



Mitgliederversammlung · Agenda 21 · Unterhaching · 16. Mai 2017

Energiewende im Verkehr

- » Langfristszenarien für Deutschland
- » Chancen der Elektromobilität in Kommunen, Beispiel Unterhaching

Patrick Schmidt · Martin Zerta
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST)
München/Ottobrunn

- LBST
- Energiewende im Verkehr I
 - Langfristszenarien für Deutschland
 - Diskussion
- Energiewende im Verkehr II
 - Chancen der Elektromobilität in Kommunen, Beispiel Unterhaching
 - Diskussion



- Unabhängige Experten für nachhaltige Energieversorgung und Mobilität seit über 30 Jahren
- Brücke zwischen Technologie, Wirtschaft und Politik
- Erneuerbare Energien, Kraftstoffe, Infrastruktur
- Machbarkeitsstudien, Nachhaltigkeitsanalysen, Strategieberatung, Energiekonzepte
- Globale und langfristige Perspektive
- Konsequenter Systemansatz
– Denken über Bereichsgrenzen hinweg
- Internationale Kunden in Industrie, Finanzwirtschaft, Politik, und Verbänden

=> Globales Denken in Systemen für lokales Handeln



Energiewende im Verkehr

Langfristszenarien für Deutschland

Patrick Schmidt

This study was financed by the FVV
and supported by members of the
FVV Working Group «Future Fuels»



Scenario study motivation



ludwig bölkow
systemtechnik

- Greenhouse gas reduction targets of 80-95% by 2050 will require substantial contributions from the transport sector
- Renewable electricity to become the primary energy source in future
- 100% renewable electricity in transport by 2050 – pie in the sky?
 - 3 explorative vehicle scenario
- What are the consequences in terms of energy and costs?
- What are determinants for future use of internal combustion engines?

Two distinct transportation demand scenarios | DE | HIGH, LOW



ludwig bolkow
systemtechnik

Scenario developments 2010–2050

(figures rounded)

■ **HIGH** transport demand scenario

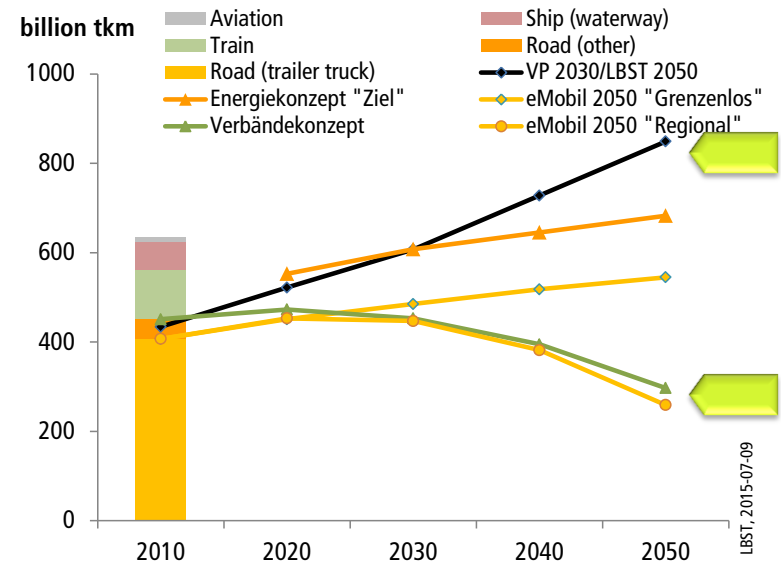
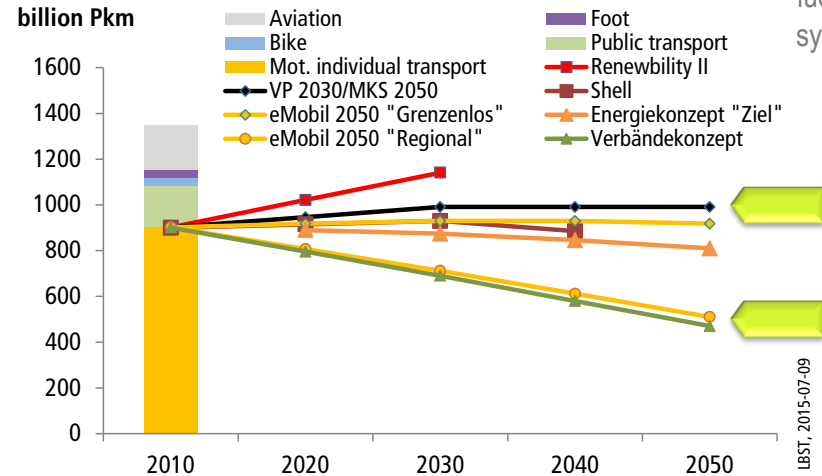
[BMVI VP 2030/MKS 2050]

- Passenger +30%
- Freight +60%

■ **LOW** transport demand scenario

[eMobil 2050 „Regional“]

- Passenger -25%
- Freight +20%



Renewable share in the fuels (per MJ fuel)



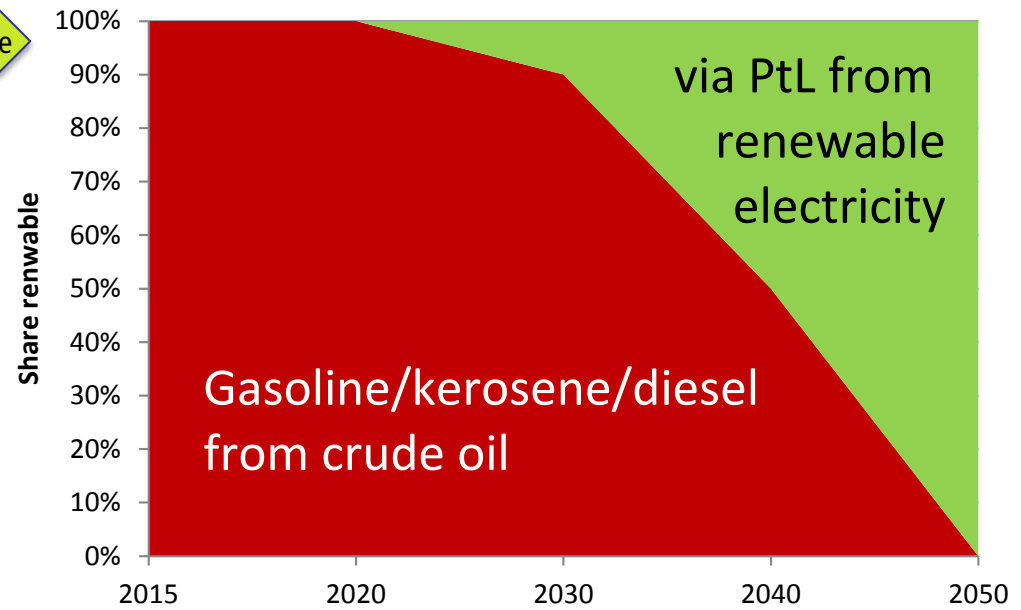
ludwig bölkow
systemtechnik

Target scenario

– All fuels 100% renewable electricity-based by 2050

- Gasoline/kerosene/diesel
- Methanol
- Methane
- Hydrogen
- Electricity

Example



PtL · Power-to-Liquids
PtX · Power-to-Anything

16. Mai 2017

Source: LBST, Renewables in Transport 2050, FVV (ed.), 2016

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

LBST.de

Definition of three distinct fuel/powertrain scenarios



ludwig bolkow
systemtechnik

PTL

Conservative scenario based on well established fuels/powertrains/infrastructures, incl. ICE mild hybrids with power-to-liquids dominating all transportation modes
→ high fuel demand

FVV

A mix of currently discussed options, comprising ambitious ICE development progress, incl. ICE hybrids, REEV, BEV, FCEV
→ medium fuel demand

eMob

Derived from the study "eMobil 2050" [Öko-Institut 2015], with a dominance of electrified drivetrains
→ low fuel demand

