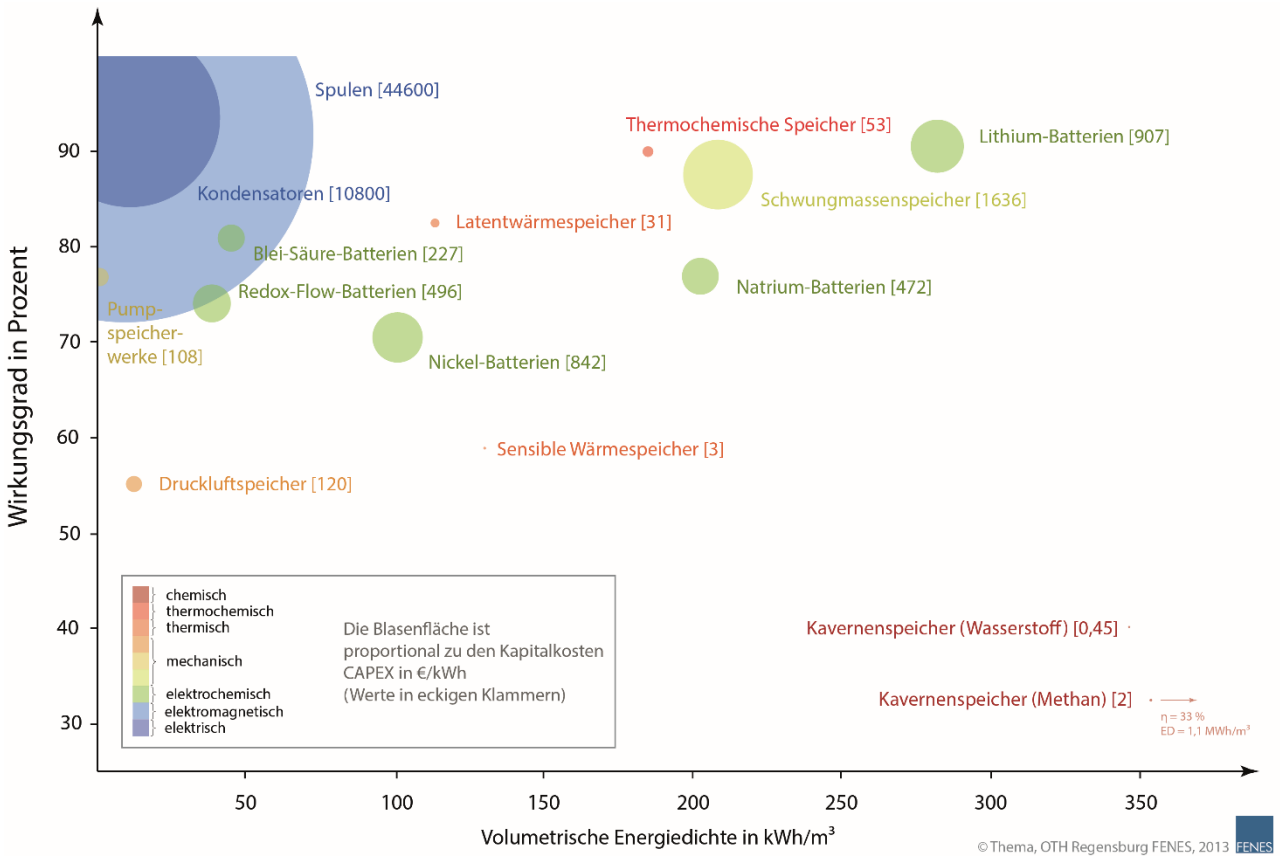
Energiespeicher für Erneuerbare Energien auf dem Weg zur Klimaneutralität: Alles Wasserstoff, oder was?

Prof. Dr.-Ing. habil. Ingo Stadler

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Energiespeicherung – Kosten, Effizienz, Energiedichte



Energiespeicherung – Kosten, Effizienz, Energiedichte

✓ Elektrochemische Energiespeicher

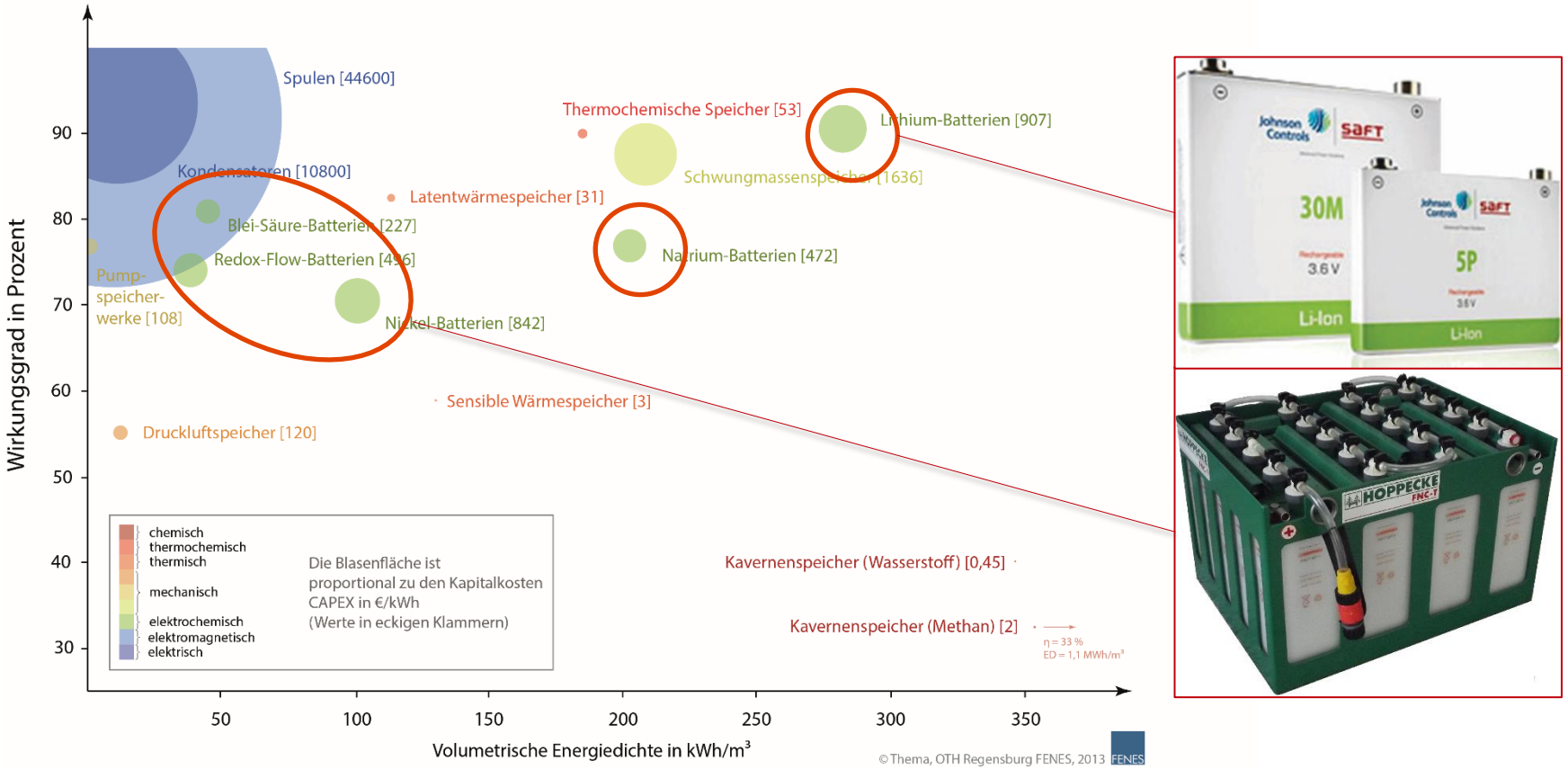
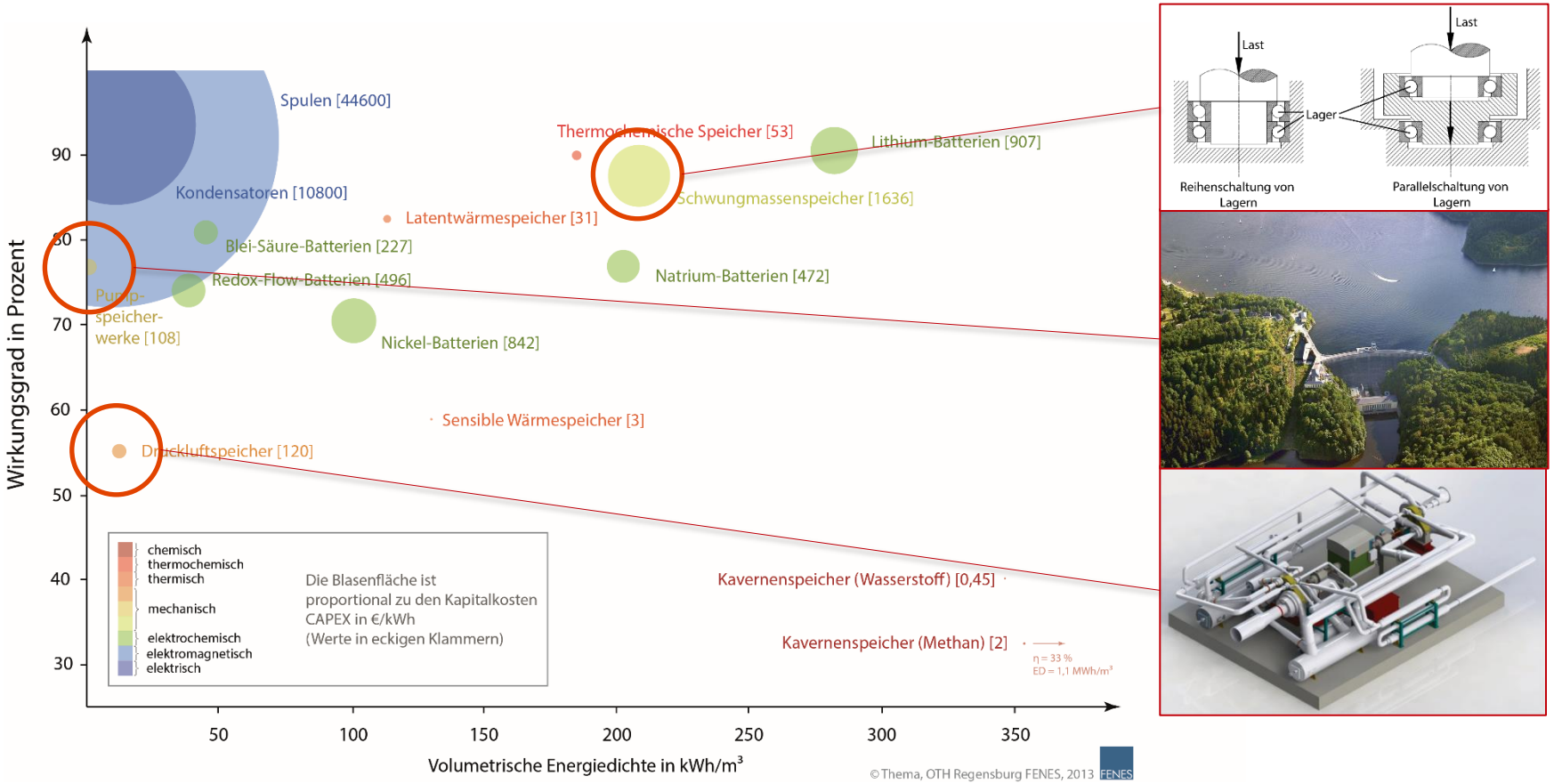


Abb. 13.17 Batteriekraftwerk der WEMAG/Younicos AG auf Basis von Lithium-Ionen-Akkus in Schwerin, Mecklenburg-Vorpommern. Aufnahme beim Einbau der Transformatoren (Quelle: Younicos AG)

Abb. 13.18 Innenansicht des Batteriekraftwerkes der WEMAG/Younicos AG auf Basis von Lithium-Ionen-Akkus in Schwerin, Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Younicos AG)

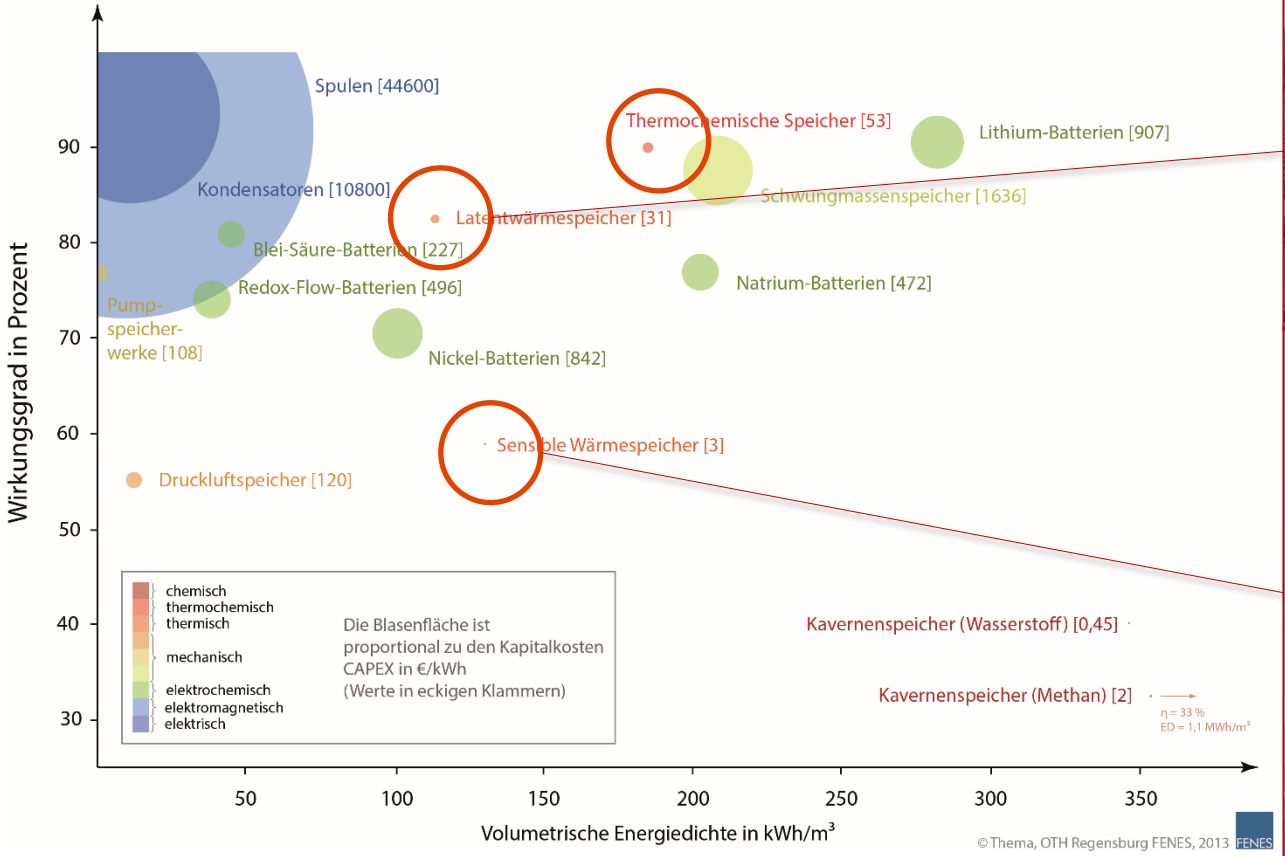
Energiespeicherung – Kosten, Effizienz, Energiedichte

✓ Mechanische Speicher

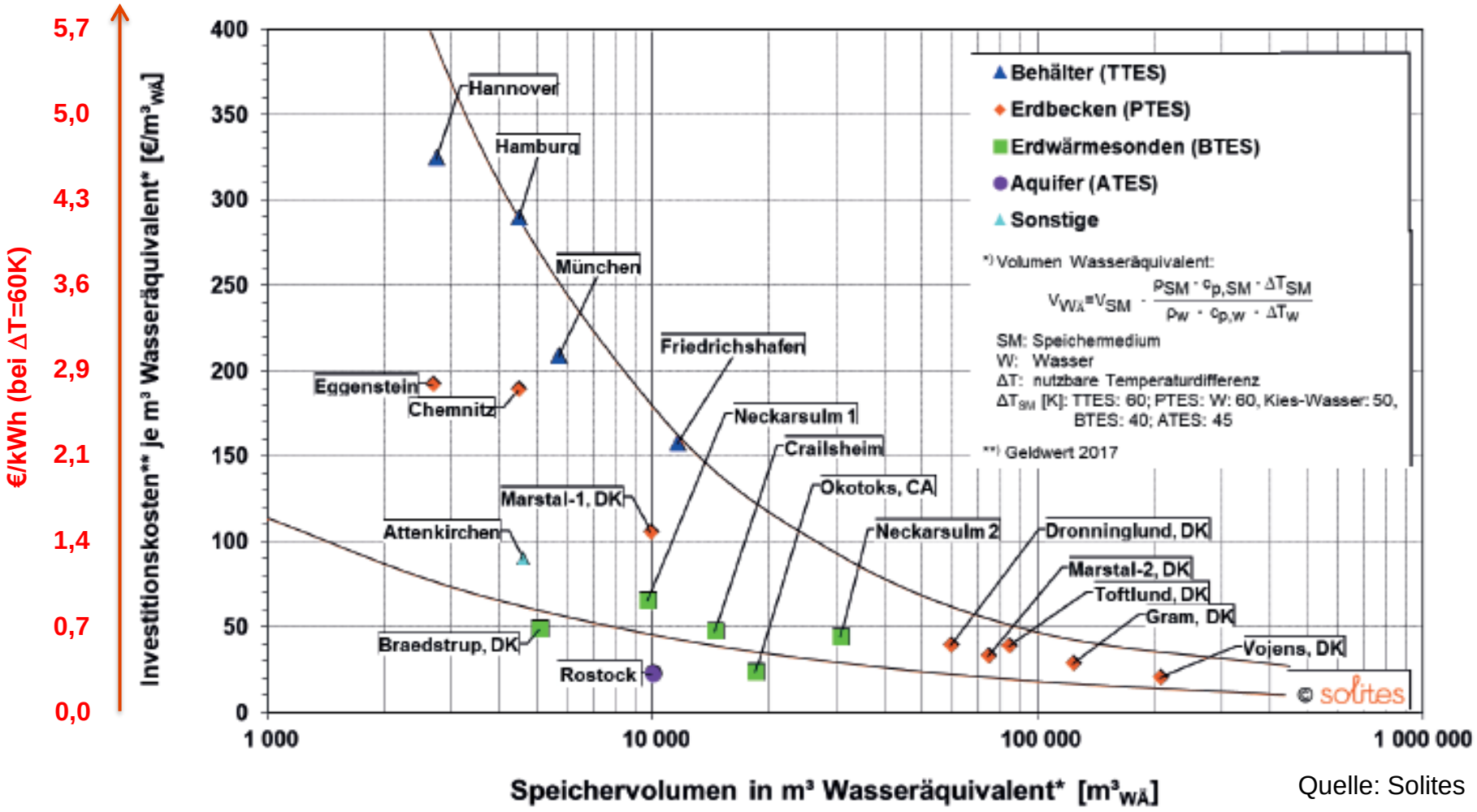


Energiespeicherung – Kosten, Effizienz, Energiedichte

✓ Thermische Energiespeicher



Warmwasserspeicher mit großem Volumen



Quelle: Solites

Saisonale Thermische Energiespeicherung

Abb. 13.40 Erstes zu 100 % solar beheiztes Mehrfamilienhaus Europas in Bern, Schweiz (Quelle: Jenni Energietechnik AG)

