektromobilität

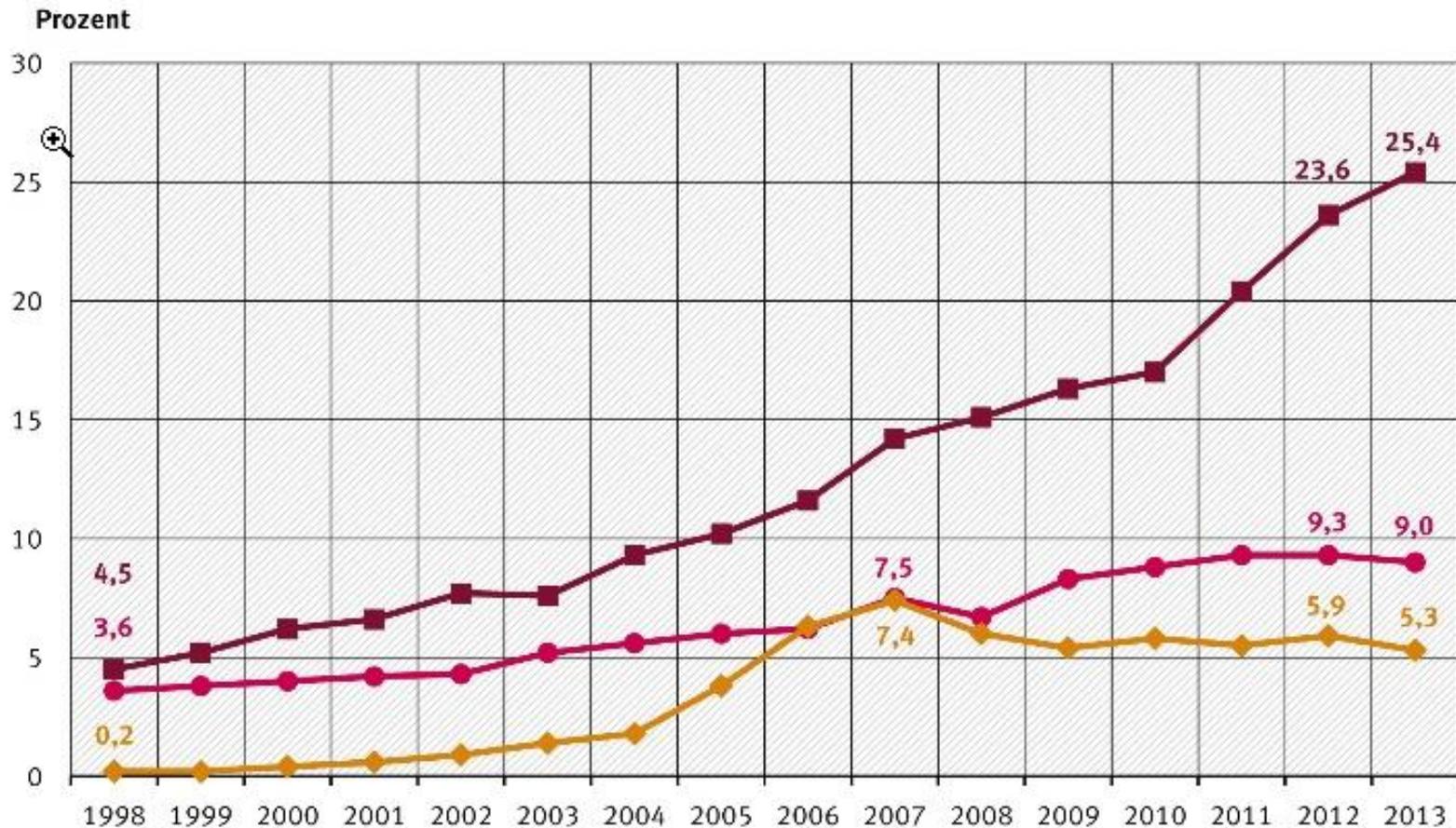
WARUM DAS ALLES?