BEV · Battery-electric vehicle
eMob · Electric mobility
FCEV · Fuel cell-electric vehicle
FVV · Research association
PHEV · Plug-in hybrid vehicle
PTL · Power-to-liquids
REEV · Range-extender vehicle

Fuel/powertrain scenario | Cars



ludwig bölkow
systemtechnik

PTL CAR [% _{new-reg}]	ICE Gasol./ Diesel	ICE Methane	Hybrid Gasol./ Diesel	Hybrid Methane	REEV Gasol./ Diesel	REEV Methane	BEV	FCEV
2010	100	0	0	0	0	0	0	0
2020	80	0	20	0	0	0	0	0
2030	40	0	60	0	0	0	0	0
2040	10	0	90	0	0	0	0	0
2050	0	0	100	0	0	0	0	0

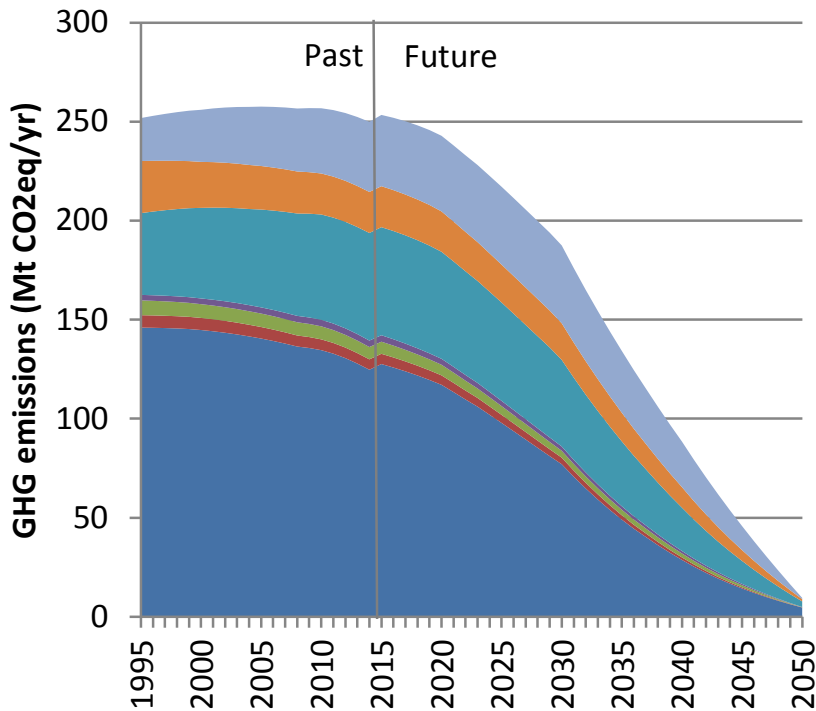
FVV CAR [% _{new-reg}]	ICE Gasol./ Diesel	ICE Methane	Hybrid Gasol./ Diesel	Hybrid Methane	REEV Gasol./ Diesel	REEV Methane	BEV	FCEV
2010	100	0	0	0	0	0	0	0
2020	36	5	45	2	6	0	4	1
2030	0	0	55	5	25	0	10	5
2040	0	0	37	2	45	0	16	9
2050	0	0	0	0	70	0	20	10

eMob CAR [% _{new-reg}]	ICE Gasol./ Diesel	ICE Methane	Hybrid Gasol./ Diesel	Hybrid Methane	REEV Gasol./ Diesel	REEV Methane	BEV	FCEV
2010	100	0	0	0	0	0	0	0
2020	86	5	3	0	3	0	3	0
2030	68	5	6	0	9	0	12	0
2040	0	0	10	0	17	0	72	0
2050	0	0	5	0	12	0	82	0

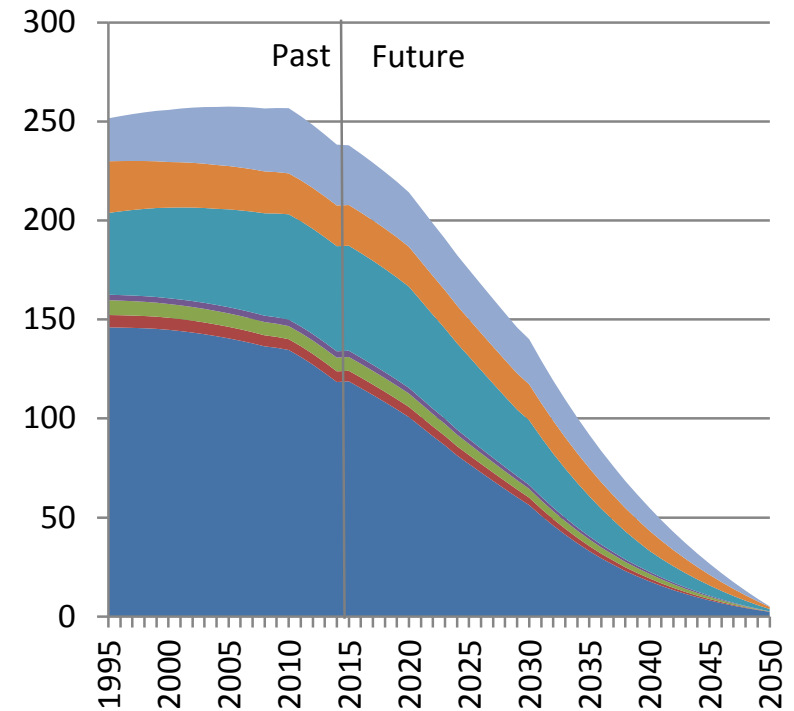
Greenhouse gas emissions | DE | All transport | «FVV»



