

Nachfrage- und Angebotsflexibilitäten – insbesondere Speicher

*Impulsvortrag für den
Energiegipfel Bayern – Arbeitsgruppe 3*

Matthias Deutsch
MÜNCHEN | 26. MÄRZ 2019



Agora Energiewende – Wer wir sind



Think Tank mit über 30 Experten
unabhängig und überparteilich

Projektdauer 2012 - 2021

Gesellschafter und Haupt-Finanziers:
Stiftung Mercator & ECF

Aufgabe: Die Energiewende in
Deutschland und weltweit zur
Erfolgsgeschichte machen

Methoden: Analysen, Studien,
Expertenaustausch, Dialog der
Entscheidungsträger, Rat der Agora

Gliederung

1.

Flexibilitäten

2.

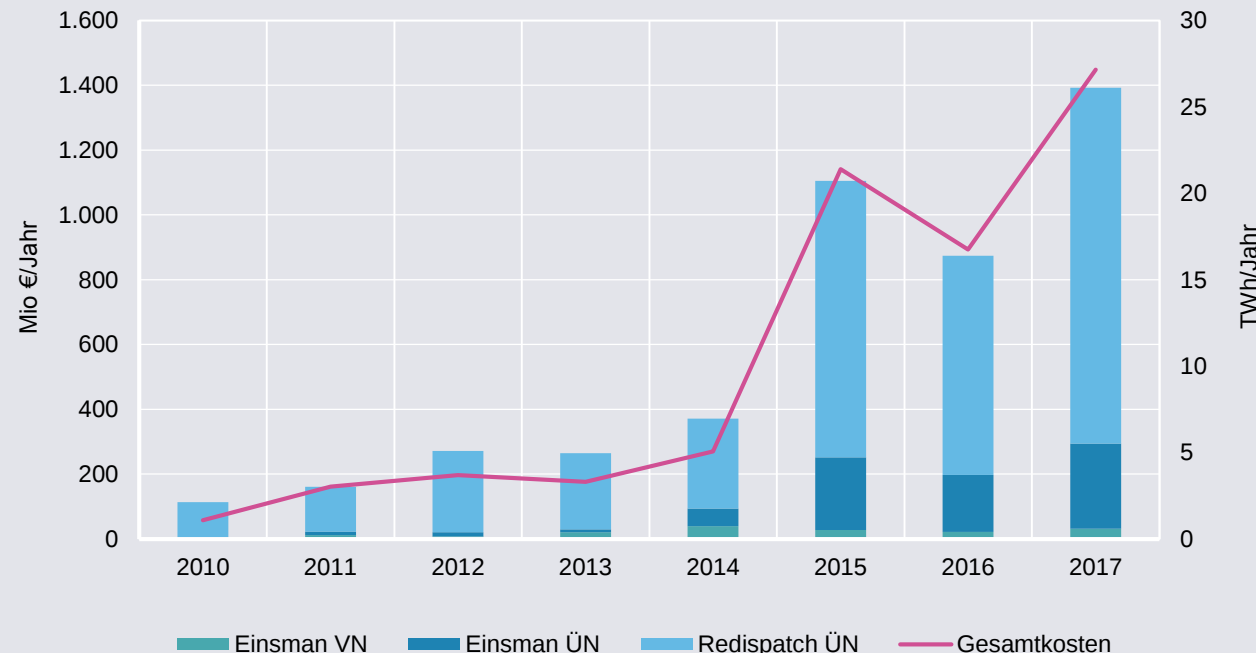
Speicher: Bedarf, Batteriespeicher, Power-to-Gas, Netzdienlichkeit

3.

Abgaben und Umlagen

Notfallmaßnahmen während Netzengpässen: Einspeisemanagement & Redispatch

Ausgleichszahlungen und Volumina des Einspeisemanagement und Redispatch



Ecofys und Agora Energiewende, basierend auf BNetzA-Berichten

Einspeisemanagement in 2017

- 5,5 TWh Strom aus Erneuerbaren Energien wurden im Jahr 2017 abgeregelt. Nichtsdestotrotz machen diese nur 2,5% der Nettostromerzeugung aus Erneuerbare- Energien-Anlagen aus.
- Netzengpässe sind lokal konzentriert: 60% der Abregelungen fanden in Schleswig Holstein statt.