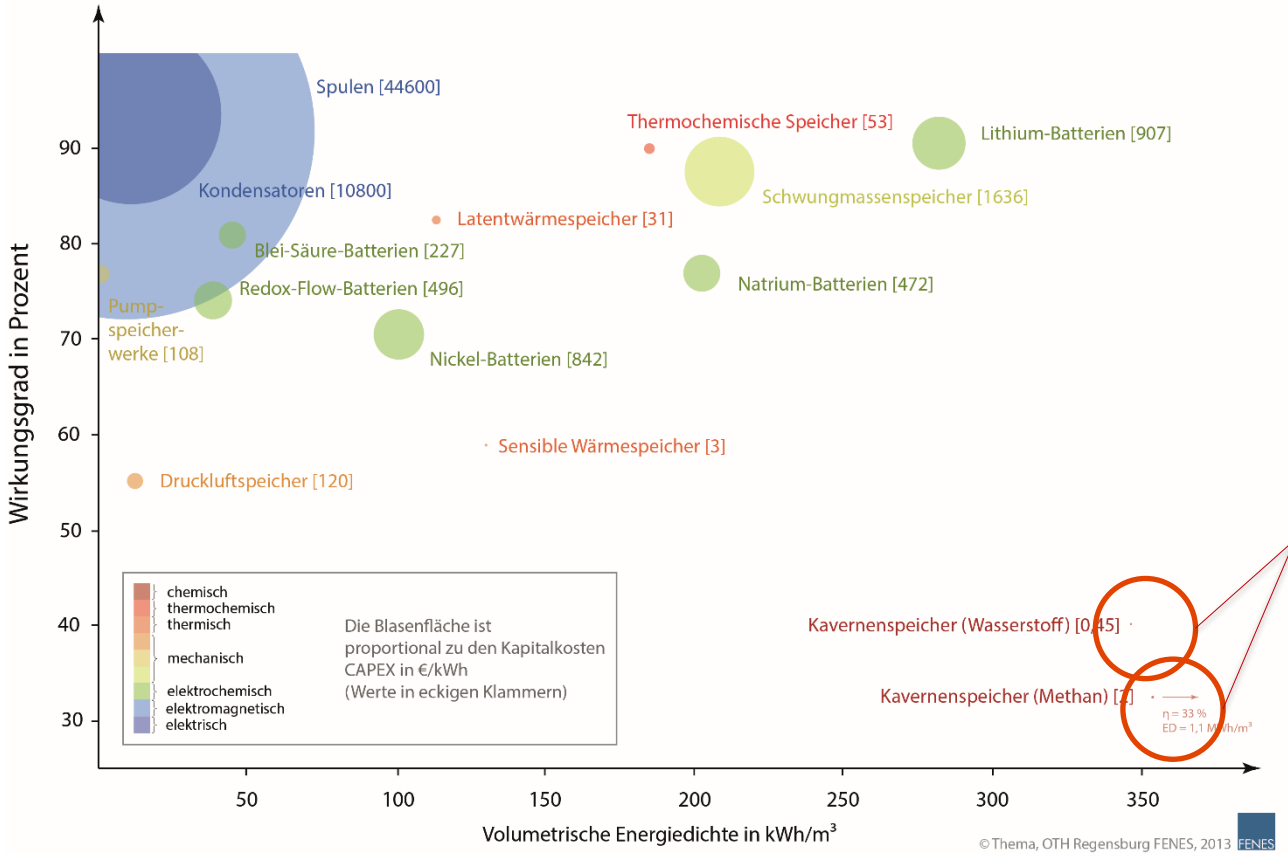
Abb. 13.41 Speicher des zu 100 % solar beheizten Mehrfamilienhauses in Bern, Schweiz (Quelle: Jenni Energietechnik AG)

Abb. 14.4 Wärmespeicher des Heizkraftwerks Sandreuth in Nürnberg zur Flexibilisierung der KWK inklusive Power-to-Heat mit einer Höhe von 70 m (Quelle: N-Ergie Kraftwerke GmbH)

Abb. 14.5 Fassade und 50 cm dicke Wärmedämmung des Wärmespeichers Sandreuth zur Flexibilisierung der KWK und zum Einsatz von Power-to-Heat (Quelle: N-Ergie Kraftwerke GmbH)

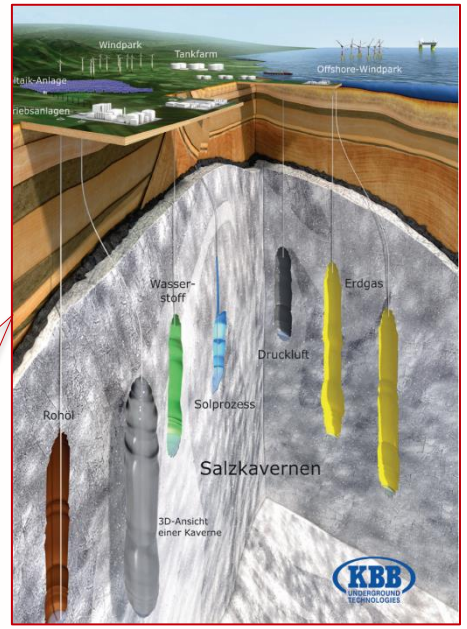
Energiespeicherung – Kosten, Effizienz, Energiedichte

✓ Gasspeicher

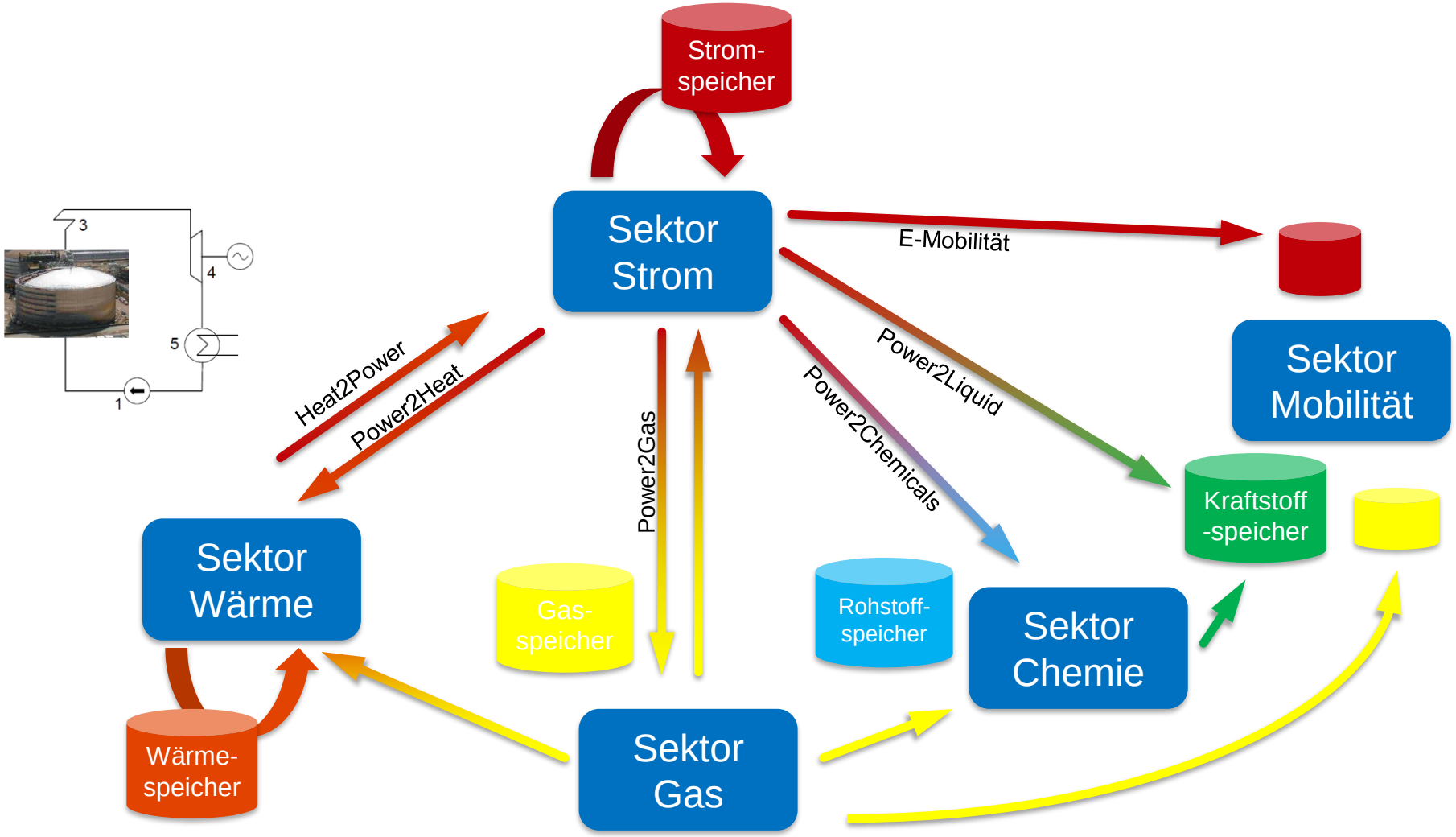


Schlussfolgerung:

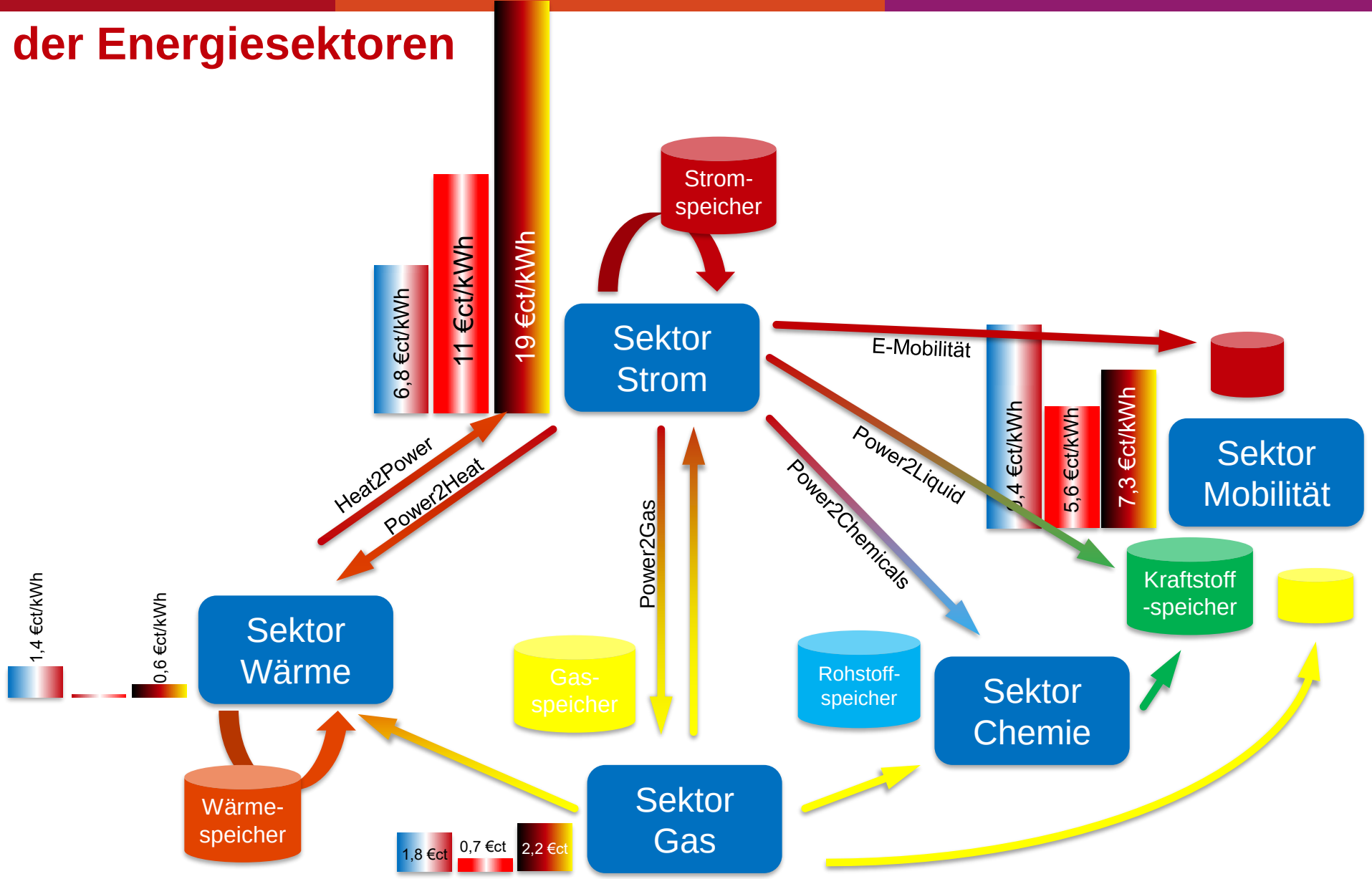
Nutze billige Speicher aus dem Wärme-, Gas- und Mobilitätssektor, um Speicheraufgaben im Stromsektor zu lösen