FVV + HIGH



FVV + LOW



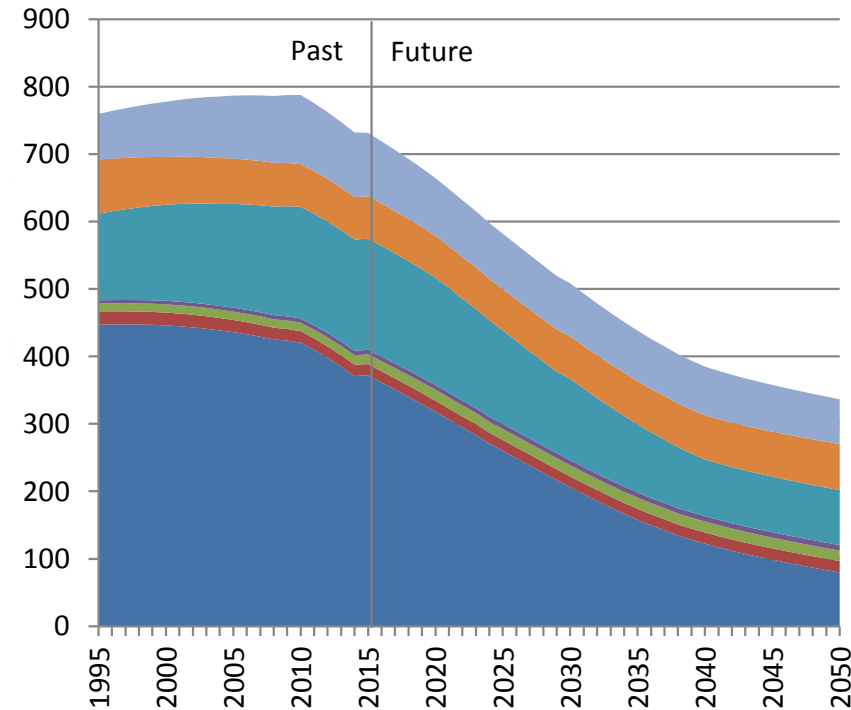
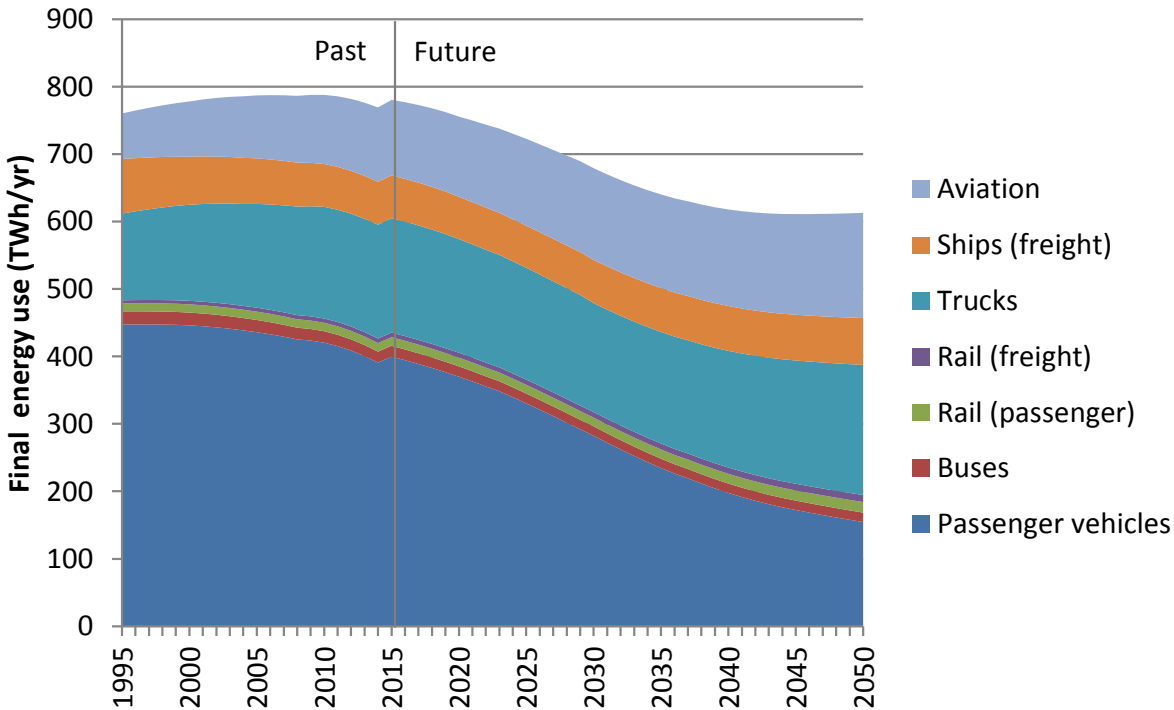
- Target scenario for fuels => 100% renewable energy basis by 2050.
- Climate impacts from aviation high-altitude emissions not included.
- Speed of GHG reduction (carbon budget approach) may be relevant.

Fuel demand (TWh/a) | DE | All transport | «FVV»



FVV + HIGH

FVV + LOW



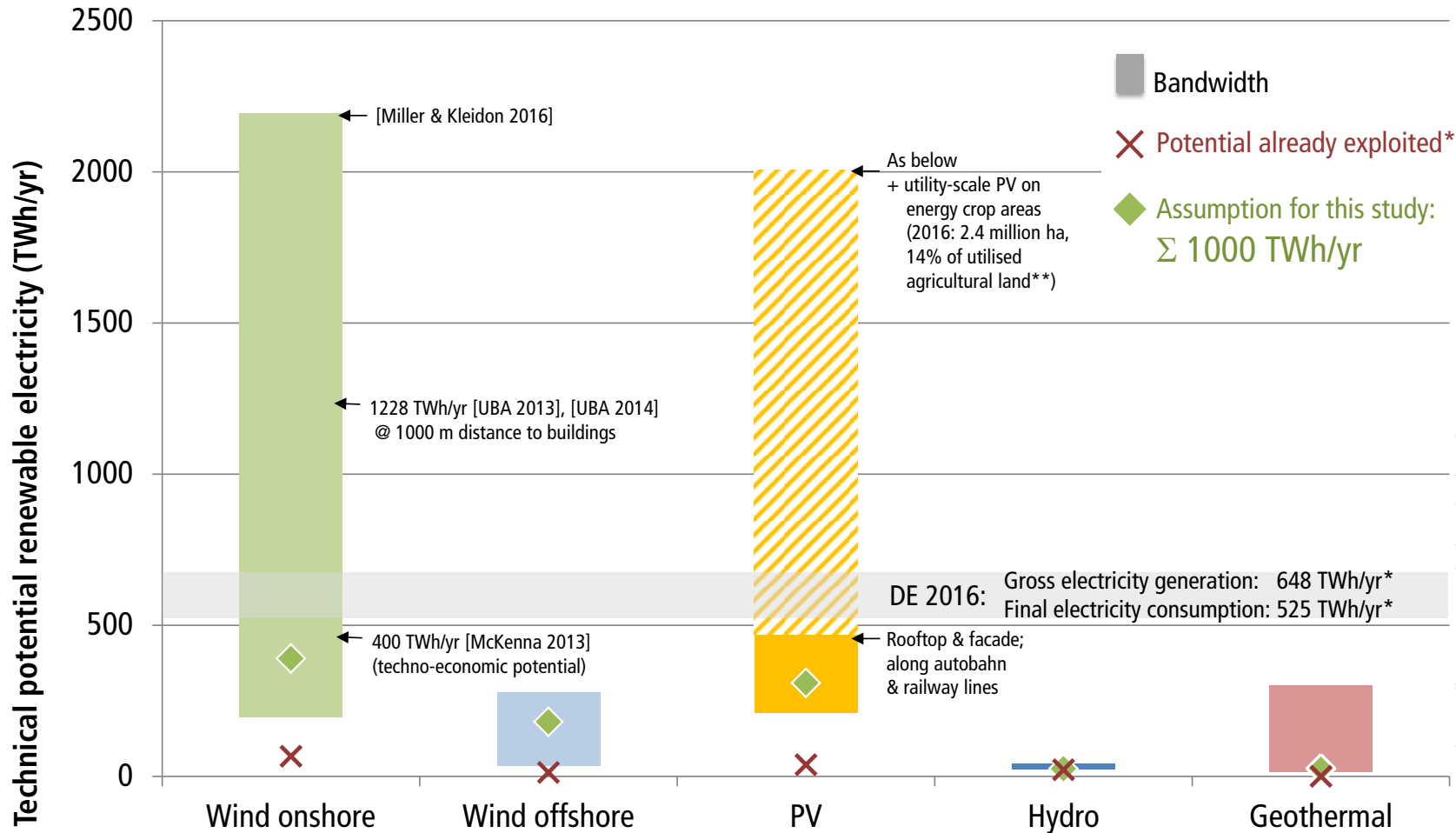
- Growth in HIGH transport demand overcompensates efficiency improvements
- Efficiency potentials in passenger cars can be easily lifted with e-drives
- Relative importance of (freight) trucks and (passenger) aviation in fuel demand increases, thereof notably international aviation

Renewable electricity generation potentials Germany

(bars can be stacked)



ludwig bölkow
systemtechnik



Data: [BMVI 2015], [UBA 2014], [BWE 2013], [AEE 2013], [UBA 2013], [BMU 2012], [IWES-PV 2012], [UBA 2010], [Wagner 2008], [TAB 2003]
*2016 data: [AGEB 2017] provisional as per 03/2017, **[FNR 2017] provisional as per 02/2017