Redispatch in 2017 (ÜNBs)

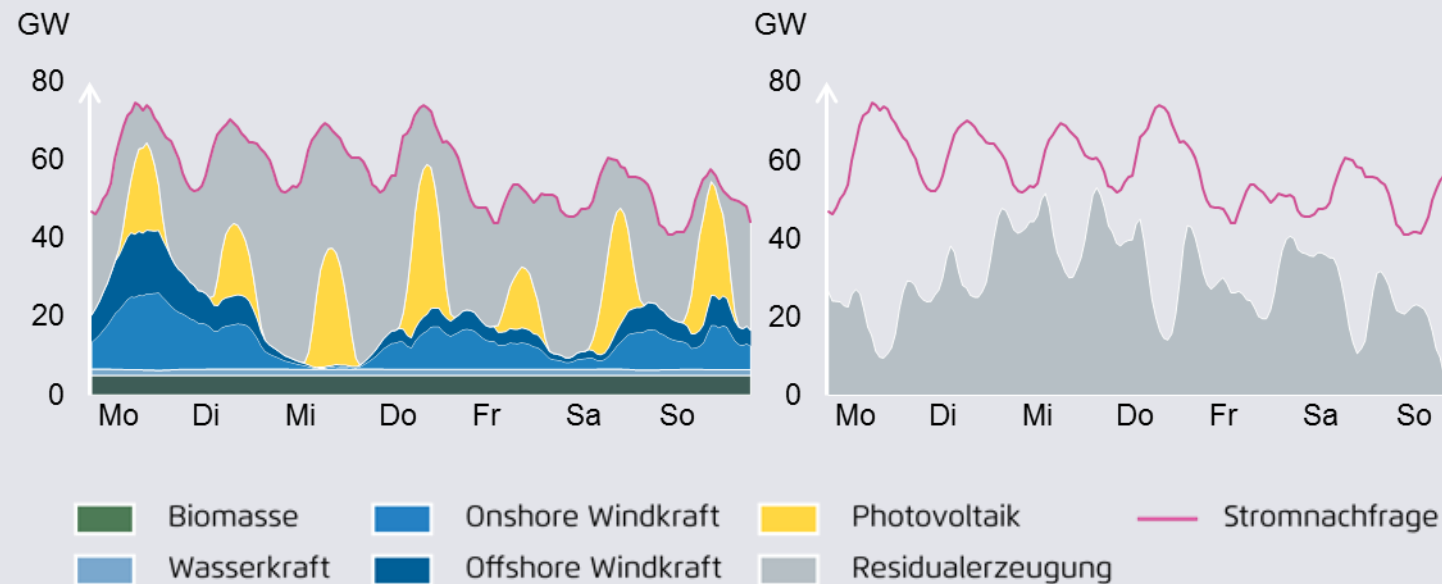
- Insgesamt betrug das Redispatch-Volumen 20,6 TWh, welches Kosten in Höhe von 838 Mio. Euro (inkl. Netzreserve-KW und Countertrading) verursacht hat.

Flexibilitäten



Das Stromsystem muss sich immer mehr an eine stark schwankende Stromproduktion aus Wind- und Solaranlagen anpassen. Daher braucht es mehr *Flexibilität*.

Stromerzeugung und Stromverbrauch in einer Beispielwoche mit 50% EE-Anteil



Zentrale Flexibilitätsoptionen

Flexible Fahrweise von fossilen und Biomasse-Kraftwerken (inkl. KWK)

Stromnetze und Übertragungskapazitäten für Exporte/Importe

Flexible Steuerung der Nachfrage (Lastmanagement)

Speichertechnologien (Batterien, Power-to-Gas)

Stärkere Integration der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (Power-to-Heat, Elektromobilität)

Eigene Berechnungen auf Basis von Agora Energiewende (2015)

Die verfügbaren Flexibilitätsoptionen haben unterschiedliche Einsatzbereiche und müssen unterschiedlichen Flexibilisierungsbedarf decken.