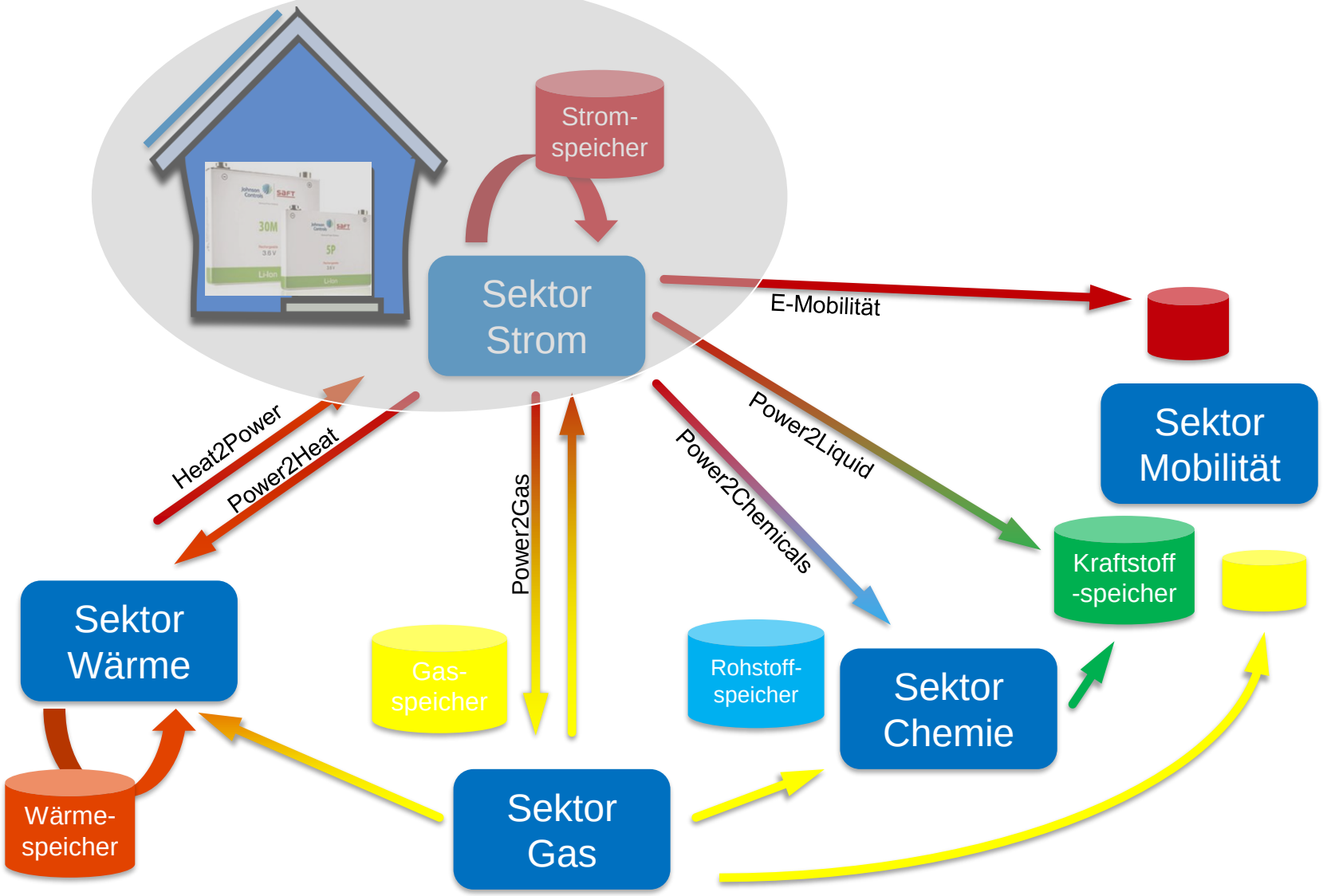
Energiespeicherung und Sektorenkopplung



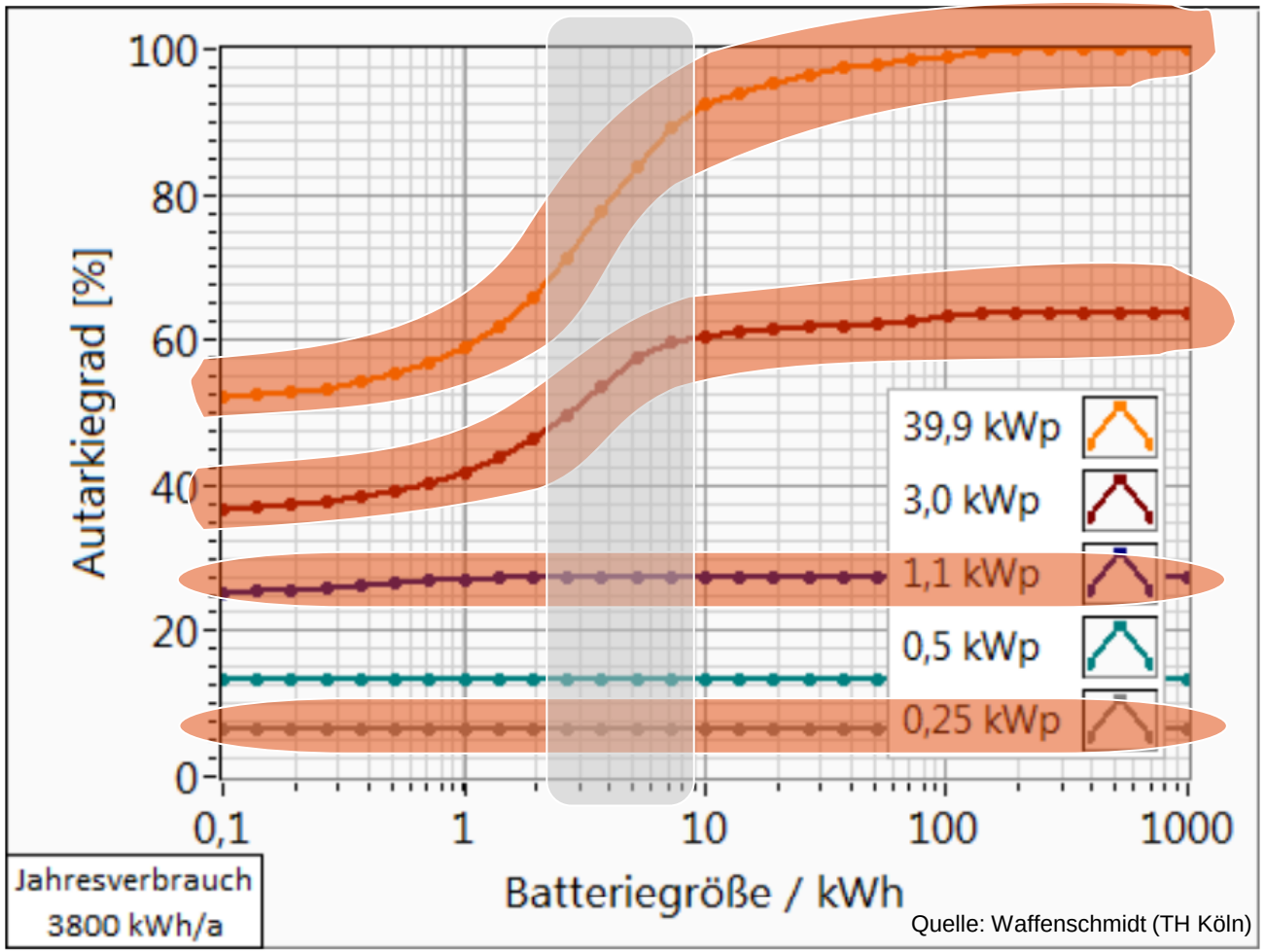
Kopplung der Energiesektoren



Kopplung der Energiesektoren - PV-Batteriespeicher (Heimspeicher)



Kopplung der Energiesektoren - PV-Batteriespeicher (Heimspeicher)



Quelle: Waffenschmidt (TH Köln)

frei nach Paveier:

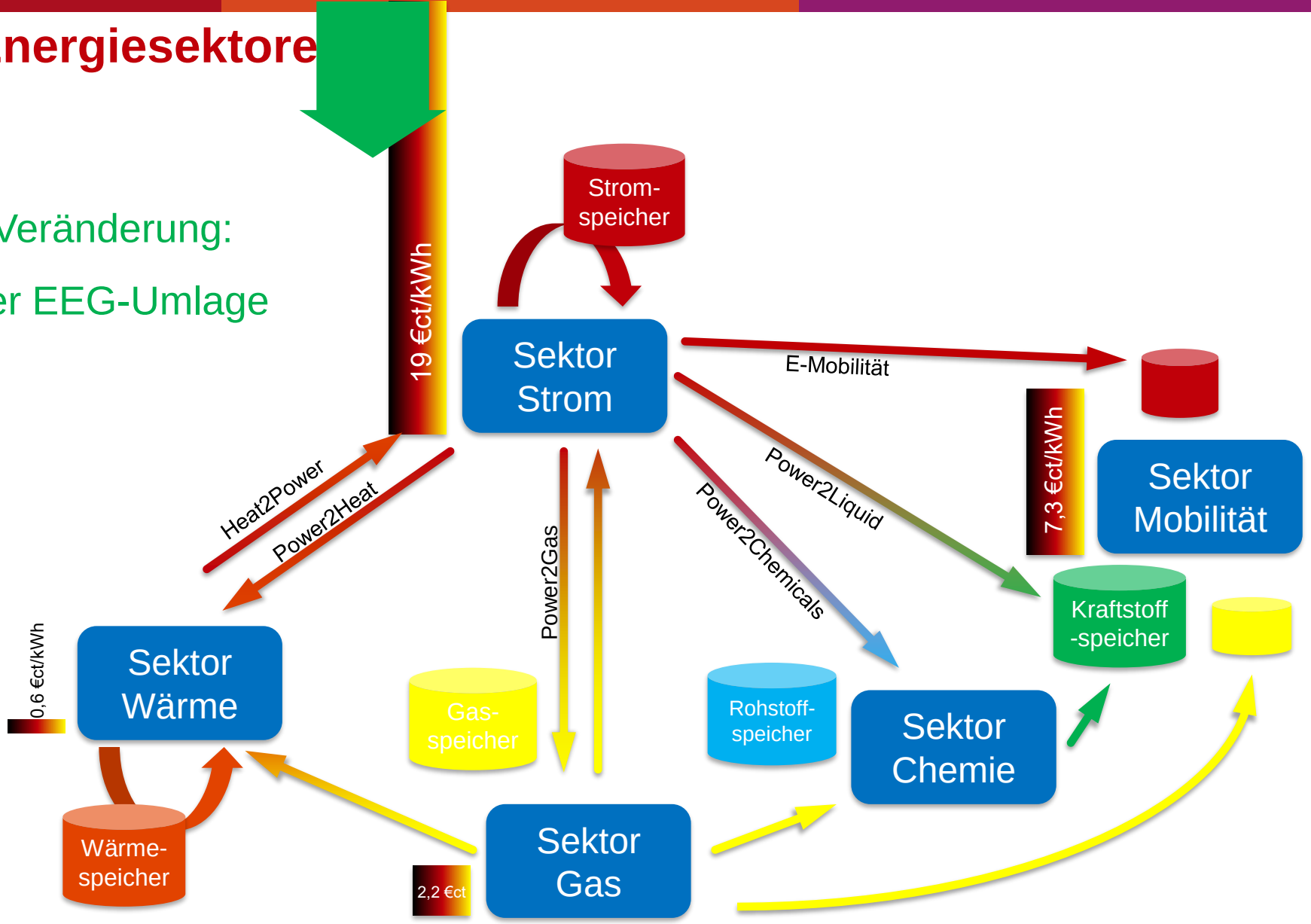
Leev Marie, ich bin (k)ein Speicher für eine Nacht!

(oder auch 2)

Kopplung der Energiesektoren

sich abzeichnende Veränderung:

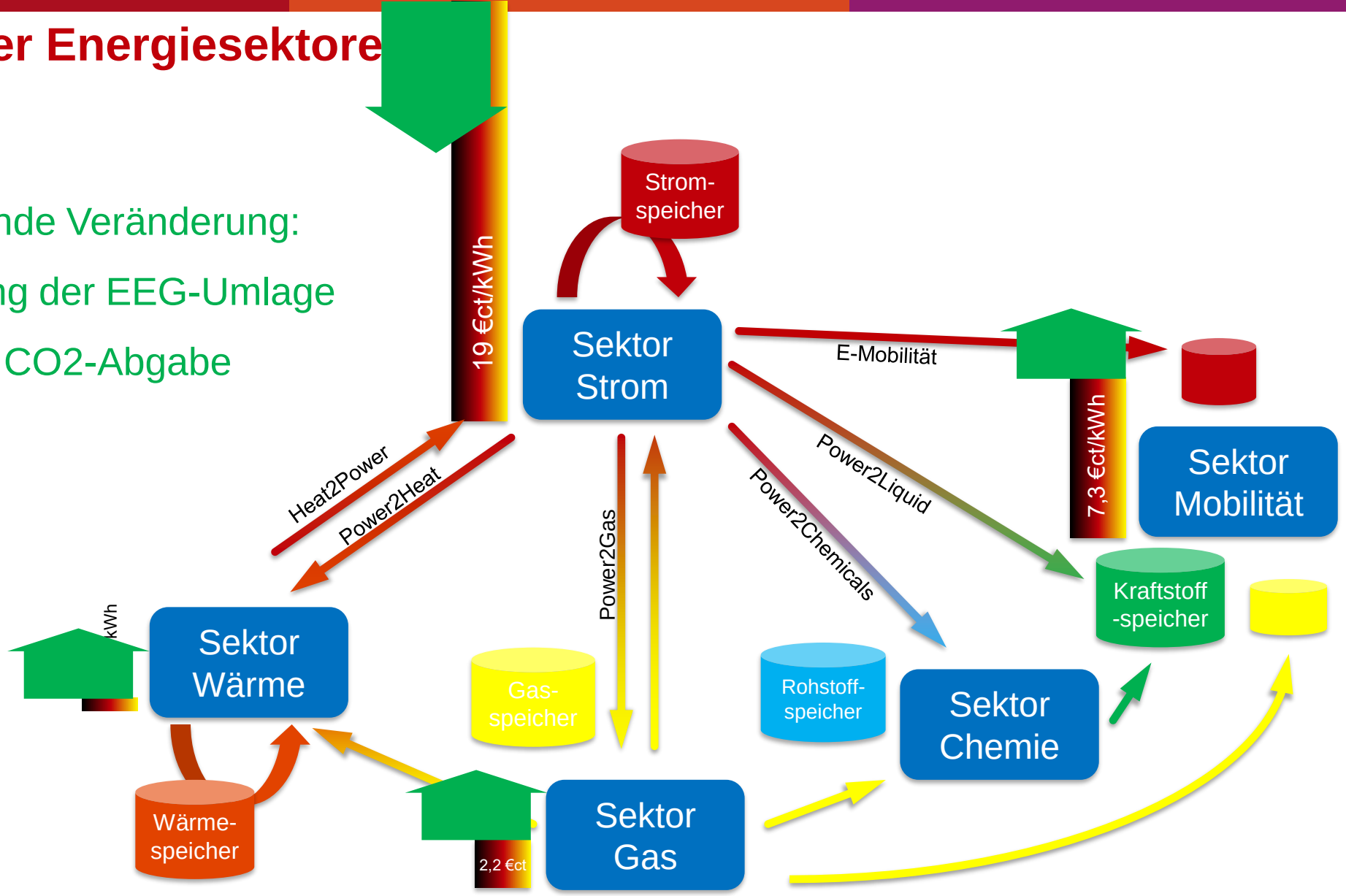
✓ Neugestaltung der EEG-Umlage



Kopplung der Energiesektoren

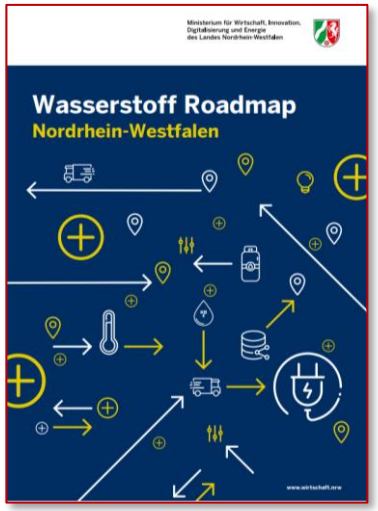
sich abzeichnende Veränderung:

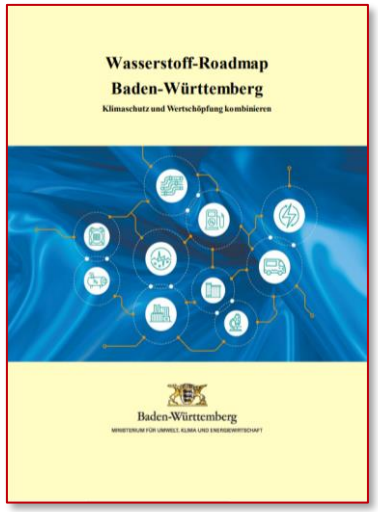
- ✓ Neugestaltung der EEG-Umlage
- ✓ CO2-Steuer, CO2-Abgabe



Wasserstoff Hype

Noch keine eigene H2-Strategie?
… dann wird‘s aber Zeit

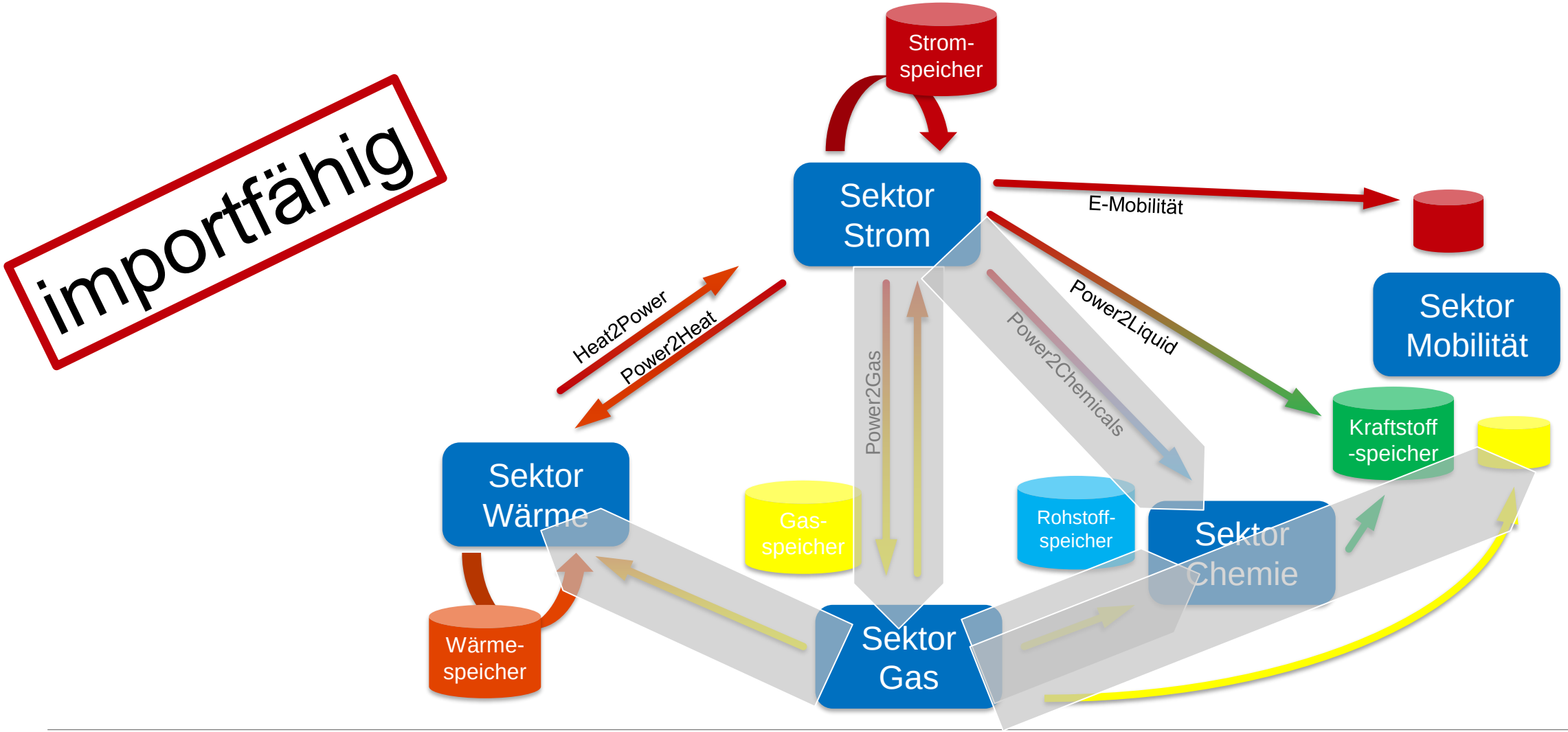




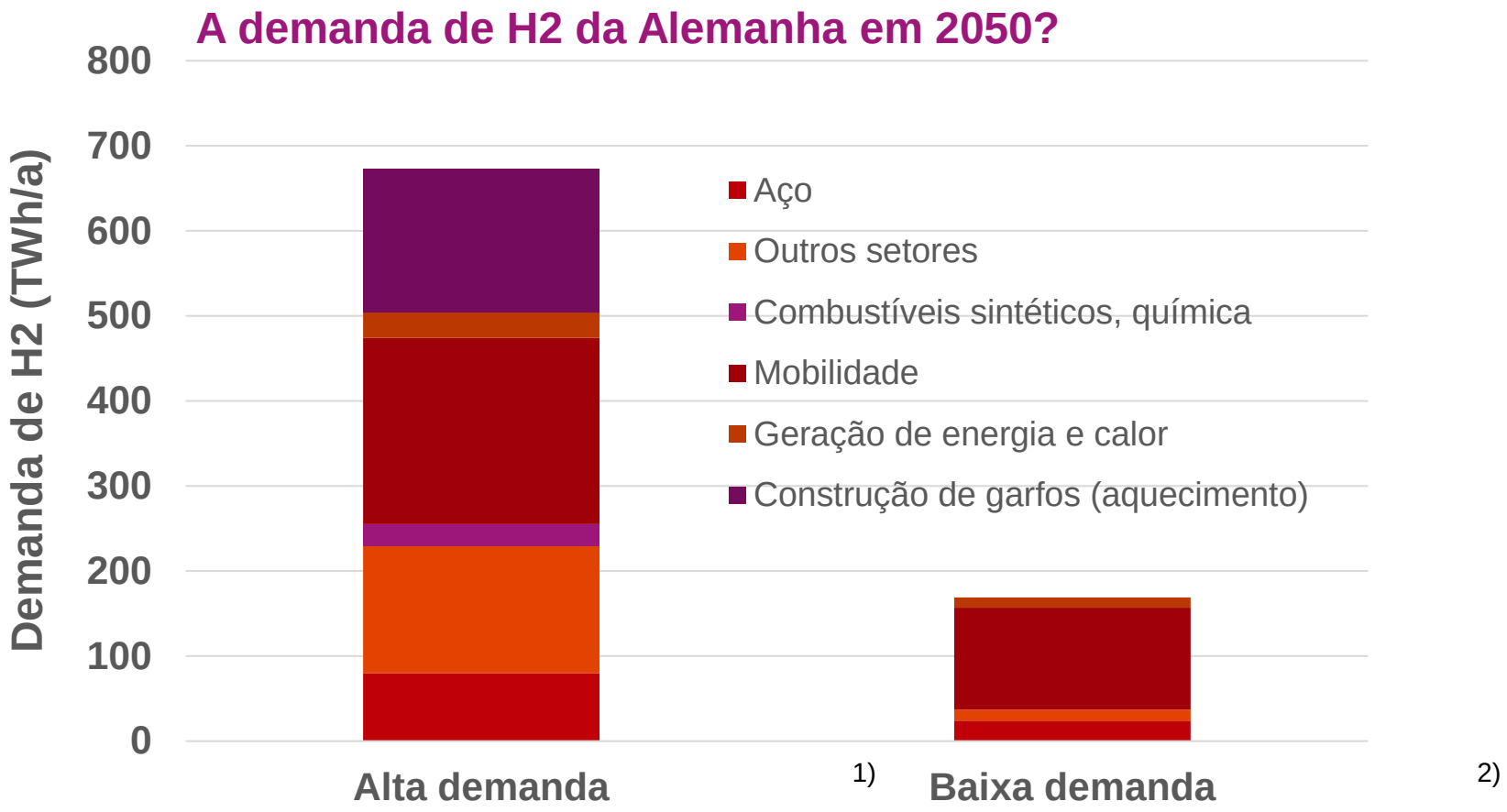
?