Renewable electricity potentials in Germany and EU-28



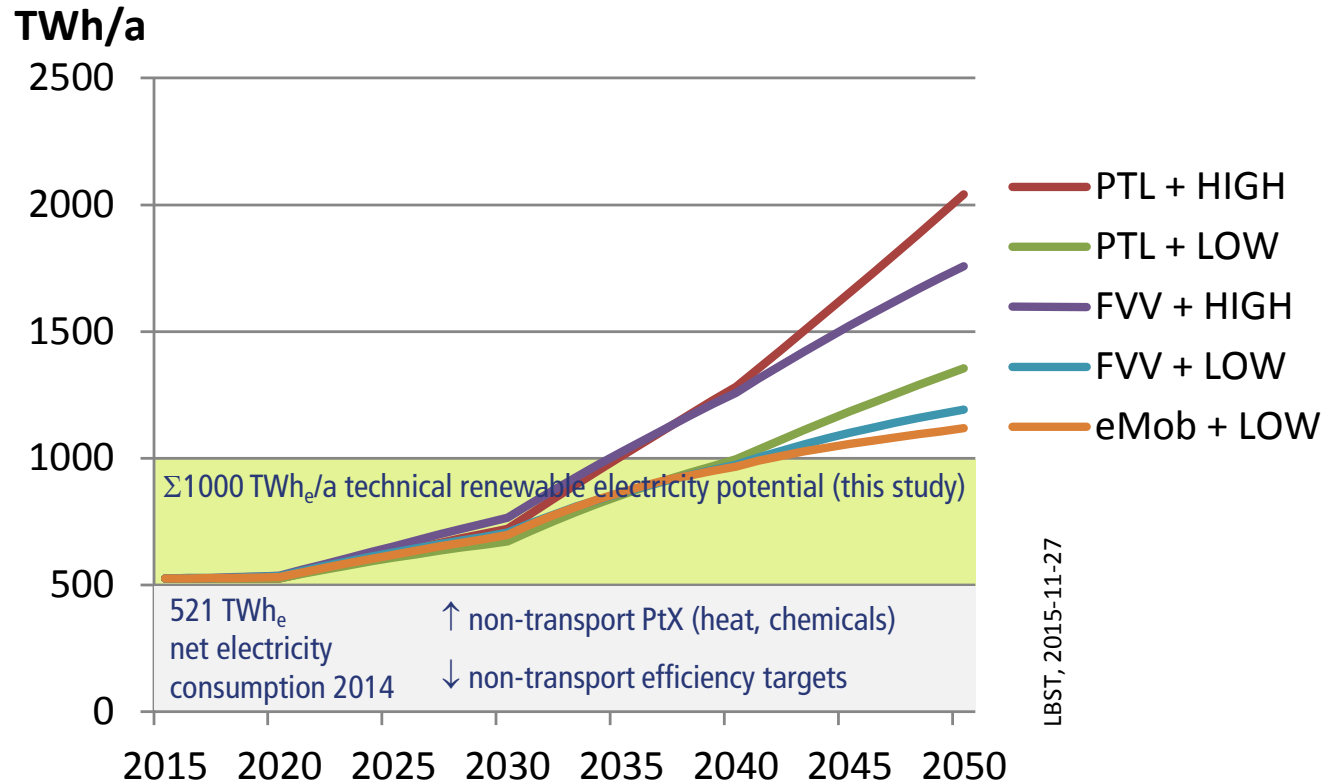
ludwig bolkow
systemtechnik

- Germany and the EU have (very) high technical renewable electricity potentials
 - DE: ~1000 TWh/a potential vs. ~500 TWh net electricity consumption
 - EU: ~11000 TWh/a potential vs. ~2800 TWh net electricity consumption
- Only ~11% (DE) and ~6% (EU-28) of this potentials are currently used for renewable power production
- The limits to renewable power growth seem to be more of an acceptance issue than costs
- Latest research by [ISE 2015] states PV electricity production costs of 2-4 €ct/kWh in Southern and Central Europe by 2050
- Renewable power potentials assessed for solar-thermal power plants could also be exploited with photovoltaics

Electricity demand (TWh_e/a) | DE | Today + transportation



ludwig bolkow
systemtechnik



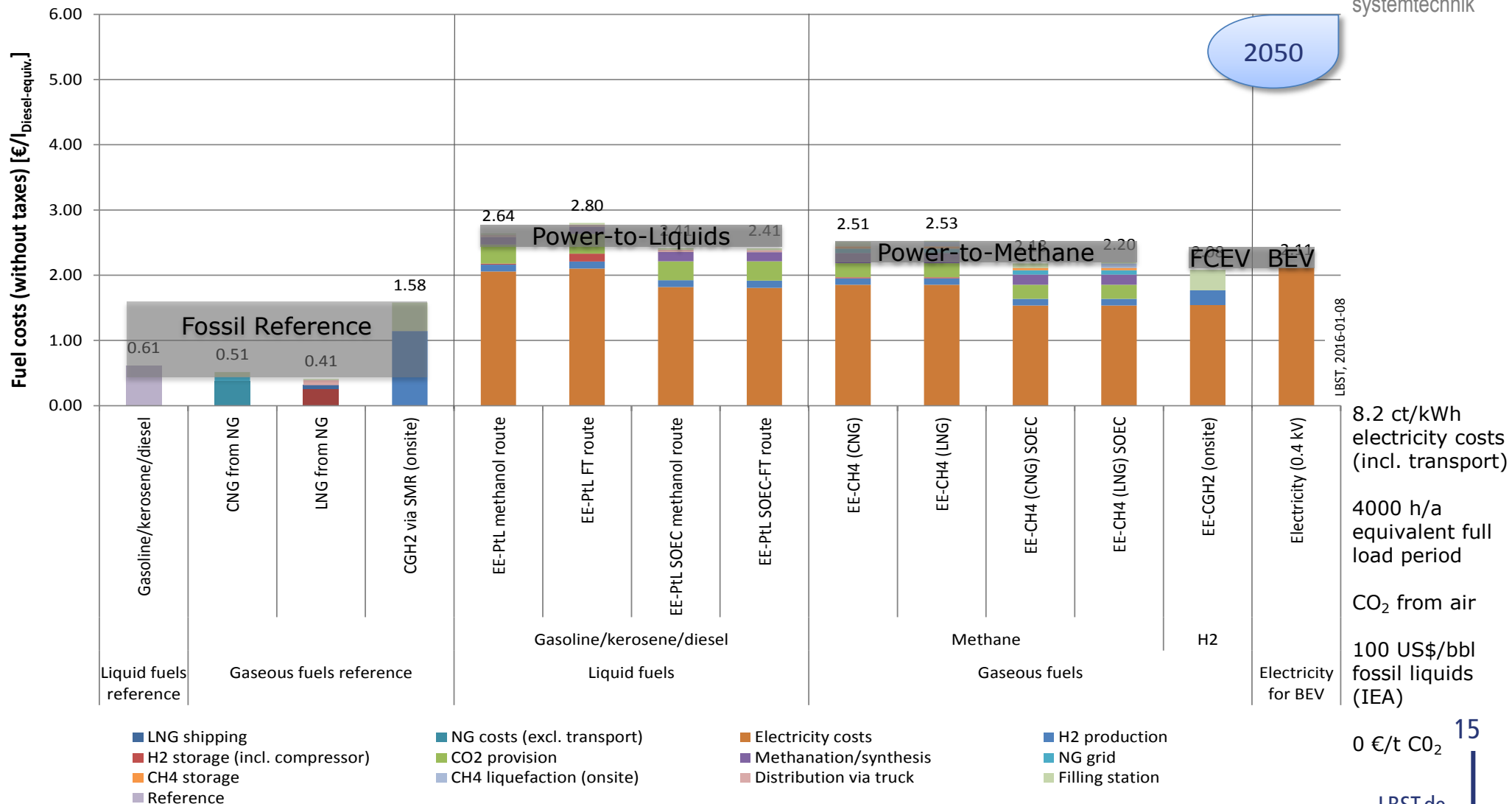
- Total electricity demand in 2050 may be a factor 2 to 4 of today's electricity demand.
- All scenarios would likely require renewable energy imports.