Einsatzbereiche der Flexibilitätsoptionen



Brunner et al. 2015; dena 2014

Energy only-Markt/Großhandel:

- Volatilere Residuallast
- häufigeres An- und Abfahren von Kraftwerken sowie steilere Lastgradienten

Systemdienstleistungen/Regelenergie:

- Mit dem EE-Anteil steigen die Auswirkungen von Prognosefehlern
- Verbleibende Abweichungen werden mit Regelenergie kompensiert

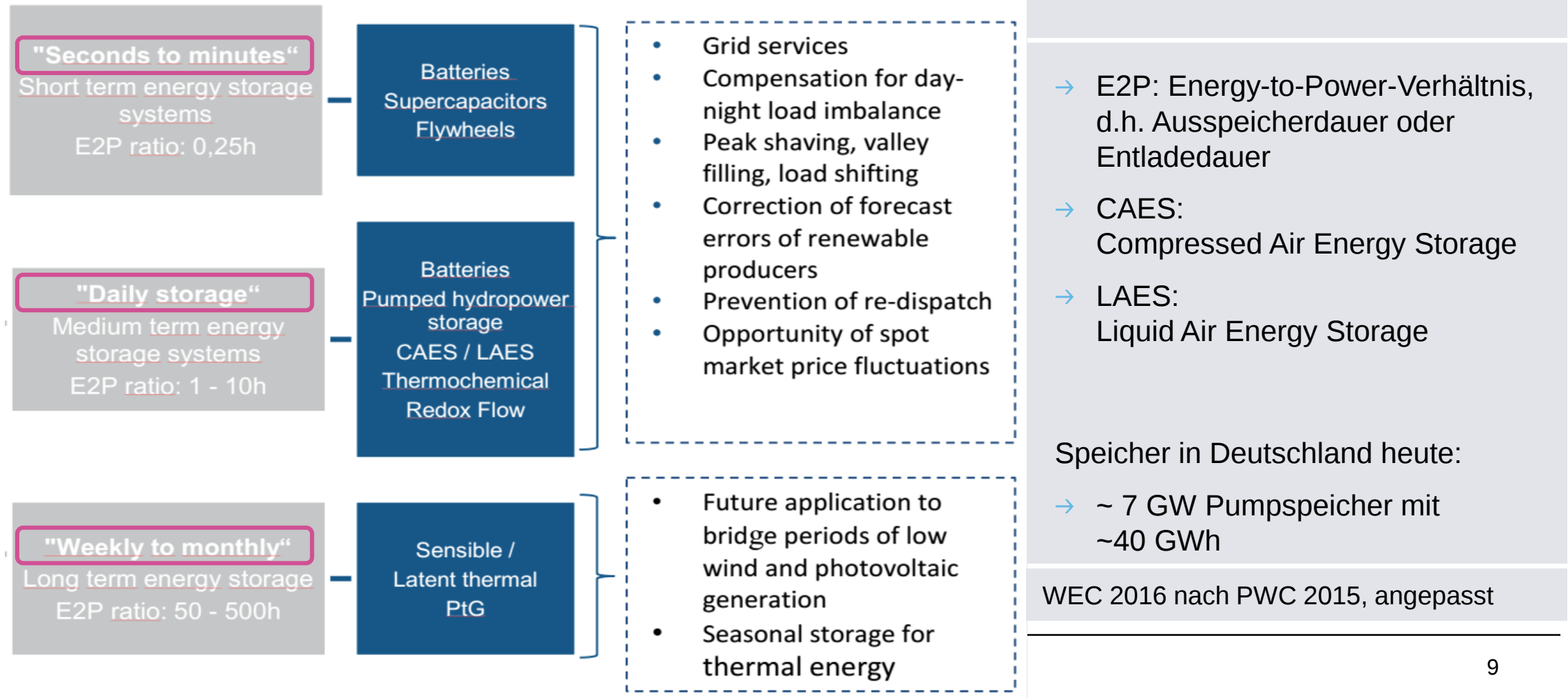
Flexibilitäten und Netzdienlichkeit:

- Signal für Strommarkt und Signal für Netznutzung können sich widersprechen, weil es um unterschiedliche Knappheiten geht