Source: Napster

Kopplung der Energiesektoren



Wasserstoffbedarf Deutschlands in 2050

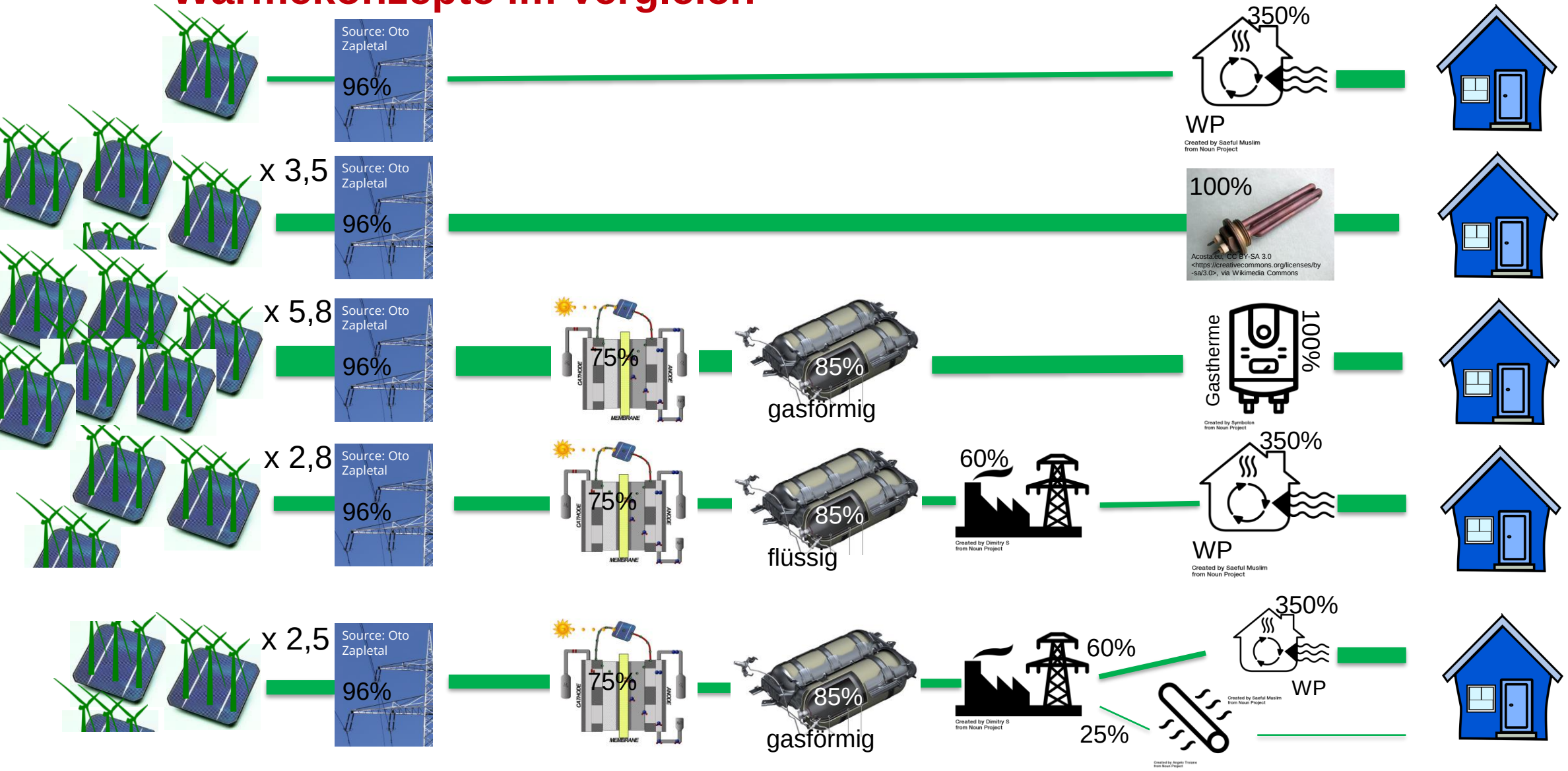


1) 2)

1) Ludwig Bölkow Systemtechnik (2019): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen – Eine Expertise für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

2) Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018): dena-Leitstudie – Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, Berlin.

Wärmekonzepte im Vergleich



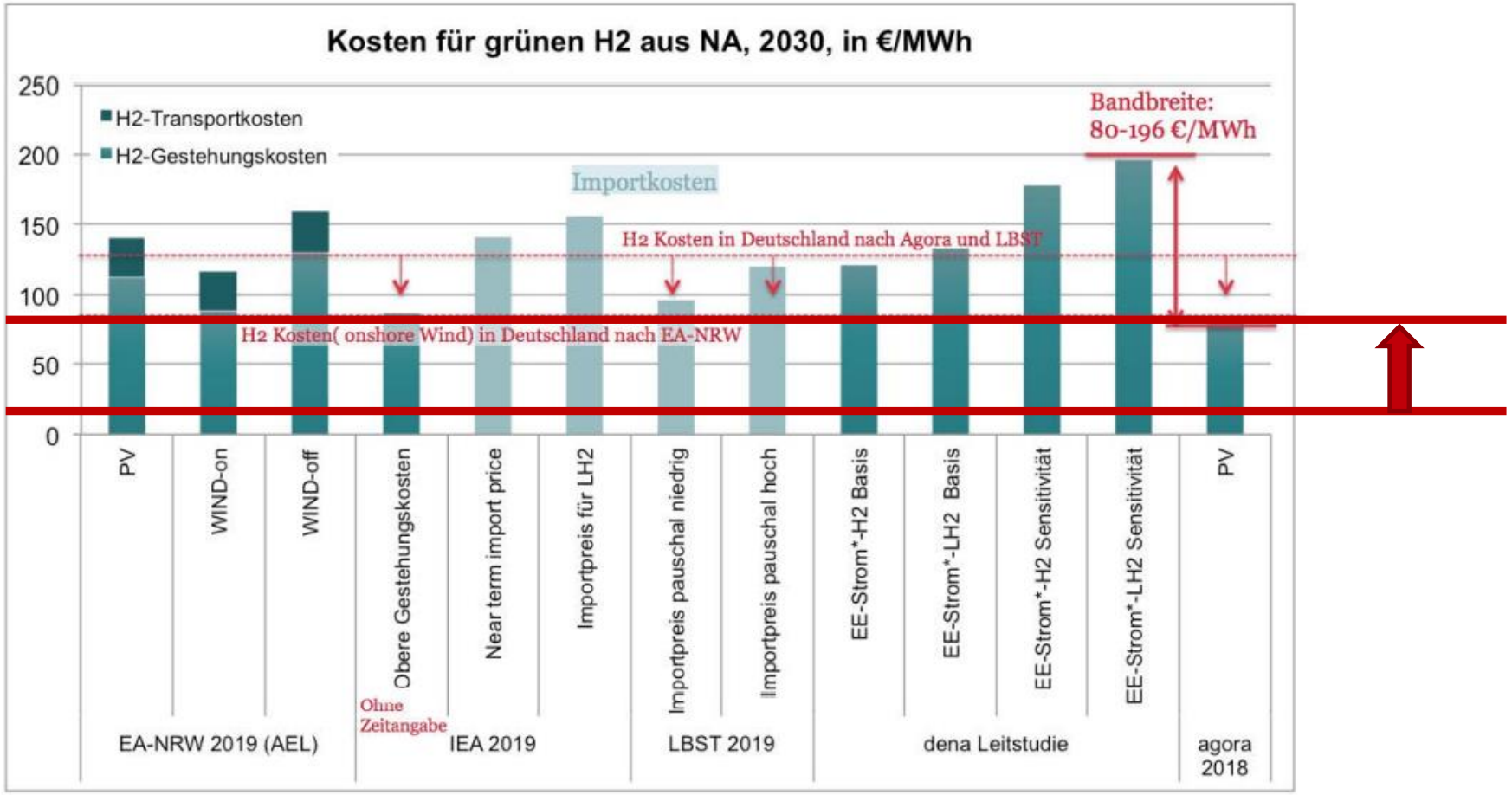
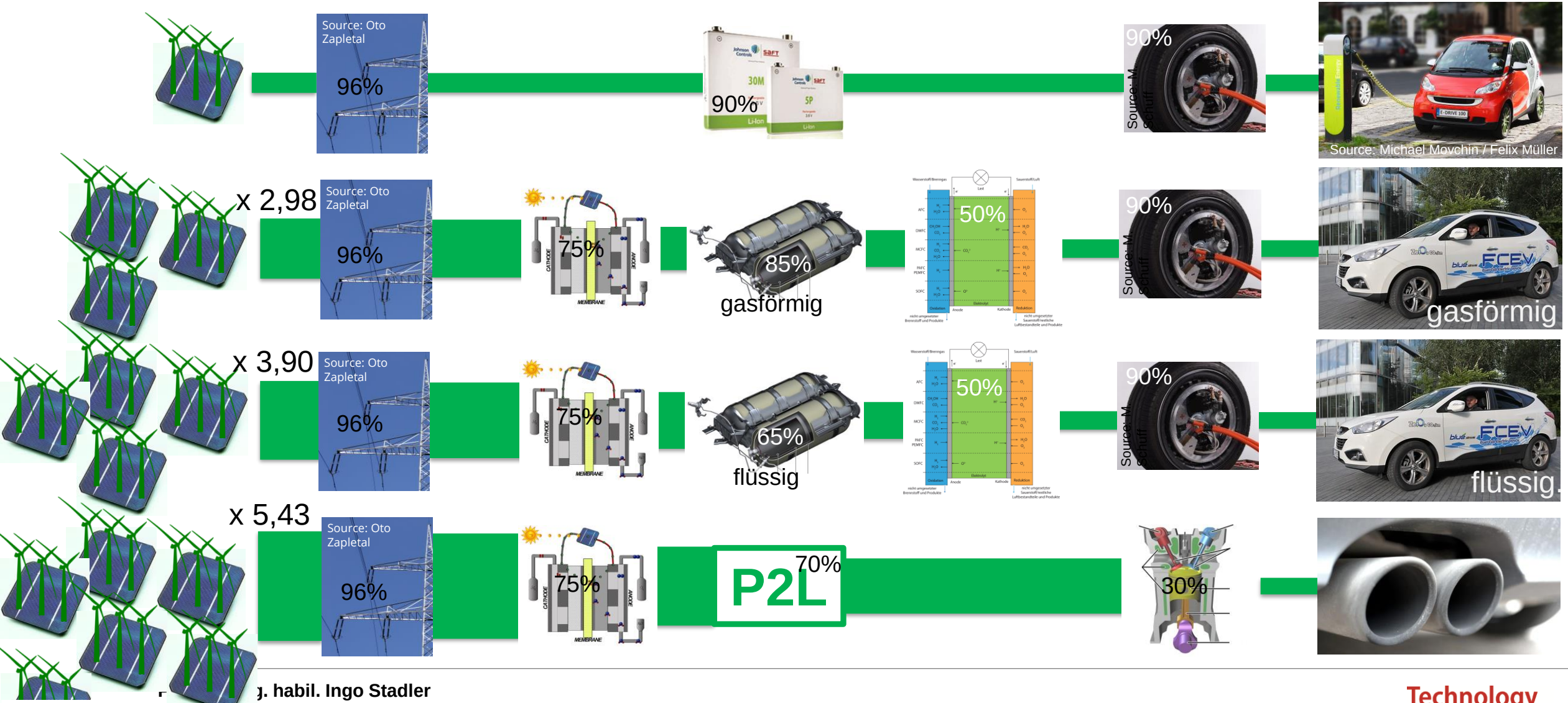


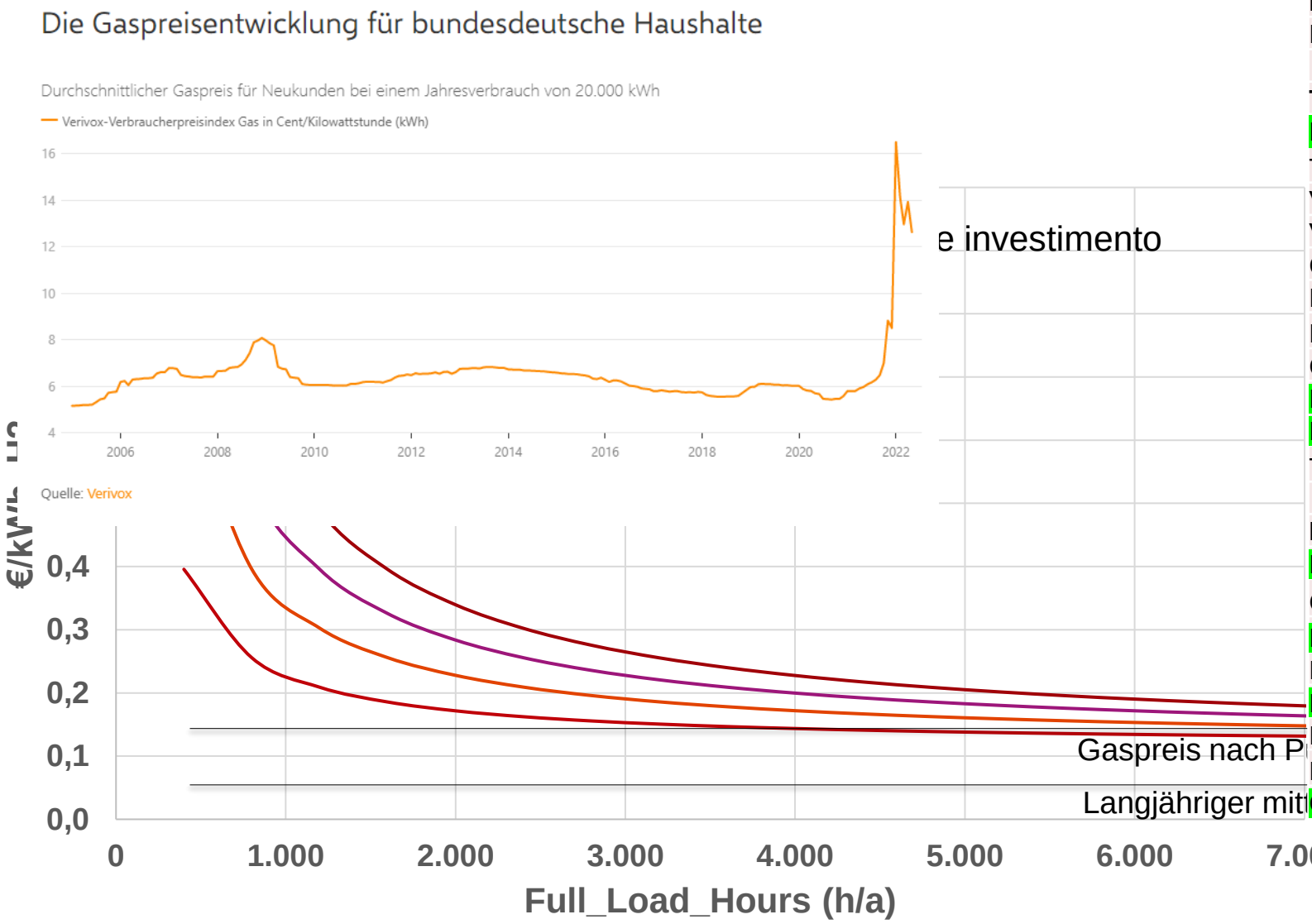
Abbildung 1: Importkosten für grünen Wasserstoff aus Nordafrika nach Studienlandschaft im Jahr 2030

Quelle: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Mobilitätskonzepte im Vergleich