Fuel Cost Comparison (Germany)

per Liter



ludwig bolkow
systemtechnik



16. Mai 2017

Source: LBST, Renewables in Transport 2050, FVV (ed.), 2016

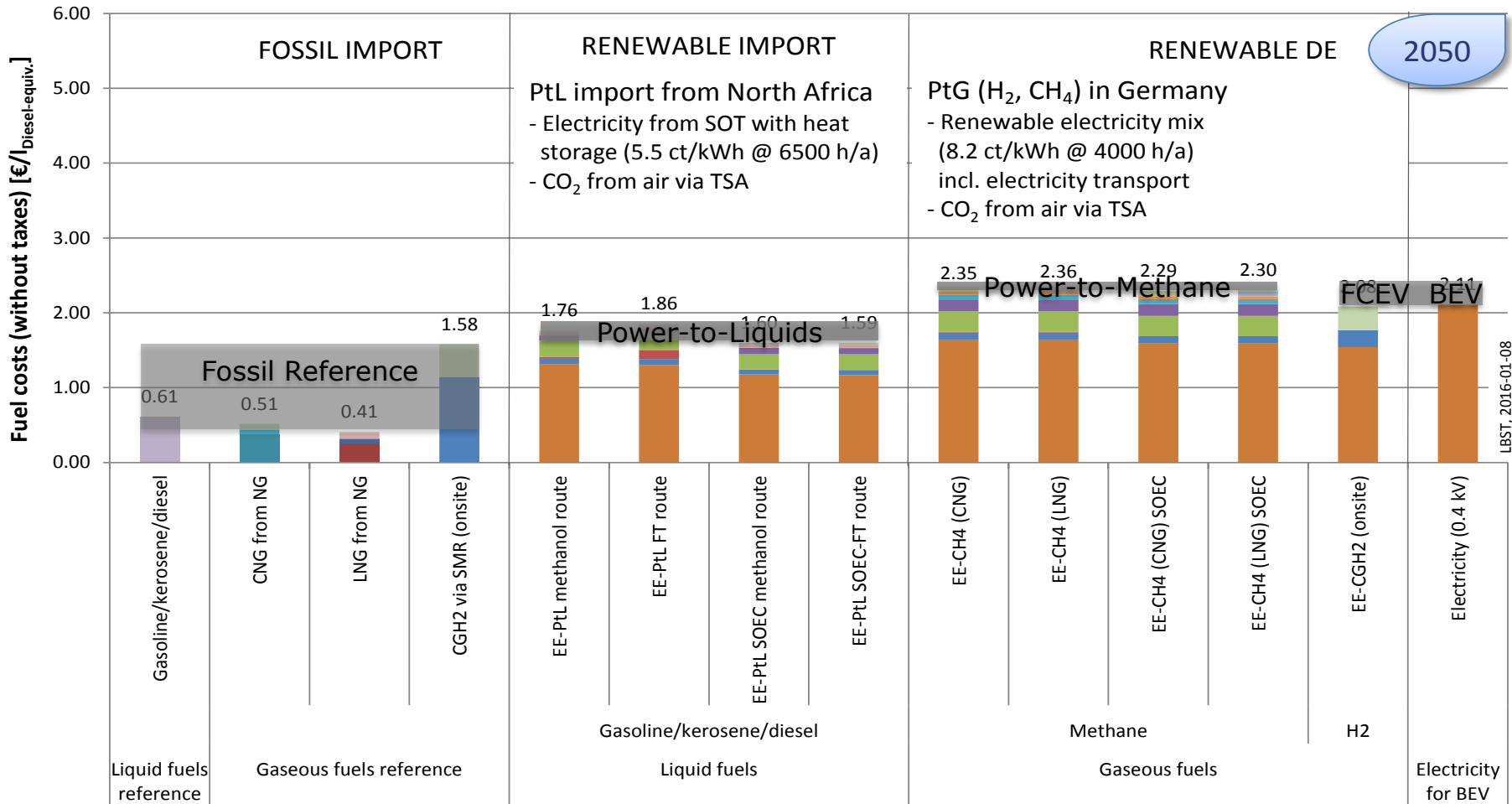
© Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH

LBST.de

Fuel Cost Comparison (PtL Imports) *per Liter*



ludwig bolkow
systemtechnik



LBST, 2016-01-08

100 US\$/bbl
fossil liquids
(IEA)
0 €/t CO₂

- LNG shipping
- NG costs (excl. transport)
- Electricity costs
- H2 production
- H2 storage (incl. compressor)
- CO2 provision
- Methanation/synthesis
- NG grid
- CH4 storage
- CH4 liquefaction (onsite)
- Transport to EU, Distribution via truck
- Filling station
- Reference

16. Mai 2017

© Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH

Source: LBST, Renewables in Transport 2050, FVV (ed.), 2016

LBST.de

Fuel Cost Comparison (PtL Imports) per Kilometer



ludwig bolkow
systemtechnik

2050

WTW fuel cost ICE hybrid, FCEV, and BEV

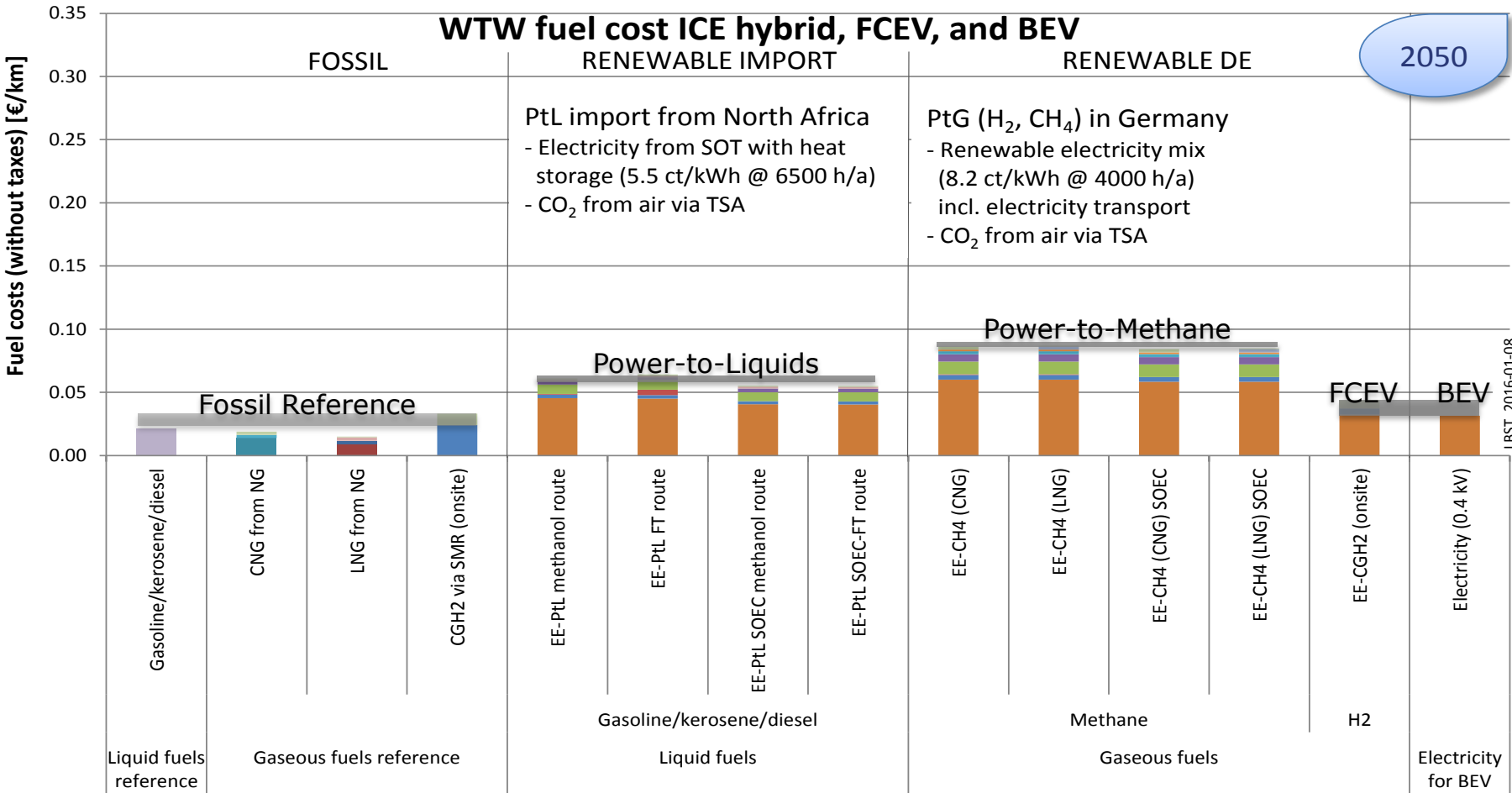
FOSSIL

RENEWABLE IMPORT

RENEWABLE DE

PtL import from North Africa
- Electricity from SOT with heat storage (5.5 ct/kWh @ 6500 h/a)
- CO₂ from air via TSA