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)

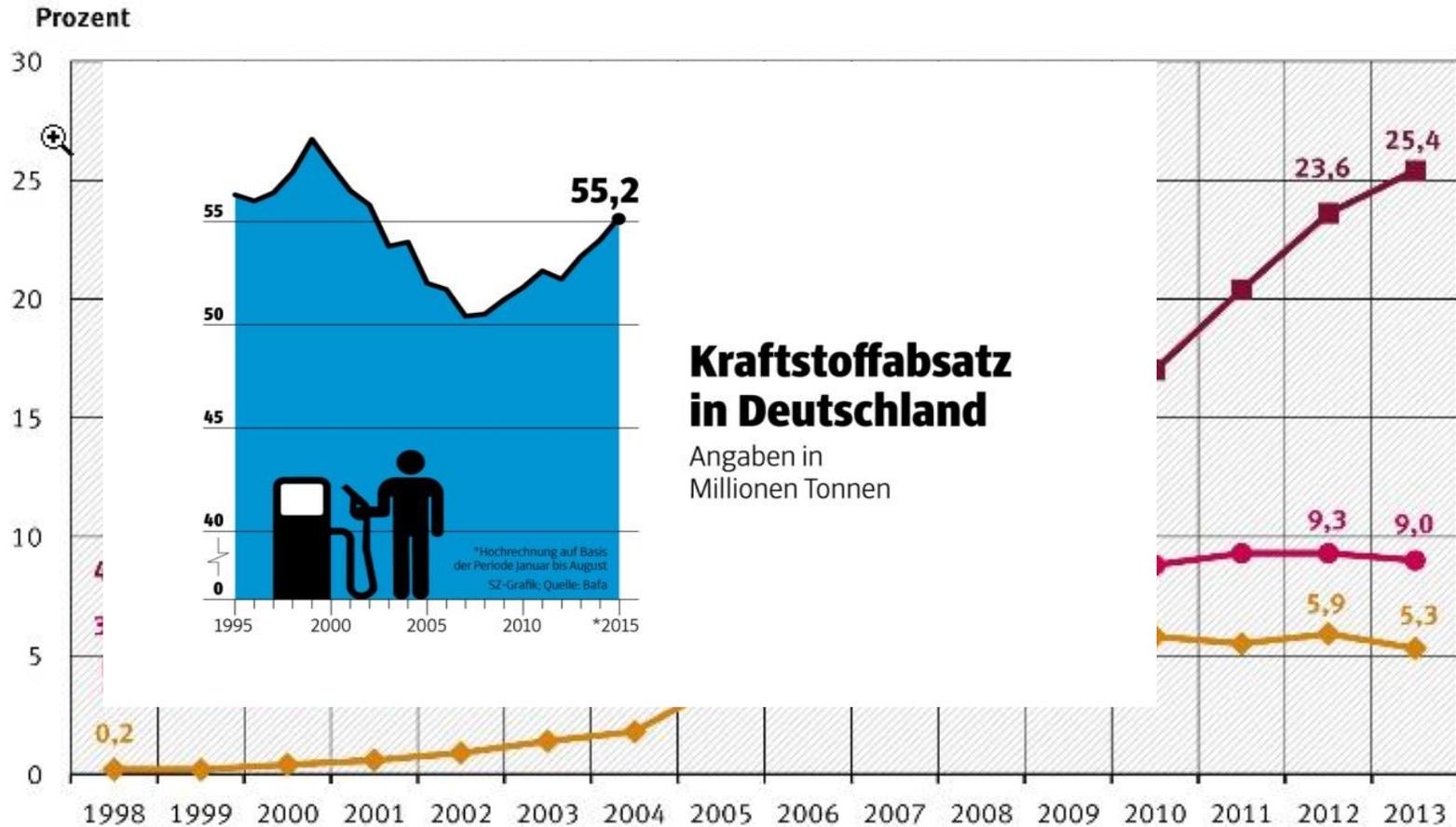
◆ Kraftstoffverbrauch*
(bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)

● 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)