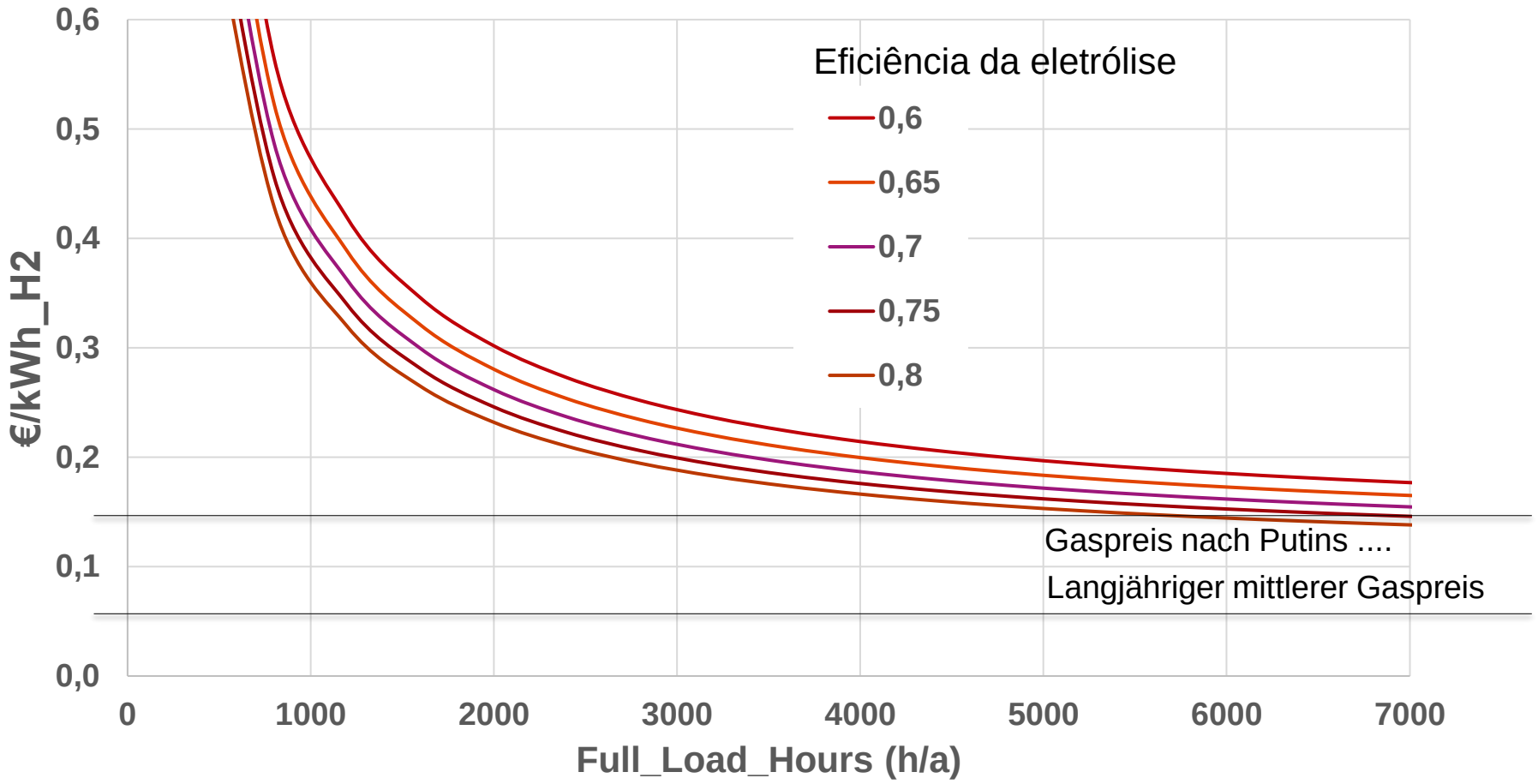


Imortkosten für Wasserstoff aus Brasilien

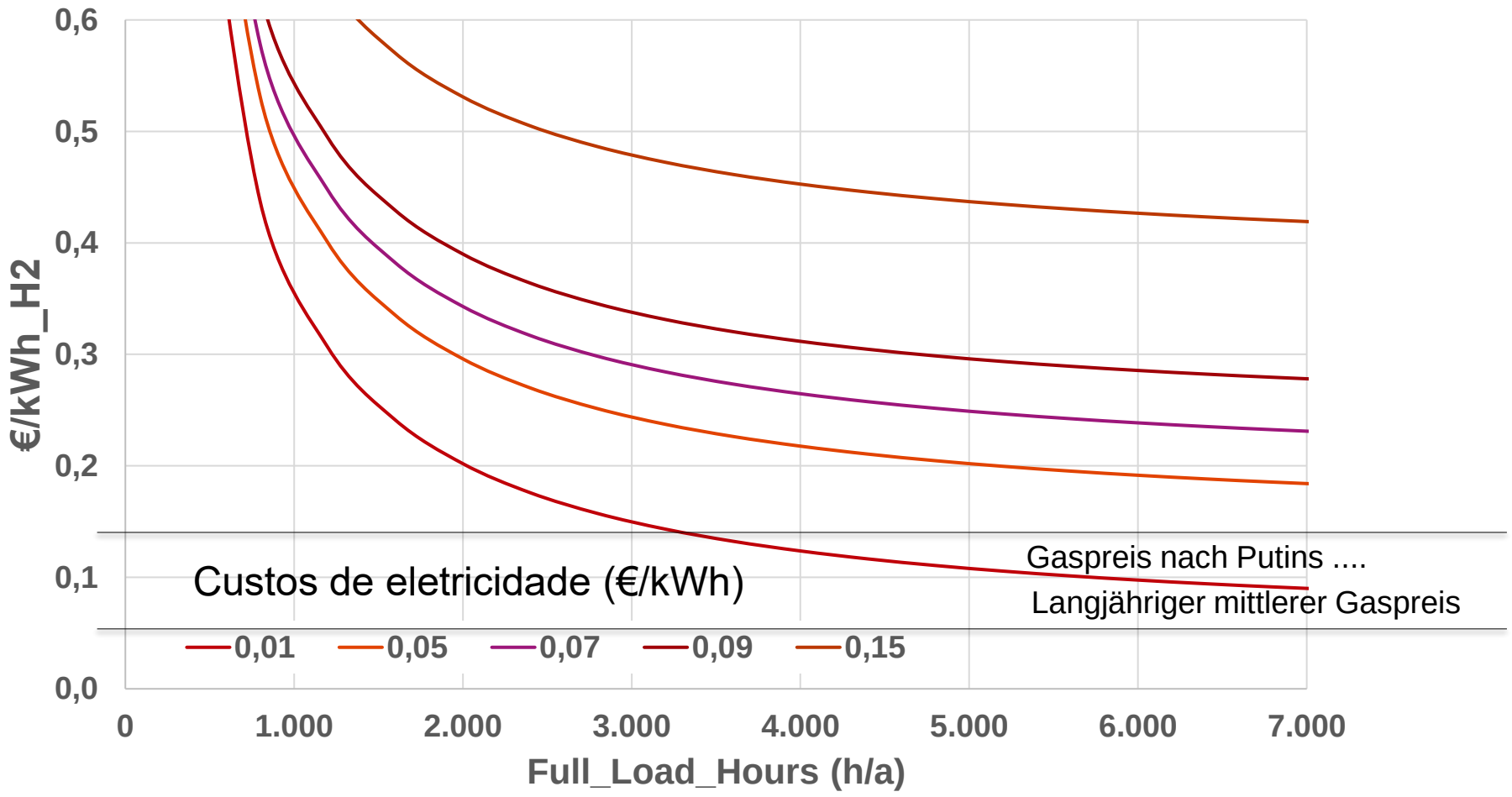


Distribuição		
Margem de distribuição	3%	
Transporte		
Rota de transporte	5000	km
Tempo de carga/descarga em pé	5	d
Velocidade	400	km/d
Viagens por ano	10,4	
Custo por navio	600.000.000	€
Fator de interesse	1,05	
Período de depreciação navio	20	A
Capacidade por navio	10.000.000	Kg
Perdas por liquefação	0,3	
Perdas por dia	0,003	1/d
Transporte de margem de lucro	3%	
Produção de hidrogênio		
Eletrólise investimento	1.400	€/kW
Custos operacionais, fixos	0,015	
Eletrólise de horas de carga total	3.000	H
Produção de margens	3%	
Eficiência da eletrólise	0,67	
Fator de interesse	1,05	
Depreciação por eletrólise	20	A
Custos de eletricidade	0,04	€/kWh

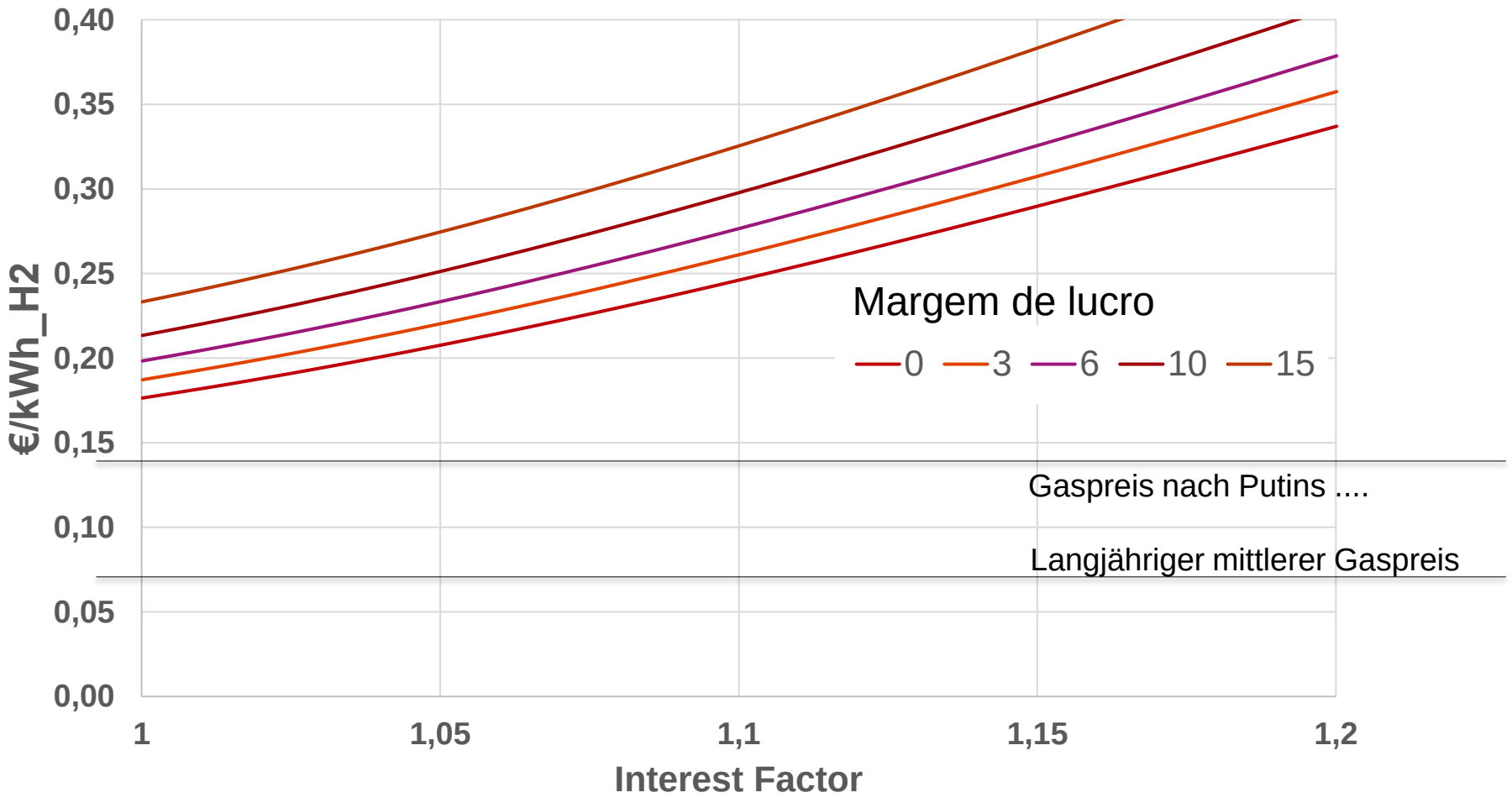
Imortkosten für Wasserstoff aus Brasilien



Imortkosten für Wasserstoff aus Brasilien



Imortkosten für Wasserstoff aus Brasilien



Imortkosten für Wasserstoff aus Bra lie

Best Case

Gewinnmargen	0	%
Zinsfaktor	1,02	
Elektrolyse Investition	500	€/kW
Volllaststunden	7.000	H
Wirkungsgrad Elektrolyse	0,80	
Stromkosten Elektrolyse	0,01	€/kWh

Worst Case

en	8	%
	1,12	
vestition	2.000	€/kW
en	1.500	H
l Elektrolyse	0,60	
Elektrolyse	0,08	€/kWh

84 €ct/kWh

Gaspreis nach Putins ....

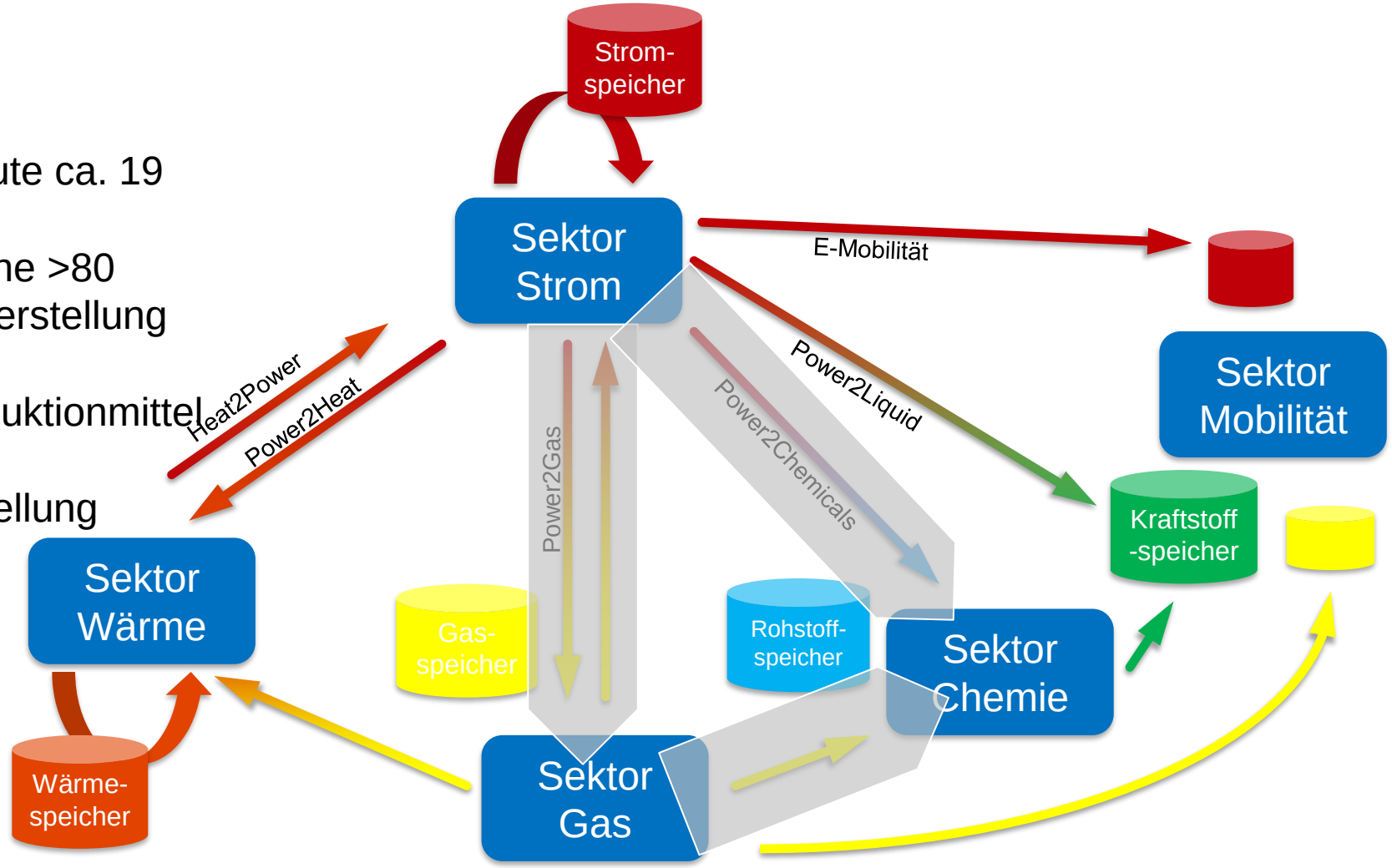
Langjähriger mittlerer Gaspreis

4,4 €ct/kWh

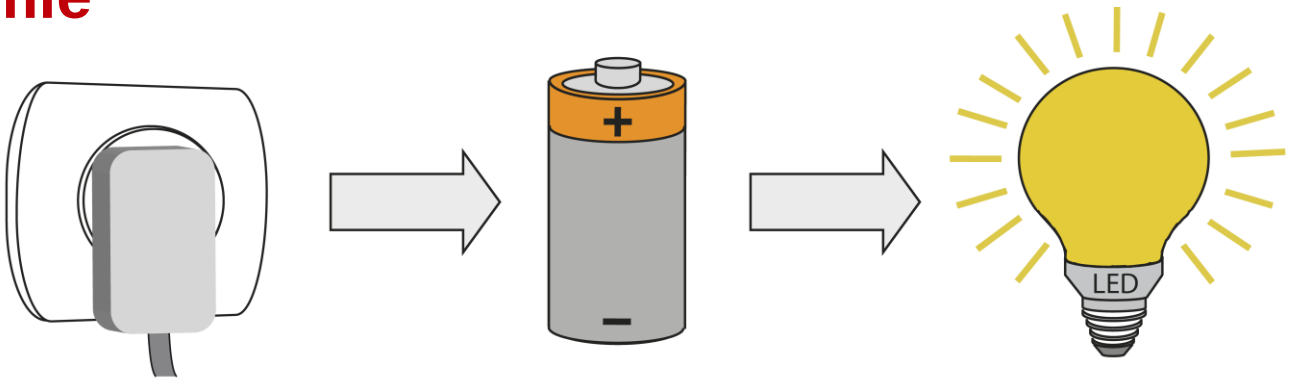
Kopplung der Energiesektoren

Sektor Chemie:

- ✓ Wasserstoffbedarf heute ca. 19 Mrd. Nm³/a
- ✓ ca. 57 TWh (entspräche >80 TWh Elektrizität bei Herstellung durch Elektrolyse)
  - ✓ Stahl: H2 als Reduktionmittel anstatt Koks
  - ✓ Düngemittelherstellung
  - ✓ …