PtG (H₂, CH₄) in Germany
- Renewable electricity mix (8.2 ct/kWh @ 4000 h/a) incl. electricity transport
- CO₂ from air via TSA



LBST, 2016-01-08

100 US\$/bbl fossil liquids (IEA)
0 €/t CO₂

- LNG shipping
- NG costs (excl. transport)
- Electricity costs
- H2 production
- H2 storage (incl. compressor)
- CO2 provision
- Methanation/synthesis
- NG grid
- CH4 storage
- CH4 liquefaction (onsite)
- Transport to EU, Distribution via truck
- Filling station
- Reference

16. Mai 2017

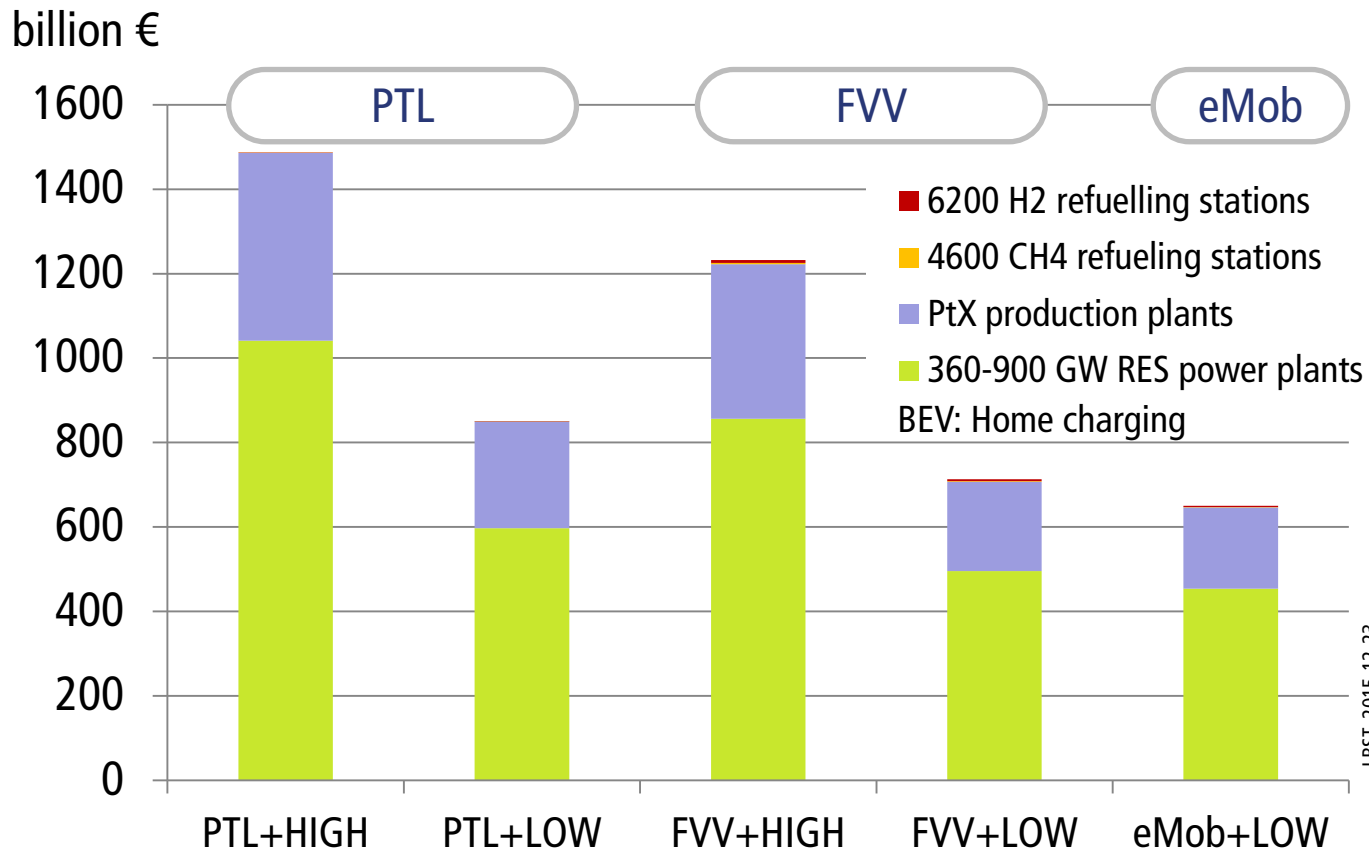
© Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH

Source: LBST, Renewables in Transport 2050, FVV (ed.), 2016

Cumulated investments until 2050 | Germany



ludwig bolkow
systemtechnik



For comparison 2014 in Germany:

- ~70 GW renewable power (38 GW wind onshore, 3 GW wind offshore, 39 GW PV)
- Gross domestic product (GDP) = 2900 billion €/a
- @ Linear depreciation over 35 years => 1-2 % of annual GDP

Eine Energiewende im Verkehr ist machbar, aber kein Selbstläufer.

- Energie- und Investitionsbedarfe insbesondere sensitiv hinsichtlich
 - Verkehrsnachfrage (Suffizienz, Modalsplit)
 - Kraftstoff-Antriebs-Mix (Energieeffizienz)
 - Effizienz ist wichtig, aber nicht alles => Alles ist aber nichts ohne erneuerbaren Strom
 - Erneuerbarer Strom wird zunehmend zur Primärenergie => Integration/Sektorkopplung
 - Der Verkehr muss stromorientierter werden, was viel Strom benötigt ☹️, aber auch einen Stromspeicher darstellt 😊 => Elektrifizierung der Kraftstoff- & Antriebs-Basis
 - Volkswirtschaftlich erscheinen alle betrachteten Szenarien prinzipiell machbar.
Es bestehen betriebswirtschaftliche Herausforderungen => Regulatorischer Rahmen
- Die Kraftstoff-/Antriebswelt wird erstmal bunter.
- Der aktuelle EE-Zubaurahmen berücksichtigt noch keine neuen Stromnachfrager.



Energiewende im Verkehr

Chancen der Elektromobilität in Kommunen

Beispiel Unterhaching

Martin Zerta

Wo stehen wir heute?