Speicher als Flexibilitätsoption im Stromsystem



Speicherarten nach Dauer und Häufigkeit der Energiebereitstellung



Speicherbedarf des Stromsystems

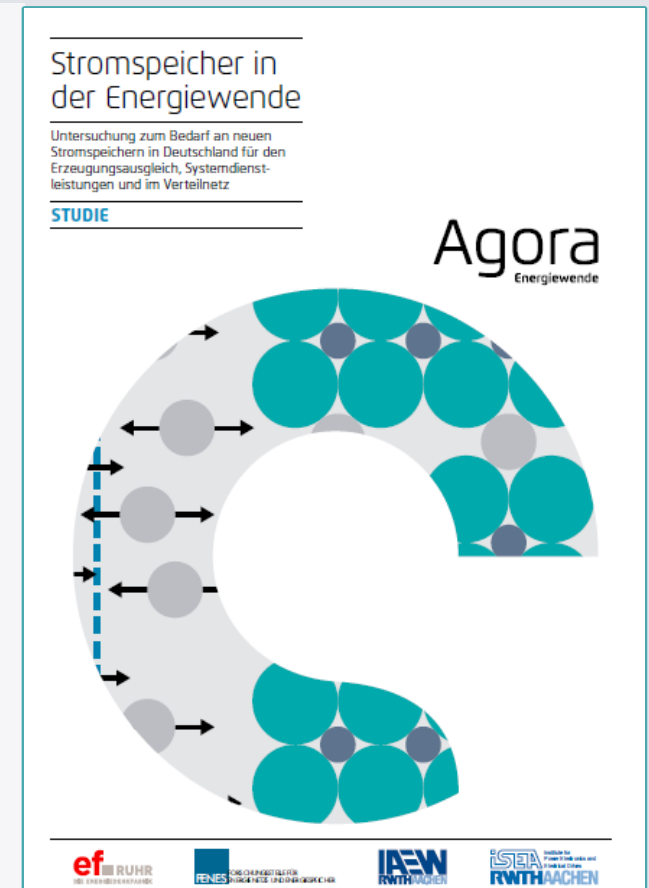


Speicherstudie im Auftrag von Agora Energiewende

Auftragnehmer: FENES/OTH, ef.Ruhr, IAEW und ISEA/RWTH Aachen

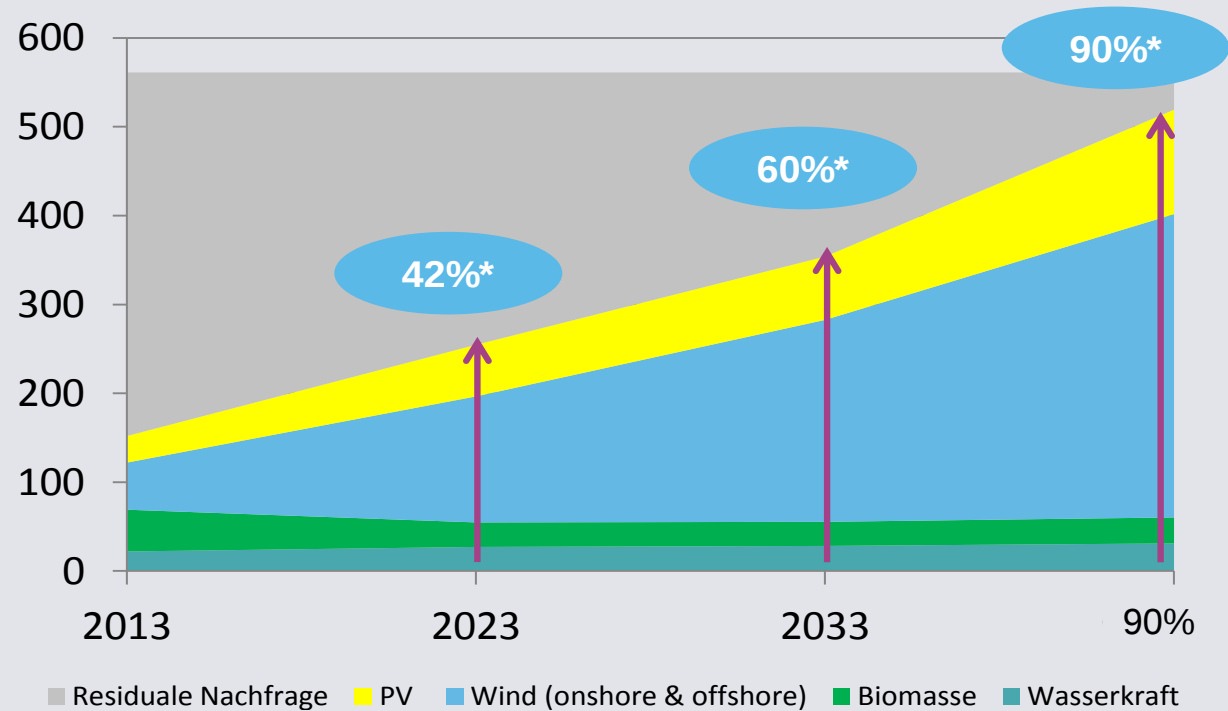
Analyse-Inhalte:

- 1. Speicher im **Strommarkt** zum Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage (auf Übertragungsnetzebene)
- 2. Speicher im **Verteilnetz** zur Vermeidung von Netzausbau
- 3. Speicher für **Systemdienstleistungen**
- 4. **Zukünftige Märkte** für neue Speichertechnologien



Die Studie untersucht Szenarien in 2023, 2033 und bei 90% Erneuerbaren Energien

Stromerzeugung aus EE und Nachfrage in Deutschland, in TWh



FENES et al. 2014

- Erneuerbare Energien: Ziele der Bundesregierung
- Restliches Stromsystem: basierend auf Netzentwicklungsplan 2013
- Sensitivität: Verzögerter Ausbau alternativer Flexibilitätsoptionen

** Für das restliche Europa wurde verzögerter Ausbau der Erneuerbaren Energien angenommen: 23% bei 42% in D, 40% bei 60% in D, 60% bei 90% in D*

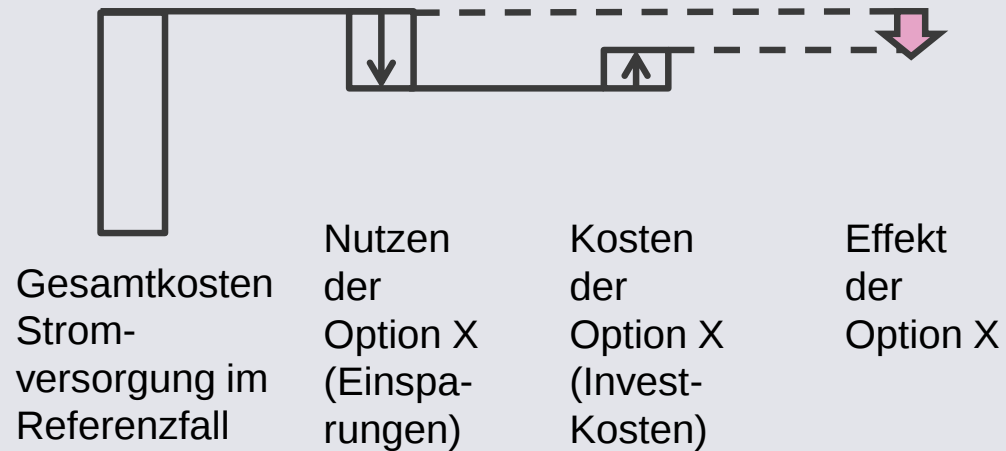
Methode zur Priorisierung von Flexibilitätsoptionen

Flexibilitätsoptionen und Methode

Betrachtete Flexibilitätsoptionen

- Netzausbau zu Nachbarstaaten
- Flexibilisierung der KWK
- Flexibilisierung der Nachfrage
- Kurzzeitspeicher
- Langzeitspeicher