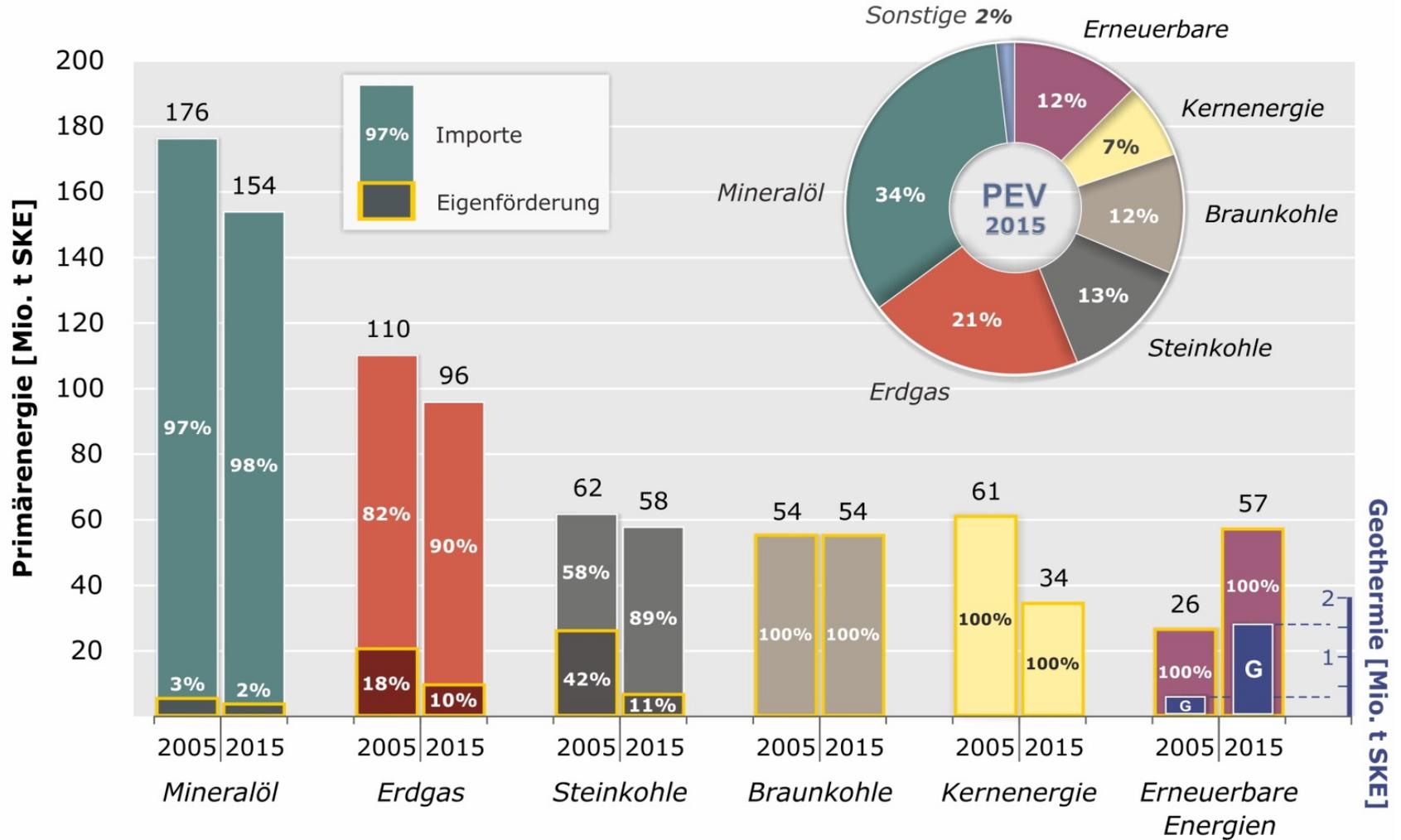
◆ Kraftstoffverbrauch*
(bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)

● Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien
(bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)