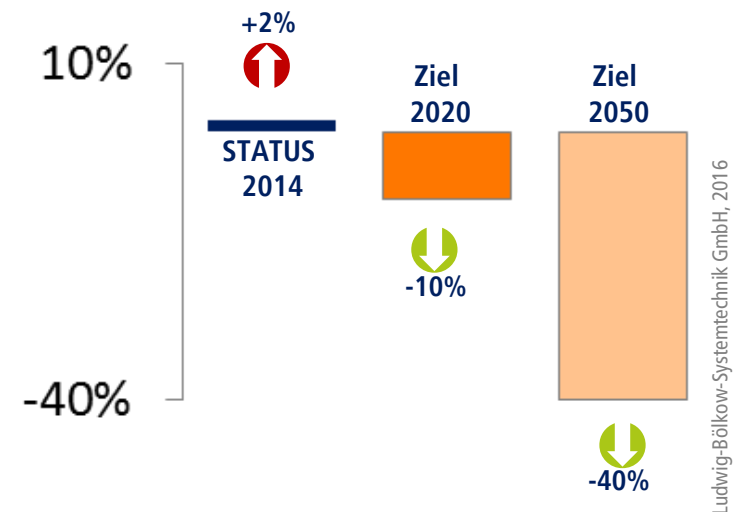
ludwig bolkow
systemtechnik

Ziele der Energiewende in Deutschland:

- THG-Emissionen (ggü. 1990): -40% (bis 2020) / -80-95% (bis 2050)
- Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005): -10% (bis 2020) / -40% (bis 2050)

Verkehrssektor: Status-quo / Trend:

- Steigender Energieverbrauch & Emissionen
- ! Reduktionsmaßnahmen bisher erfolglos
- ! Klima- und Wirtschaftspolitik stehen nicht im Einklang
- ! Steigende Schadstoffbelastungen in Städten



Entwicklung des Endenergieverbrauch im Verkehr (gegenüber 2005)

Datenquelle: BMWi, Die Energiewende der Zukunft,
Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende, Dez. 2014

21

Grundsätzlich:

- Verlagerung, Vermeidung, Effizienzsteigerung
 - z.B.: Veränderung des Modal Splits, Umgestaltung der Verkehrsflächen, Umstellung auf emissionsarme Fahrzeuge / Nullemissionsfahrzeuge (NEF)
- Restriktive Maßnahme
 - BUND: (Verschärfung) der Grenzwerte (THG, CO₂, Schadstoffe)
 - Kommunen: (Verschärfung) Umweltzone / Fahreinschränkungen / Kommunale Beschaffungsrichtlinien

■ Förderprogramme

- z.B. Umstellung einzelner Fahrzeuge /Fuhrparks auf Batterie- / Brennstoffzellenfahrzeuge
- BUND / Regionale Förderprogramme
 - z.B. E-Mobilität:
 - Förderprogramme überschneiden sich (z.B. IHFEM – Marktanreizprogramm E-Mobilität)
 - Doppelförderung nicht möglich
 - Regionale Fördermittel für den Wirtschaftsverkehr werden bisher zu wenig abgerufen

■ EU-Luftreinhalt Richtlinie (2008/50/EG)

→ umgesetzt in nationales Recht durch die **Bundesimmissionsschutzverordnung**

- Bei Überschreitung der Alarmgrenzwerte für die Schadstoffe (Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid) müssen kurzfristige Maßnahmen ergriffen werden
- Bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte sind Luftreinhaltepläne zu erstellen

	Stündlicher Grenzwert		Täglicher Grenzwert		Jährlicher Grenzwert	
	Grenzwert	Max. Überschreitungen	Grenzwert	Max. Überschreitungen	Grenzwert	Max. Überschreitungen
Stickstoffdioxid (NO ₂)	200 µg/m ³	18 x pro Jahr			40 µg/m ³	
Feinstaub (PM ₁₀)			50 µg/m ³	35 x pro Jahr	40 µg/m ³	
Feinstaub (PM _{2,5})					20*-25 µg/m ³	

Quelle: Richtlinie 2008/50/EG, Anhang XI, B. Grenzwerte

* Ab 01.01.2020

Beispiel: Münchens Luftreinhalteplan (6. Fortschreibung)



ludwig bolkow
systemtechnik

Bayerischer Verwaltungsgerichtshof (VGH) München, 01.03.2017

- Veröffentlichung eines vollständigen Verzeichnisses aller Straßen(abschnitte) in München an denen der Stickoxid-Grenzwert aktuell überschritten wird – bis 29.06.2017
- Bekanntmachung und Fortschreibung des Luftreinhalteplans unter Öffentlichkeitsbeteiligung unter Aufnahme von Verkehrsverboten für Fahrzeuge mit Dieselmotoren – bis 31. August 2017
- Veröffentlichung einer Liste mit Straßenabschnitten, auf denen Dieselfahrzeuge verboten werden könnten, mit Angaben zu zeitlichen und sachlichen Einschränkungen für diese Verbote

Quelle: VGH München, Beschluss v. 27.02.2017 – 22 C 16.1427

Entscheidung des Bundesverwaltungsgericht 2017 ob und wie weit Diesel-Fahrverbote rechtlich zulässig sind?

München wächst:

- Zunehmende Bevölkerung und Wirtschaftsleistung
- Zunahme der Verkehrsleistungen?

Fahrverbote Innenstädte?

- Einschränkungen nach Straßen/Stadtteilen?
- Auswirkungen/Folgen für das Umland?
z.B. Pendlerverkehr
- Folgen für den Lieferverkehr?
Problem: Zunahme KEP (Kurier-Express-Paket-Dienste)

- Umstellung von Fahrzeugflotten auf E-Mobilität, insbesondere
 - Dieselbussen auf Nullemissionsfahrzeuge
 - Taxis, Carsharing
 - Wirtschafts- / Lieferverkehr
(z.B. bis *70 km Entfernung München-Großraum*)
- Aufbau Infrastruktur → Ladesäulen / H₂-Tankstellen
 - Synergie Verkehr / stationäre Stromversorgung; Vernetzung Strom / Daten
- Mobilitätsstationen (Vernetzung ÖPNV / Quartierskonzepte)
 - Kombination mit ÖPNV »Mobilität aus einer Hand« (mit Verkehrsträger)
 - in Mehrfamilienhäusern/Quartieren (mit Wohnbaugesellschaften)
- Förderung Nahmobilität (Kurzstrecken)
- Ausbau Radverkehr

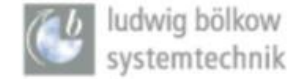
- Um das Klimaziel 2050 zu erreichen dürfen spätestens ab 2030 nur noch NEF zugelassen werden (→ „das sind weniger als 13 Jahre“)
- Es muss (und wird) in den Kommunen gehandelt werden (→ Reduktion von THG-Emissionen und Schadstoffe)
- Förderprogramme werden angeboten, müssen verstärkt / angepasst werden
- Wirtschaftsverkehr und städtischer Fuhrpark sind unmittelbar betroffen
- Ladeinfrastruktur stellt Herausforderung für eine schnelle Umstellung dar
- Planung mit neuen Mobilitätskonzepten /-ansätzen notwendig (z.B. Verlagerung des Modal-Split, Mobilitätsstationen, Quartierskonzepte,...)
- Trotz aktueller Rechtsunsicherheit werden derzeit im Rahmen von Luftreinhalteplänen kurz- und mittelfristige Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffe vorbereitet die bereits ab Anfang 2018 wirksam sein sollen

Beispiel: Unterhaching – Energiebilanz 2010

(Integriertes Klimaschutzkonzept für die Gemeinde Unterhaching, Dezember 2012)