Speicher-Ökonomie



Einspeichern (Laden)
Charge
Ladung

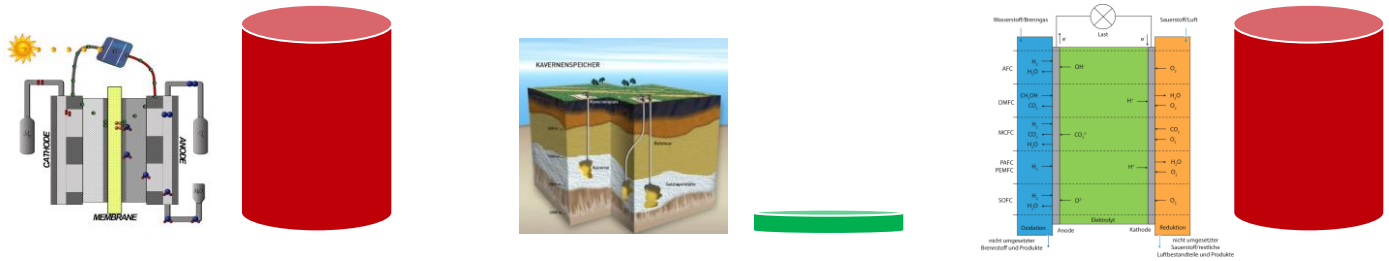
Speichern
Store
Energieträger

Ausspeichern (Entladen)
Discharge
Entladung

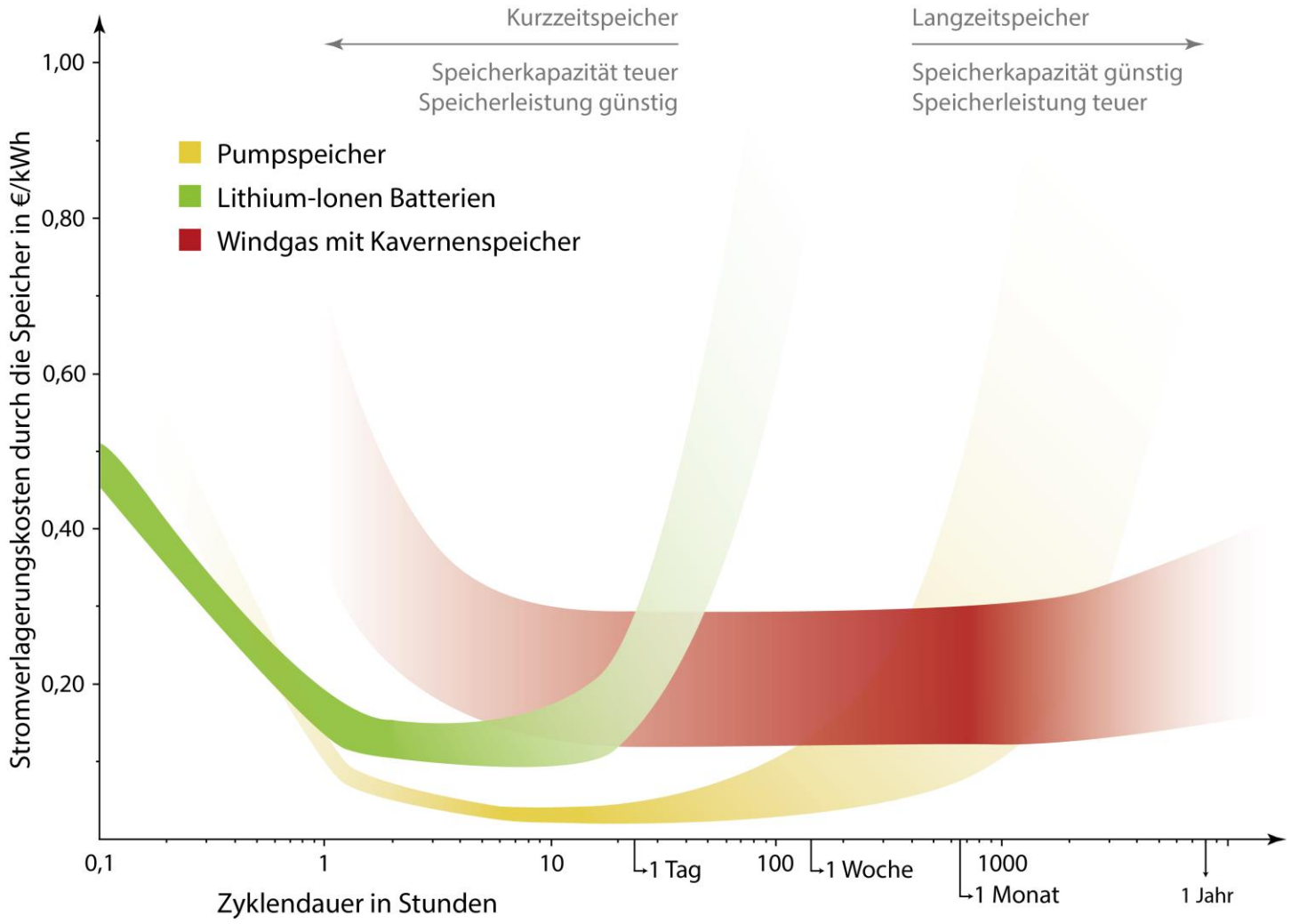
$\frac{€}{kW}$ $\frac{€}{kWh}$ $\frac{€}{kW}$

Batterie

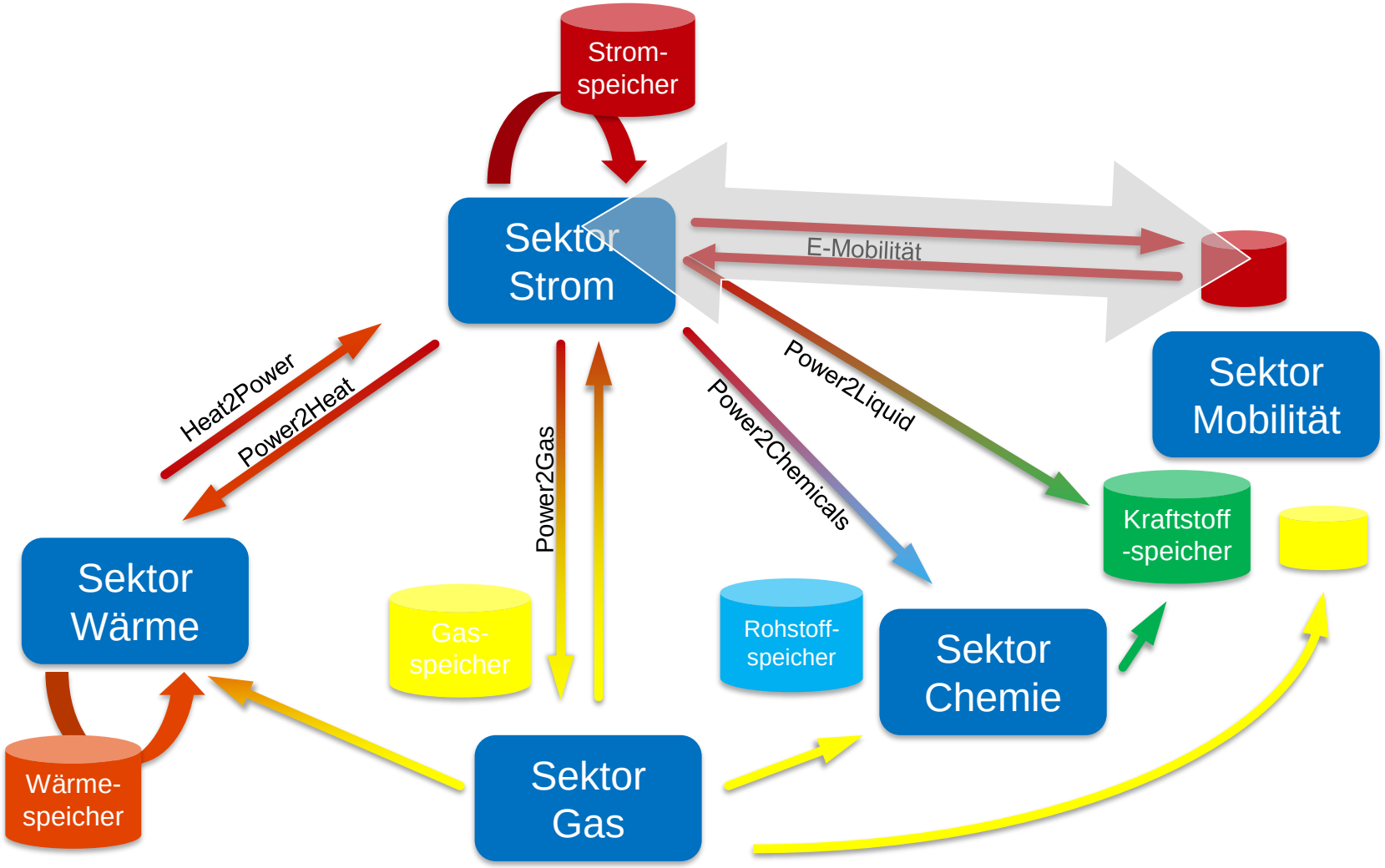
H2



Speicher-Ökonomie



Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto



Entwicklung des Batteriemarktes in Deutschland

Nur Haushalte

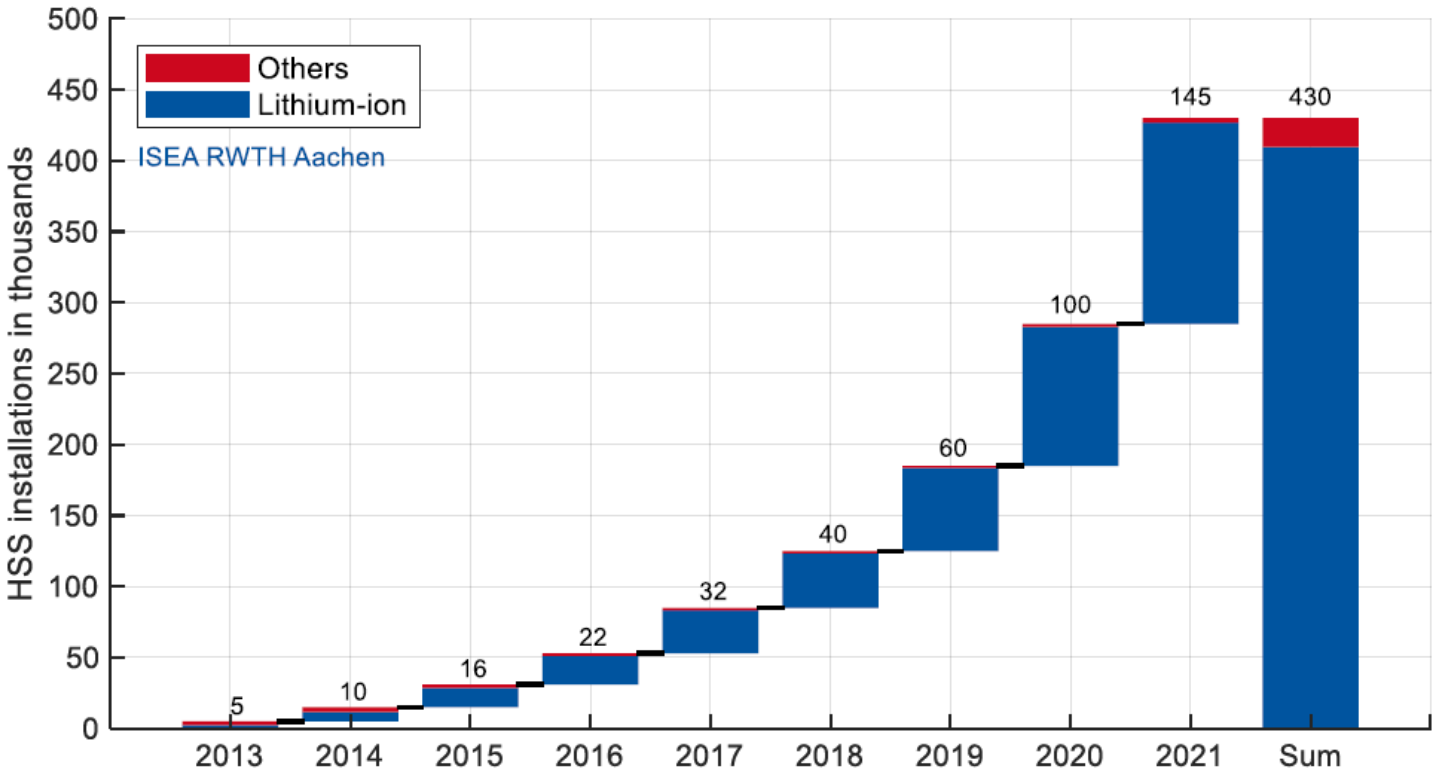


Figure 1. Estimated number of HSS installations in Germany based on own analyses of MASTR DB [7], and bilateral exchange with DAA [14], installers, retailers and manufacturers.

Quelle: J. Figgener et. al.

Entwicklung des Batteriemarktes in Deutschland

Preisentwicklung Batterie-SYSTEME

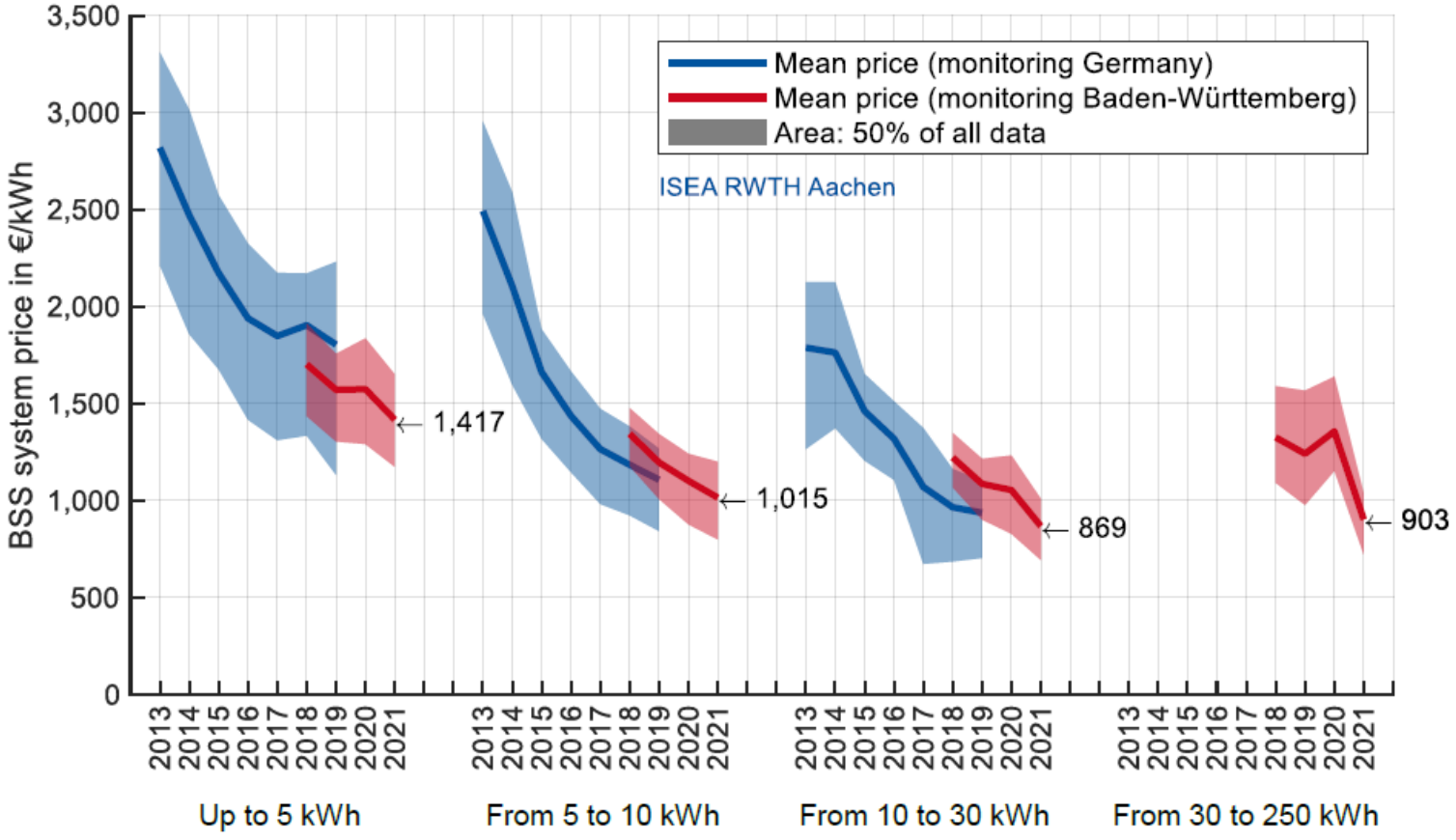


Figure 8. Price development of different battery energy classes taken from the monitoring programs of Germany and Baden-Württemberg. Prices include power electronics and 19% value-added taxes.

Quelle: J. Figgener et. al.