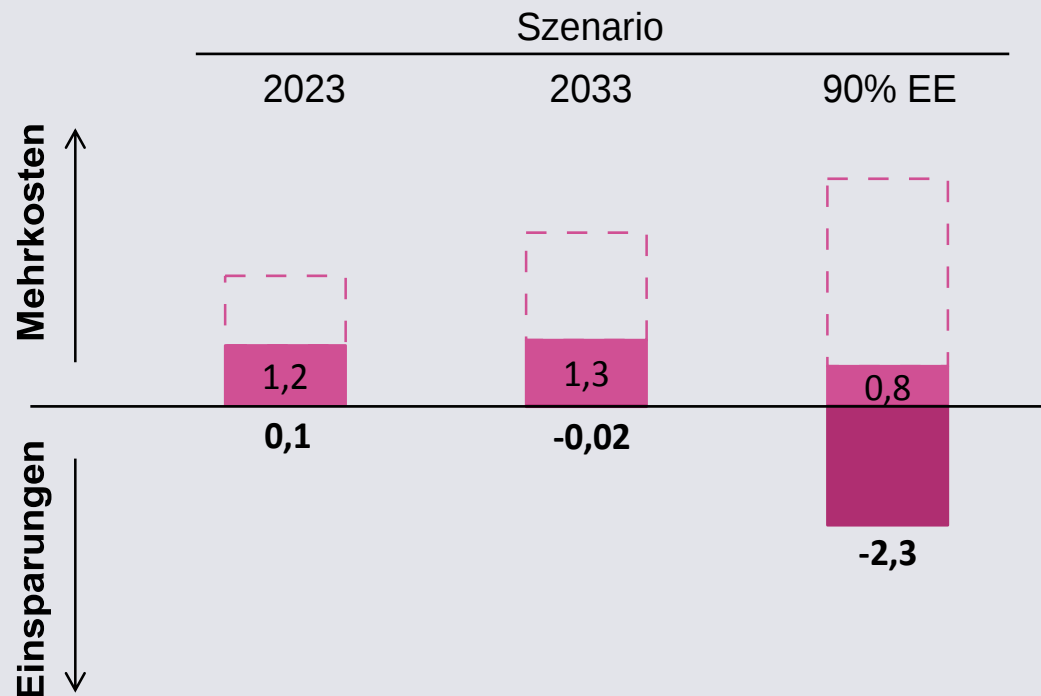
Berechnung von Kosten/Nutzen je Option



FENES et al. 2014

Ergebnis zum Speicherbedarf des Stromsystems: In den nächsten 10 bis 15 Jahren verursachen Speicher Mehrkosten, im 90%-Erneuerbaren-Szenario Einsparungen

Bandbreite der Ergebnisse bei zusätzlichen Speichern* in Mrd. EUR pro Jahr



FENES et al. 2014

- **2023:** kein signifikanter Nutzen von neuen Speichern für Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage
- **2033:** geringe Mengen Speicher können zu Einsparungen führen
- **90%-Szenario:** Speicher führen zu Einsparungen bei Systemkosten. Stärkste Einsparungen mit
16 GW Langzeitspeichern
7 GW Kurzzeitspeichern

* Bandbreite der betrachteten Speicherkombinationen; die Ergebnisse der jeweils schlechtesten betrachteten Kombination an Speichern sind als gestrichelte Linie dargestellt

Große Übereinstimmung in unterschiedlichen Studien: Zusätzlicher Speicherbedarf des Stromsystems besteht erst bei einem Erneuerbaren-Anteil von über 60%.

Bedarf an zusätzlicher Speicherleistung im Studienvergleich

Speicherzubau ja/x oder nein/o	2020	2030	2040	2050
EE-Anteil	30-47%	41-67 %	50-76 %	64-100 %
WWF (2009) CCS	o	x	x	x
BMWi (2014) Trend	o	o	o	o
BMWi (2011)	o	o	o	o
BMWi (2014) Ziel	o	o	o	o
VDE (2012) E	o			x
WWF (2009)	o	x	x	x
BMU (2012)	o	x1	x1	x1
BMWi Roadmap (2014) A	o	o		o
BMWi Roadmap (2014) B				x2
BMWi Roadmap (2014) C				x
Agora (2014)	o	o		x
SRU (2011) 2.2.a				x
SRU (2011) 1.a				x
UBA (2010)				x

Buttler/Spliethoff 2016

Annahmen zum Netzausbau (Studie „Roadmap Speicher“ für BMWi)

- Netzdienlicher Einsatz von Stromspeichern kann bei einem verzögerten Netzausbau Nutzen im Engpassmanagement bringen.
- Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Entkopplung von Ein- und Ausspeicherung weisen Power-to-Gas-Anlagen hierbei den größten Nutzen auf, dem jedoch höhere Investitionskosten gegenüberstehen.
- Bei einem abgeschlossenen Netzausbau werden diese netzdienlichen Stromspeicher jedoch für diese Funktion nicht mehr benötigt.