ludwig bolkow
systemtechnik



Energiebilanz

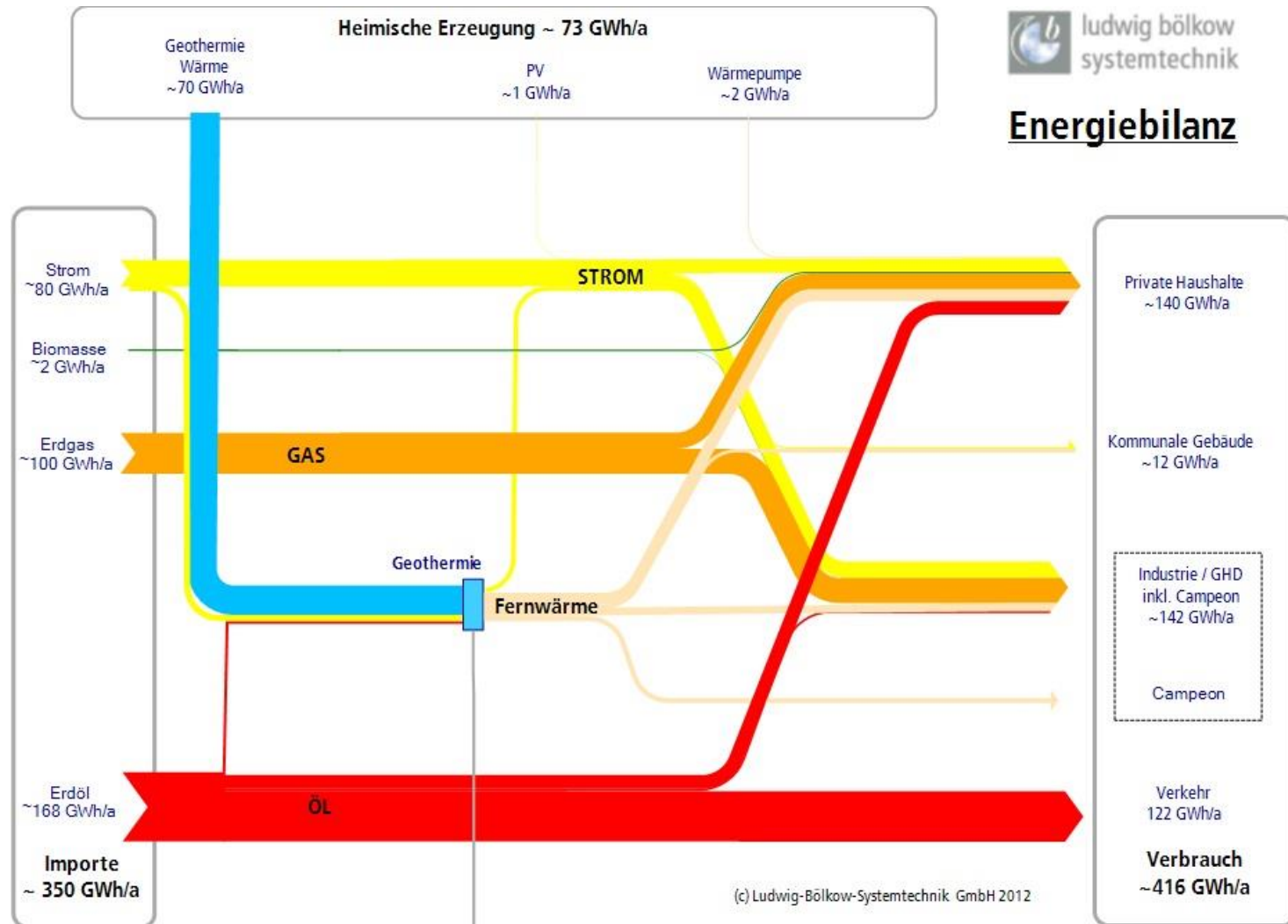
Andere
~ 1%

Geothermie
~ 17%

Strom-
importe
~ 19%

Erdgas
~ 23%

Öl
~ 40%



Haushalte
~ 34%

Gewerbe
~ 34%

Kommune
~ 3%

Verkehr
~ 29%

Summe: 423 GWh =
18,5 MWh/EW

Kontakt



Martin Zerta
Senior Projektmanager

LBST
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Daimlerstr. 15 · 85521 München

T: 089 608110-25
E: Martin.Zerta@LBST.de
W: <http://www.lbst.de>



L B S T
ludwig bölkow
systemtechnik



Patrick Schmidt
Senior Projektmanager

LBST
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
Daimlerstr. 15 · 85521 München

T: 089 608110-36
E: Patrick.Schmidt@LBST.de
W: <http://www.lbst.de>

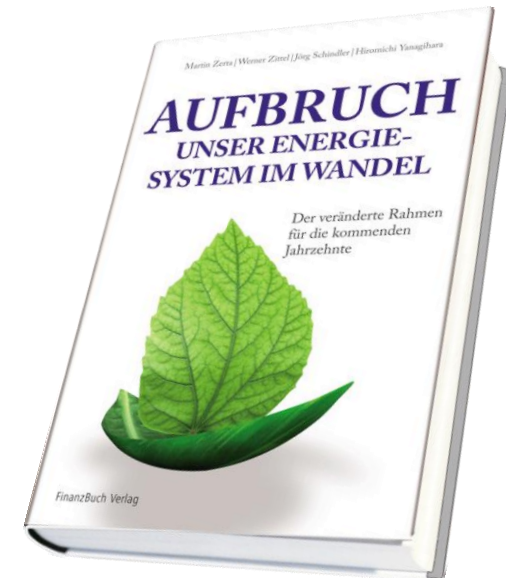


L B S T
ludwig bölkow
systemtechnik



Aufbruch – Unser Energiesystem im Wandel

Der veränderte Rahmen für die kommenden Jahrzehnte



Martin Zerta | Werner Zittel | Jörg Schindler | Hiromichi Yanagihara

352 S., Hardcover, ISBN 978-3-89879-605-7

FinanzBuch Verlag, München 2010

P. Schmidt, W. Zittel, W. Weindorf, T. Raksha (LBST)

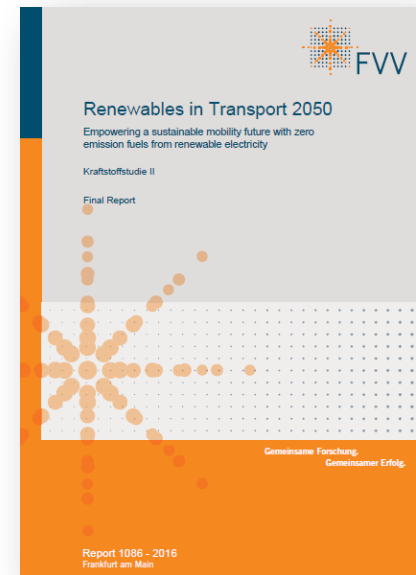
Renewables in Transport 2050 – Empowering a sustainable mobility future with zero emission fuels from renewable electricity – Europe and Germany

Research Association for Combustion Engines e.V. (ed.)

FVV-Report 1086 / 2016

→ Download

<http://www.fvv-net.de/en/download/renewables-in-transport-2050/renewables-in-transport-2050.html>



Wasserstoff und Brennstoffzelle – Technologien und Marktperspektiven

Hrsg.: Johannes Töpler, Jochen Lehmann
Springer Vieweg, 2017

Hardcover ISBN: 978-3-662-53359-8

<http://www.springer.com/de/book/9783662533598>



- Das Buch gibt einen aktuellen Überblick über den Stand der Technik
- Es zeigt das Entwicklungs- und Marktpotential von Wasserstoff auf
- Behandelt werden stationäre und mobile Anwendungen

LBST-Fachbeitrag:

Wasserstoff – Schlüsselement von Power-to-X

Ulrich Bünger, Jan Michalski, Patrick Schmidt, Werner Weindorf (LBST)

Abkürzungsverzeichnis



ludwig bölkow
systemtechnik

BEV	Batteriefahrzeug	LNG	verflüssigtes Methan
CNG	komprimiertes Methan	LOW	Niedriges Verkehrsnachfrageszenario
CO _{2eq}	Kohlendioxidäquivalente	PHEV	Plug-in Hybridelektrofahrzeug
EE	Erneuerbare Energie (hier: Strom)	pkm	Personenkilometer
eMob	Elektromobilität	PtCH ₄	Power-to-Methane
EV	Elektrofahrzeug	PtG	Power-to-Gas
ICE	Verbrennungsmotor	PtH ₂	Power-to-Hydrogen
FCEV	Brennstoffzellenfahrzeug	PtL	Power-to-Liquids
FVV	Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen	PtX	Power-to-Anything
GHG	Greenhouse Gases	REEV	Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung
GW	Gigawatt (1 GW = 1000 MW = 10 ⁶ kW)	SOEC	Festoxidelektrolyseur
H ₂	Wasserstoff	tkm	Tonnenkilometer
HIGH	Hohes Verkehrsnachfrageszenario	TWh	Terawattstunden (1 TWh = 1000 MWh)
LBST	Ludwig-Bölkow-Systemtechnik		