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

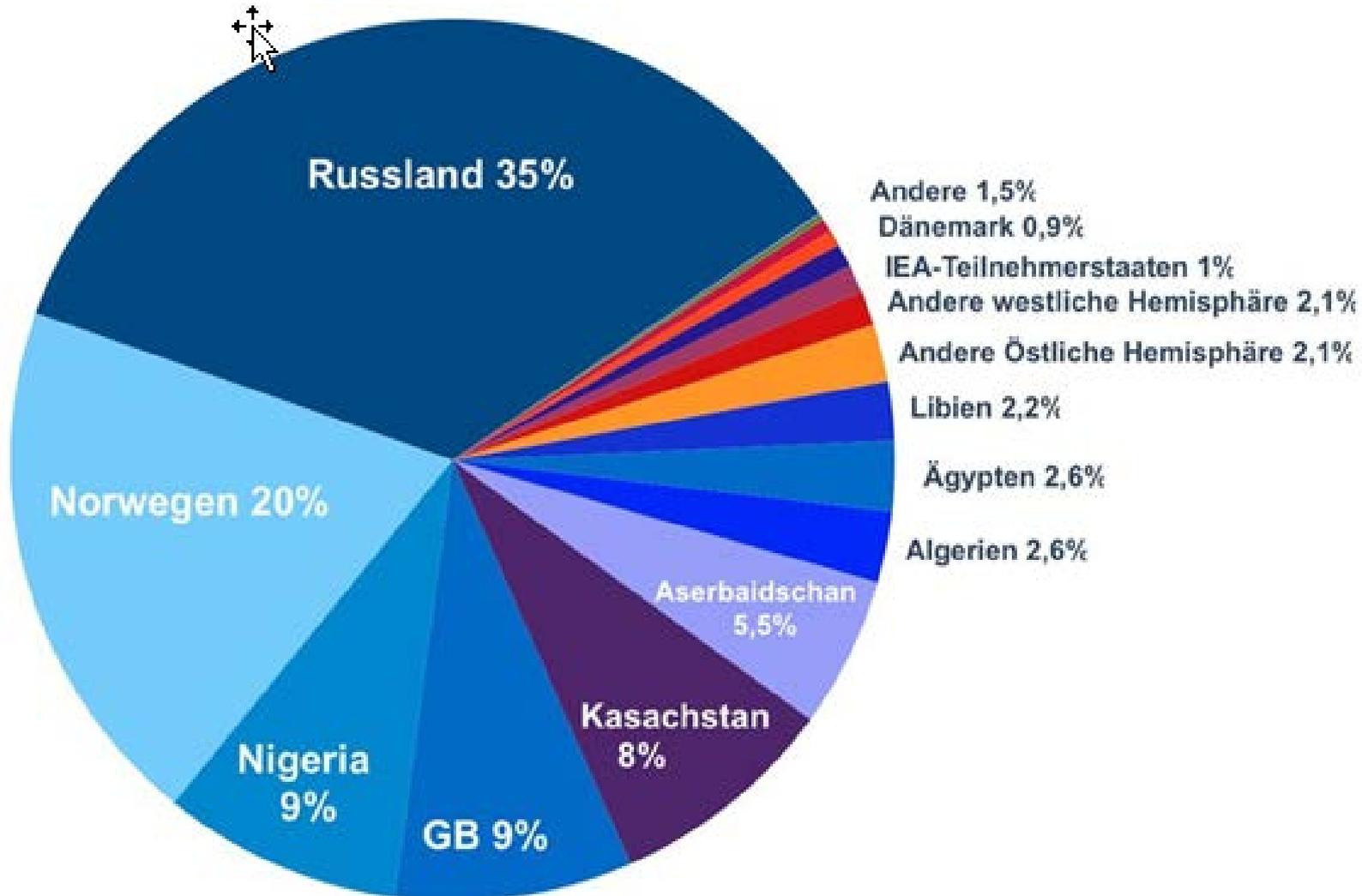
Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand 02/2014

Herkunft der deutschen Primärenergie (2015)



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

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 —
- Second Phase —
- Third Phase —



Abgasskandal

© ARD, moma, 22.09.2015



Krieg um Öl und Gas

© REUTERS/Bassam Khabie



Klimawandel

© picture-alliance / dpa

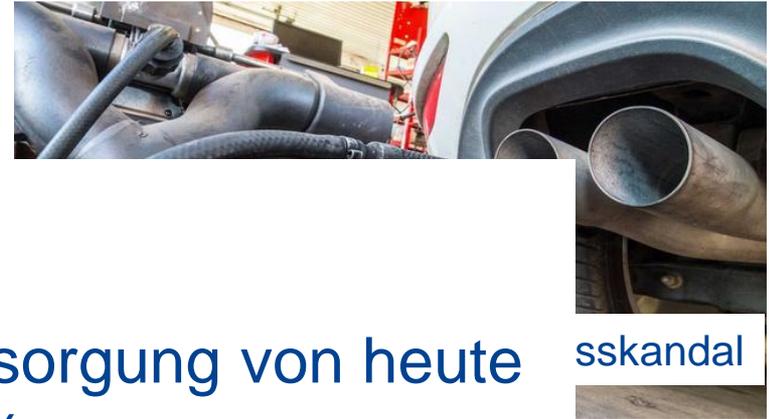
© dwn

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



Umweltkatastrophenskandal



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/>