Entwicklung des Batteriemarktes in Deutschland

Elektro-Autos

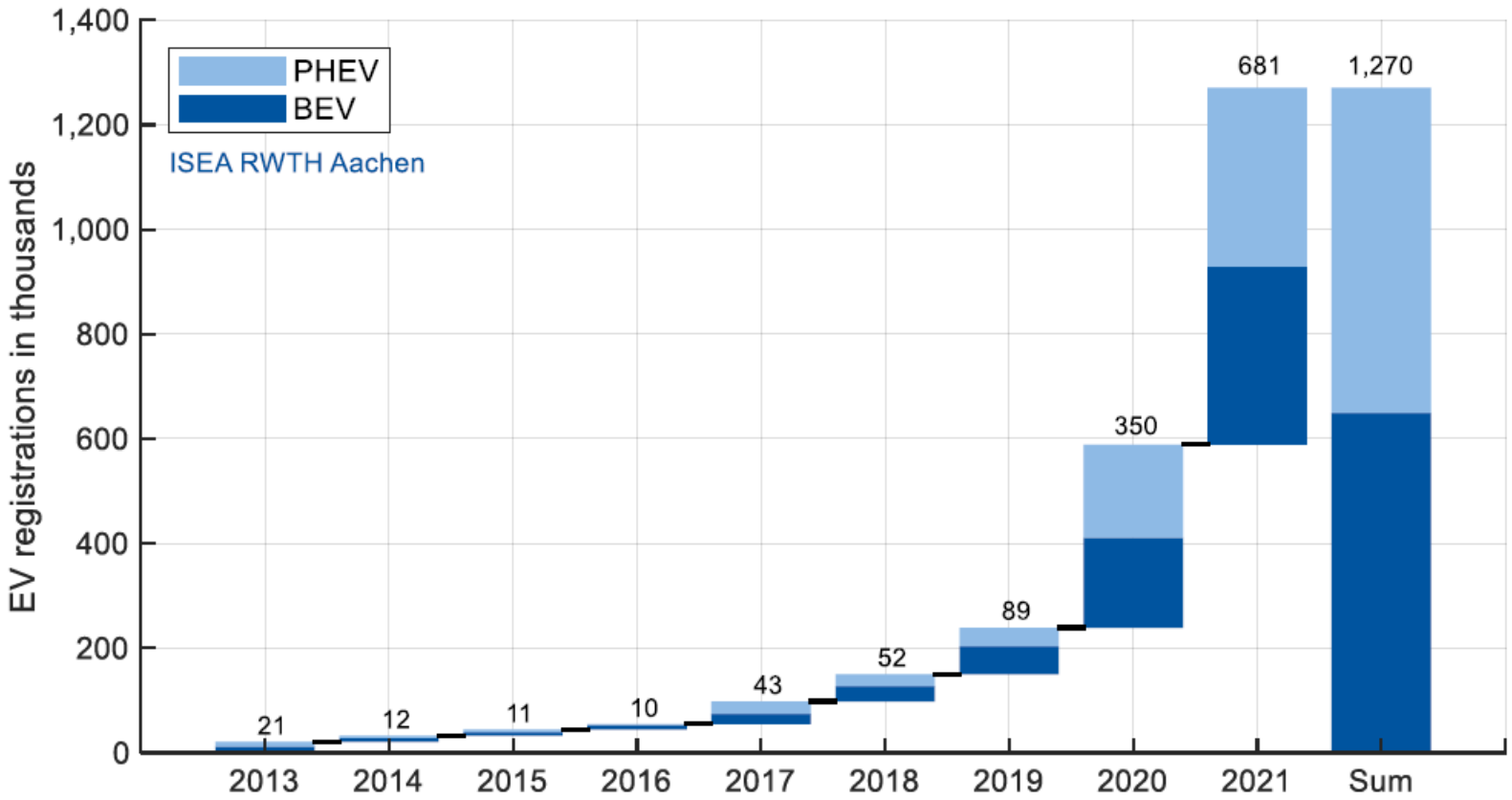


Figure 9. Estimated number of EV registrations in Germany based on own analyses of FMTA DB [11].

Quelle: J. Figgener et. al.

Entwicklung des Batteriemarktes in Deutschland

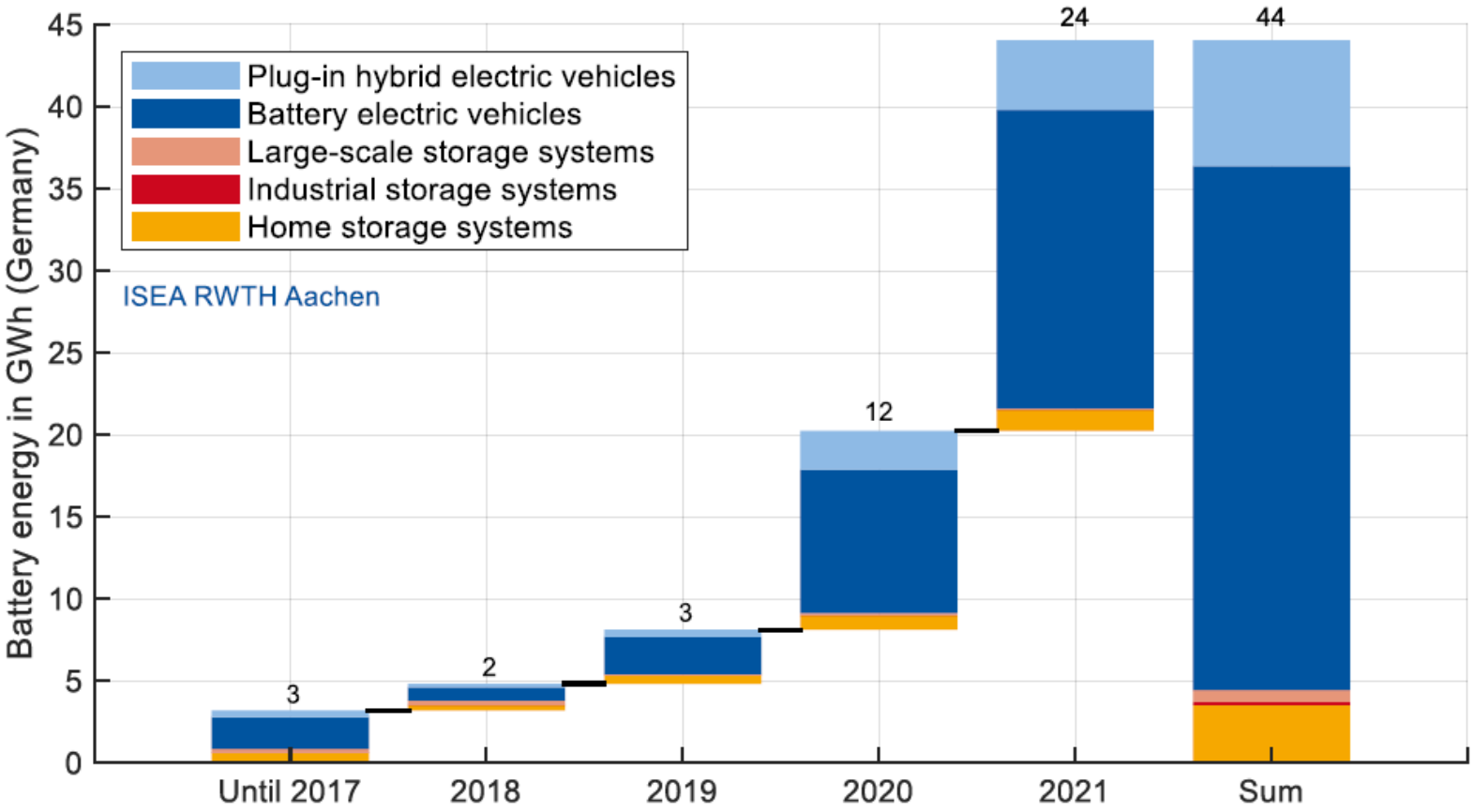
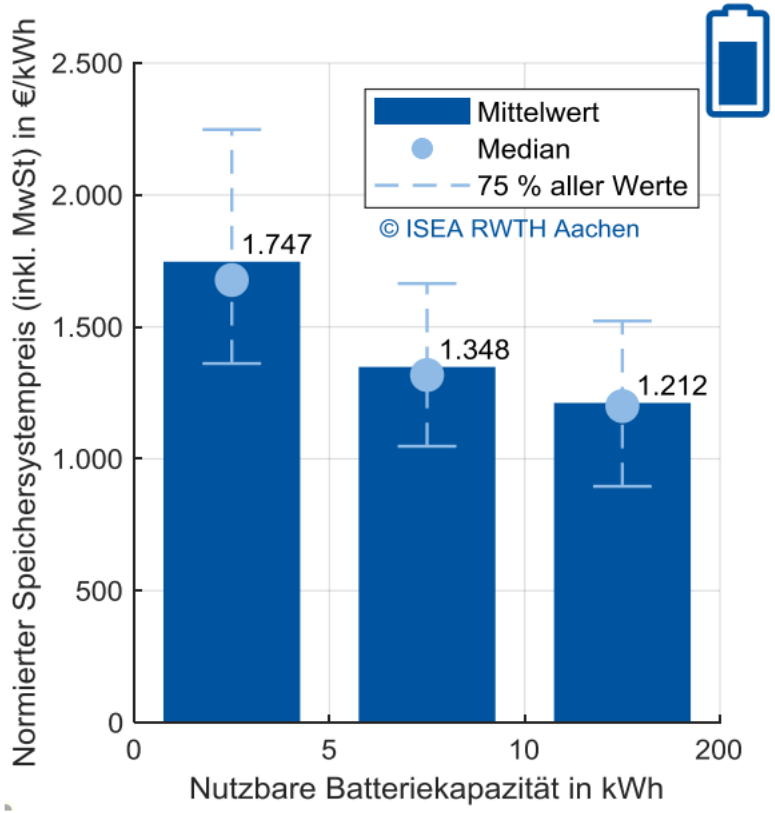


Figure 13. Estimated stationary and mobile battery storage market in Germany.

Quelle: J. Figgener et. al.

Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto



im Keller

$$750 \frac{€}{kWh}$$

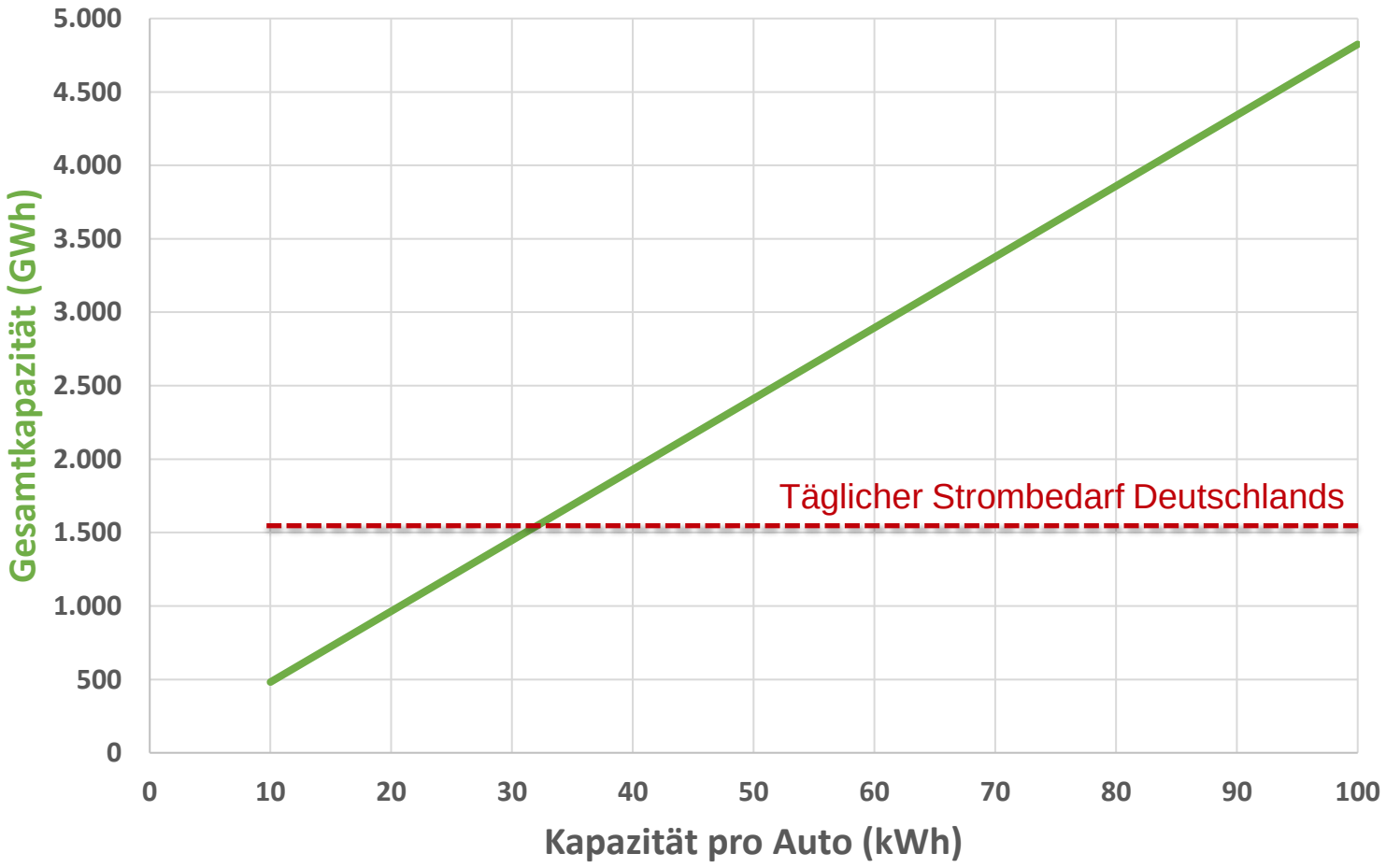
im Auto

$$30.000\ € \ inkl.\ 40\ kWh\ Batterie$$

$$750 \frac{€}{kWh}$$

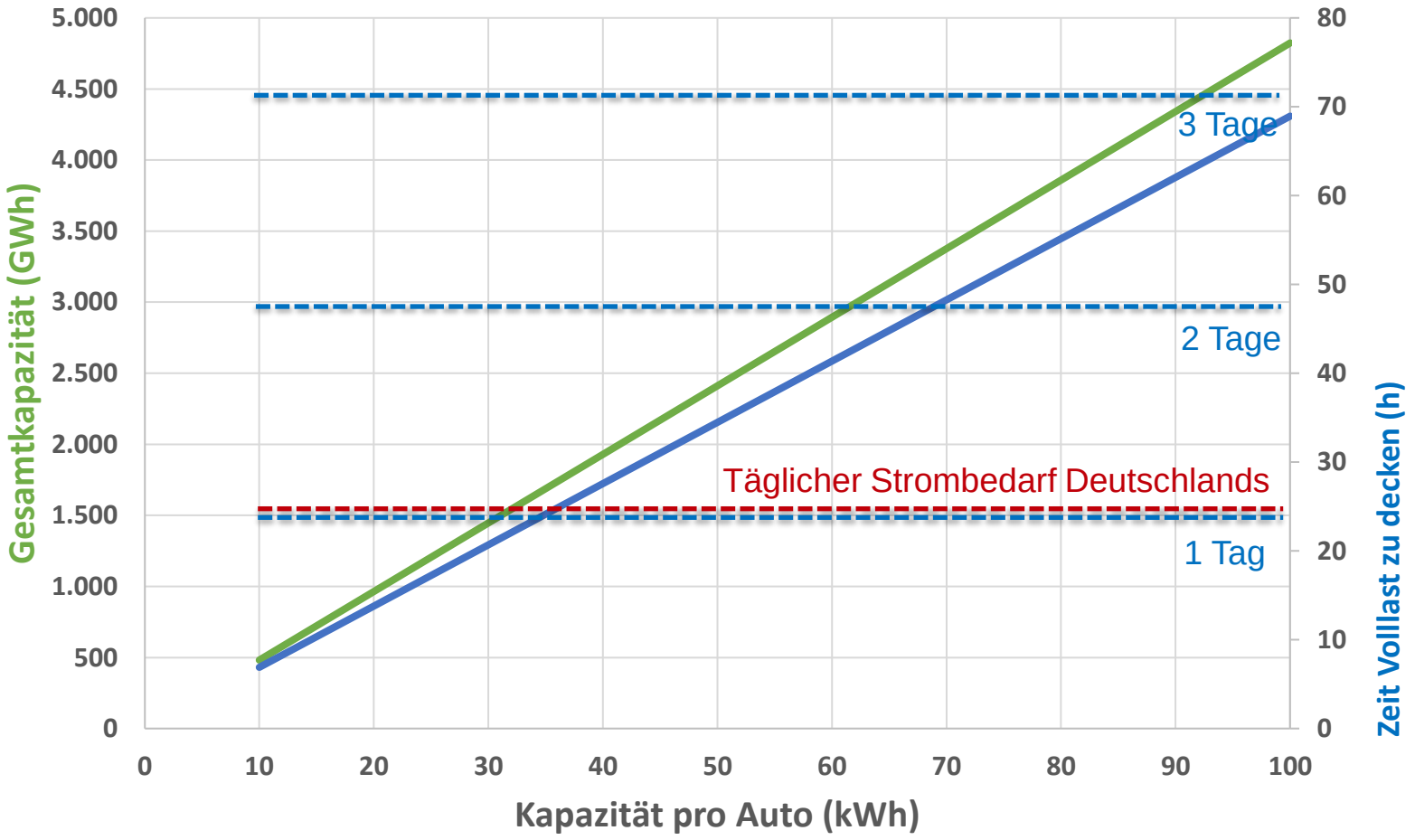
+

Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto



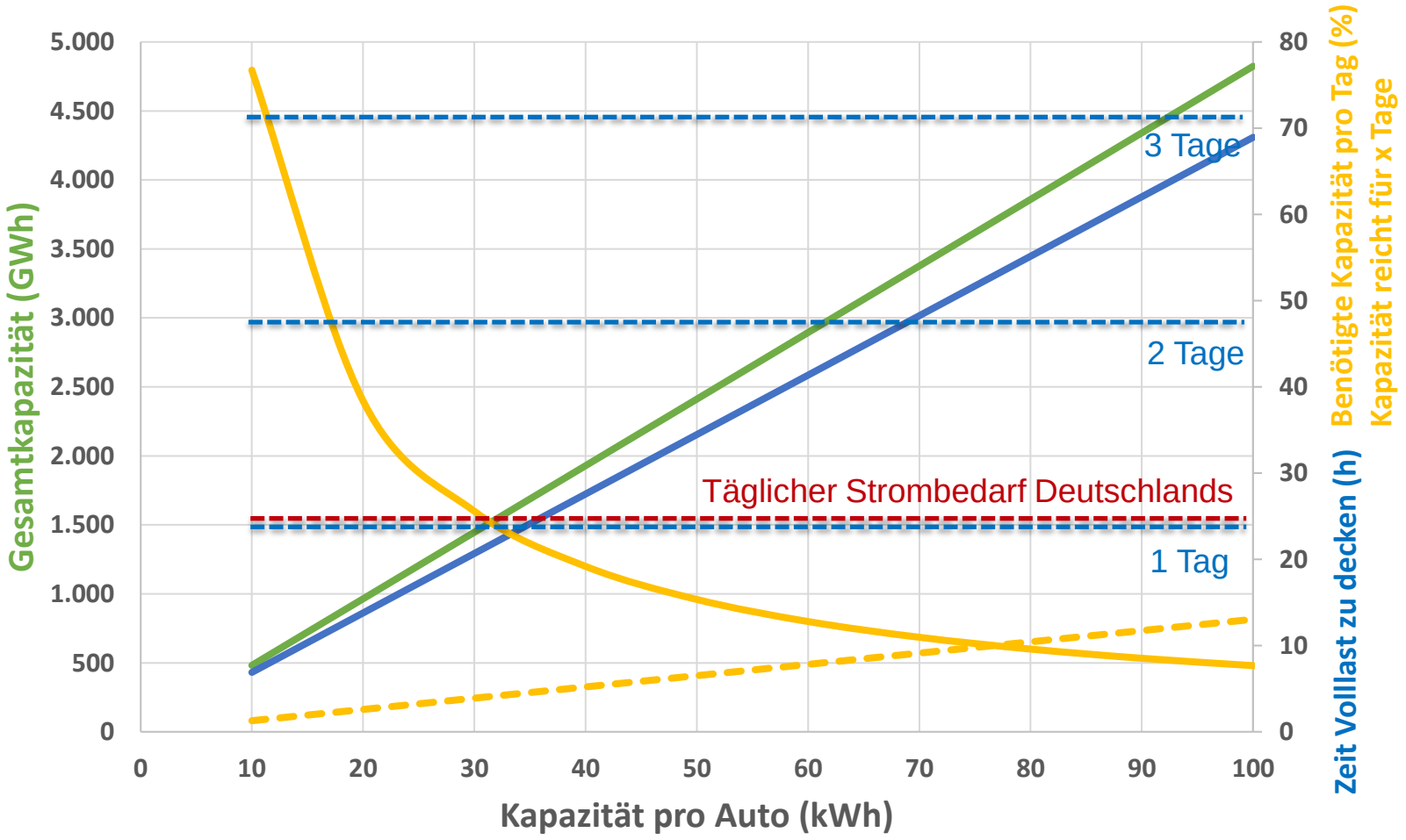
- ✓ Autos in Deutschland: 48.249.000
- ✓ Anteil: 100%

Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto



- ✓ Jahreshöchstlast Deutschland: ca. 70 GW

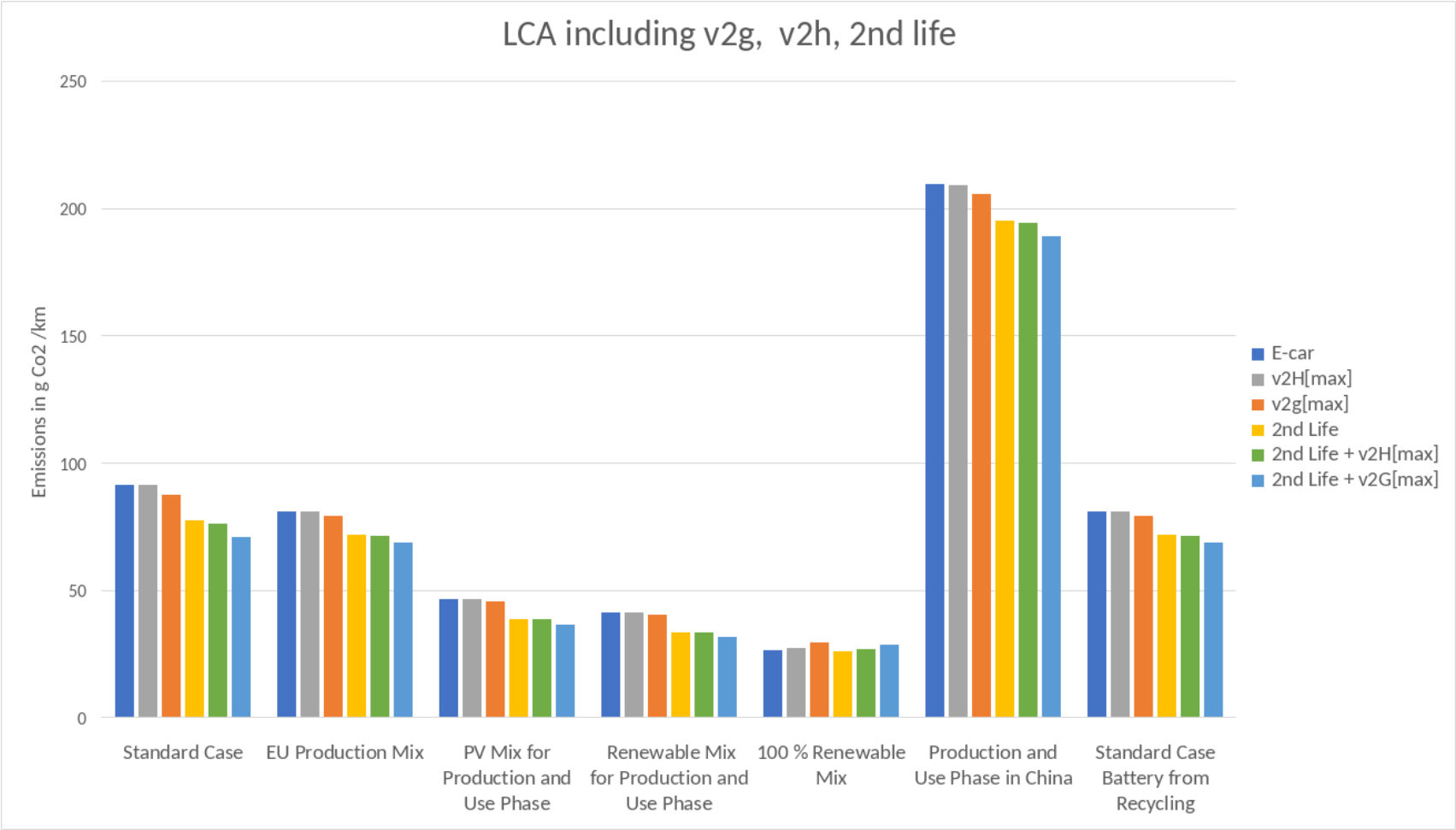
Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto



Durchschnittliches Auto in Deutschland:

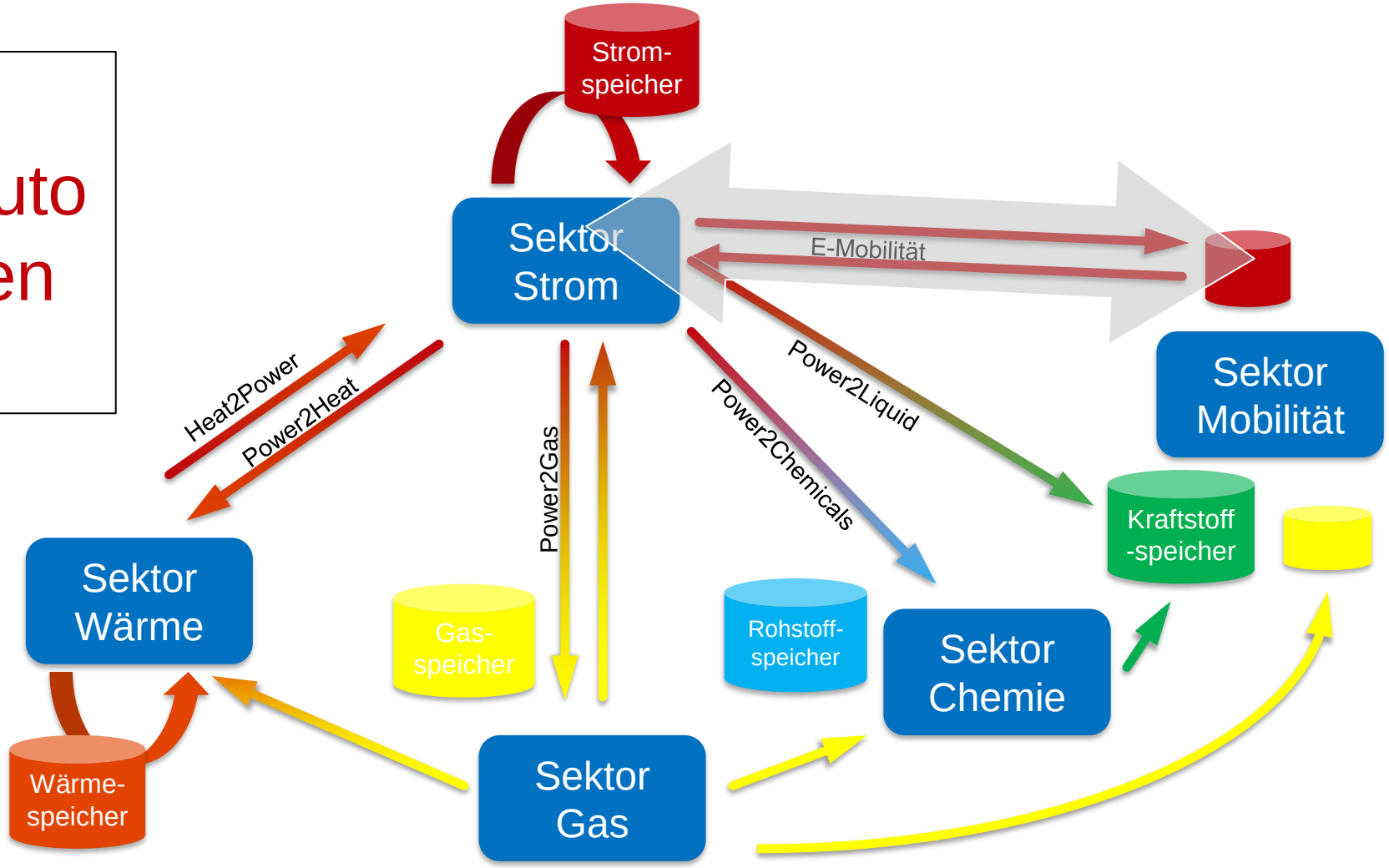
- ✓ 38 km/Tag
- ✓ 20 kWh/100km
- ✓ 7,67 kWh/Tag

E-Mobilität zu kurz gedacht: 2nd Life, Recycling, V2Grid, V2Home…

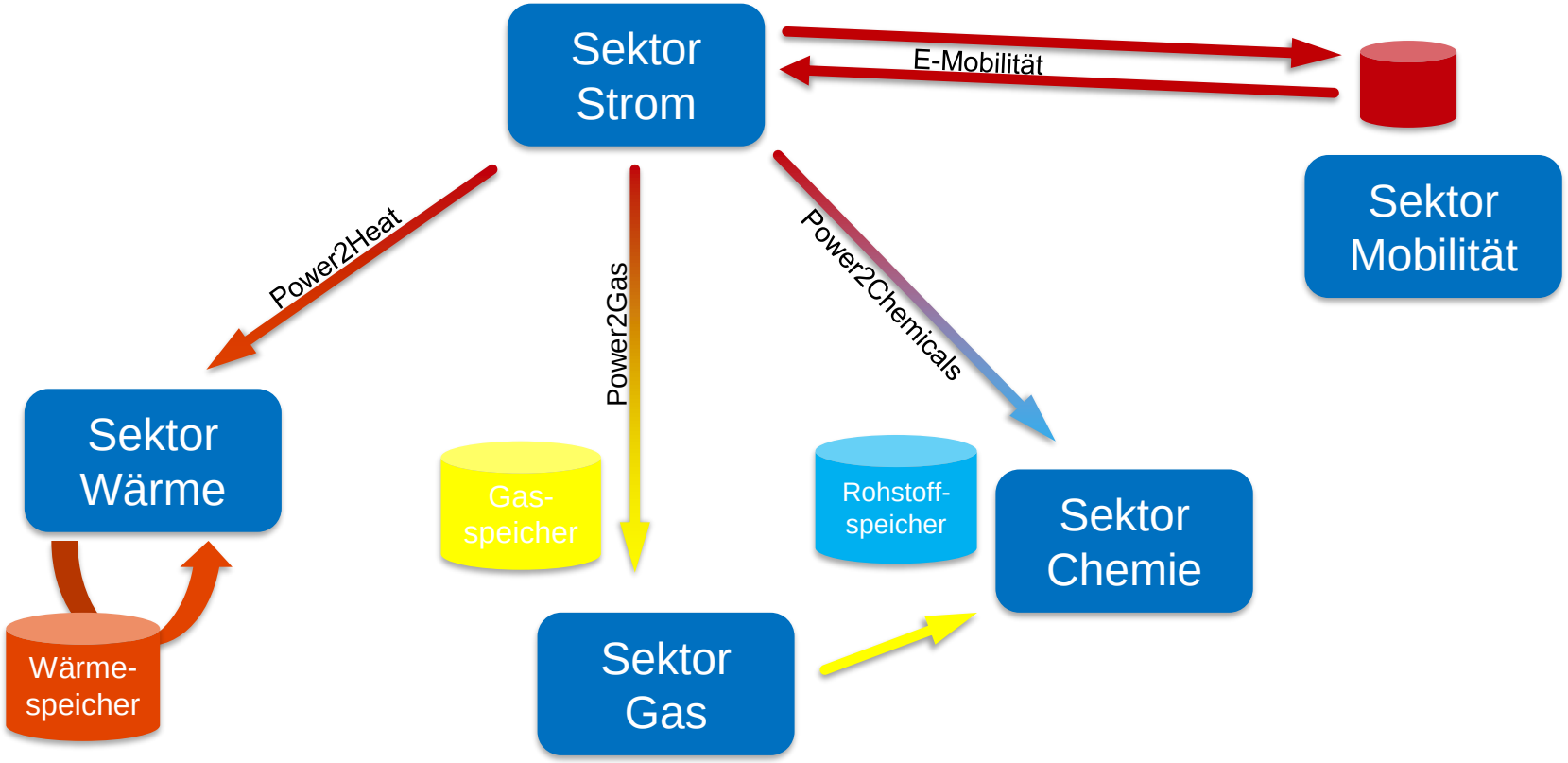


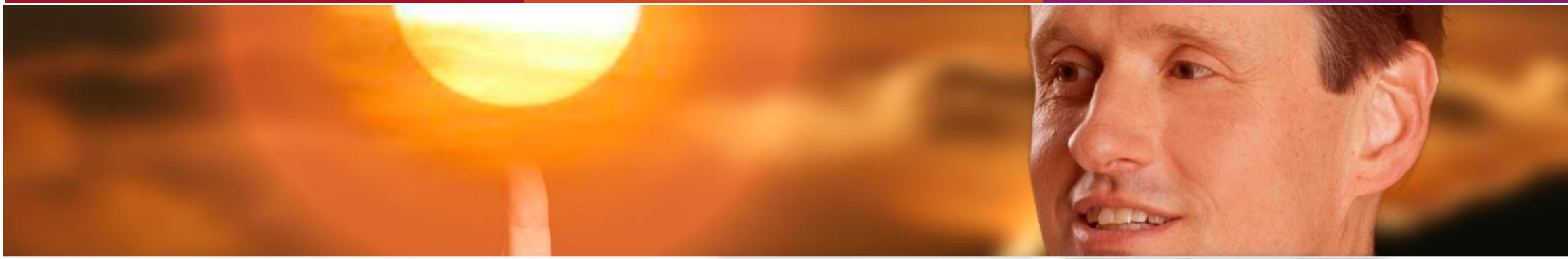
Kopplung der Energiesektoren - PV-Batterieheimspeicher im E-Auto

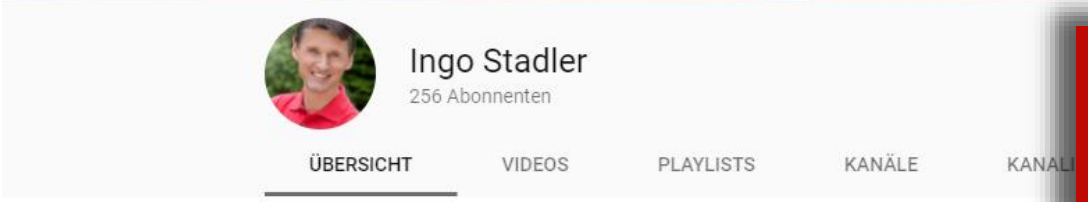
Batterien gehören ins Auto und nicht in den Keller!

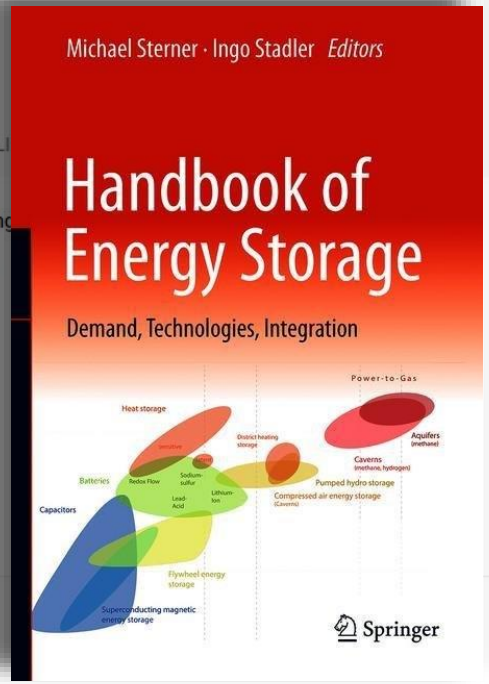


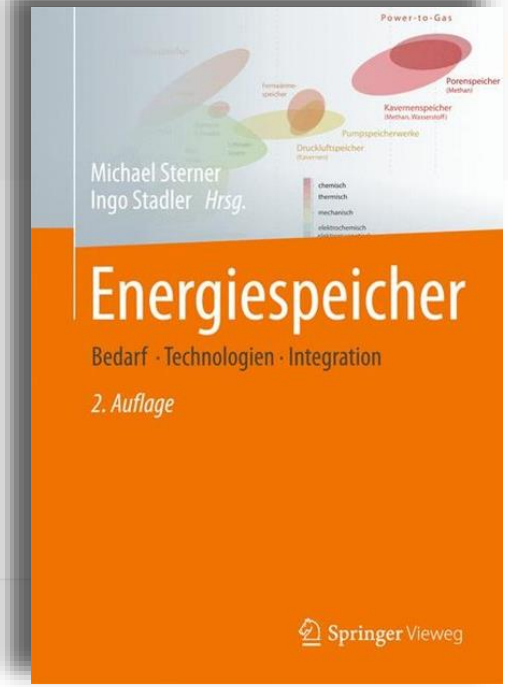
Kopplung der Energiesektoren – n‘ bisschen realistischer











youtube.com/IngoStadler