Batteriespeicher



Speicher können bereits heute einige Systemdienstleistungen kosteneffizient erbringen

Qualitative Betrachtung: Speicher für Systemdienstleistungen (Auszug)

Primär- regelleistung

- Batteriespeicher sehr gut geeignet
- Langfristiger Bedarf gering

Sekundär- regelleistung

- Speicher gut geeignet, Wirtschaftlichkeit aber noch offen
- In Zukunft starke Konkurrenz durch EE und Nachfrage

Gesicherte Leistung

- Speicher grundsätzlich geeignet
- Bedarf wird im Bezug auf Kapazitätsmarkt diskutiert

→ Primärregelungsbedarf

Deutschland : 0,6 GW

Rest-EU: 2,4 GW

Insgesamt: 3 GW

→ Sekundärregelungsbedarf

Deutschland: +/- 2 GW

→ Minutenreserve: +2,5 / -2,8 GW

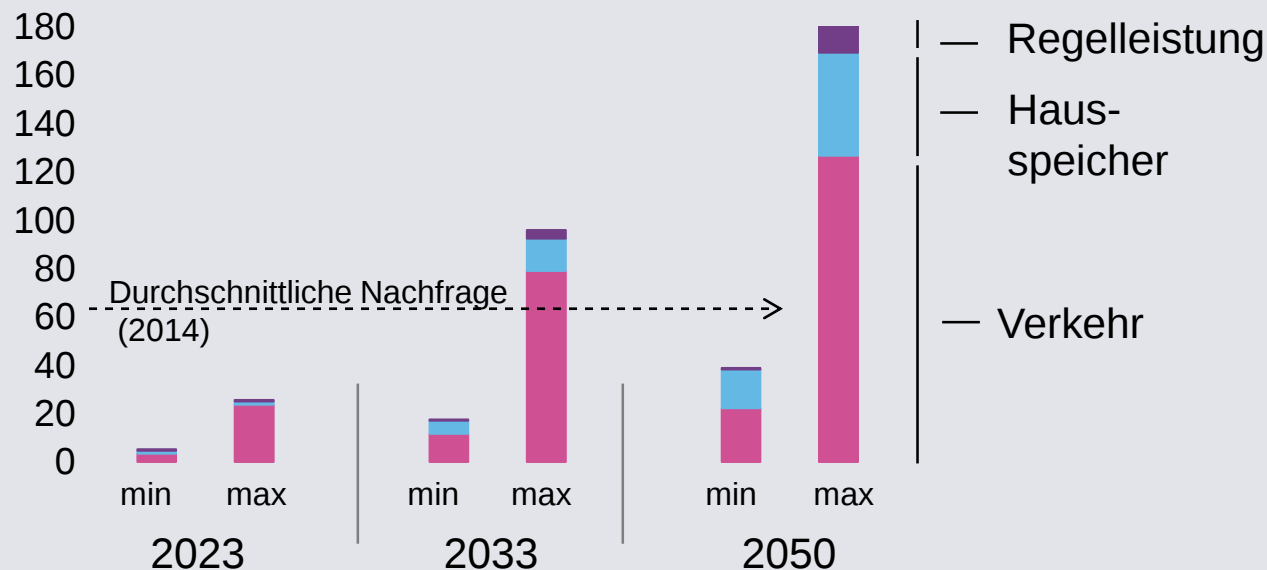
→ Schlussfolgerung:.

Märkte für Flexibilität – wie der Regelleistungsmarkt oder ein zukünftiger Kapazitätsmarkt – müssen deshalb technologieoffen ausgestaltet werden.

FENES et al. 2014

Zukünftige Märkte für Batteriespeichersysteme können unterschiedlich groß ausfallen – u.a. abhängig davon, wie sich der regulatorische Rahmen und die Nachfrage nach Elektroautos entwickelt.

Einschätzung zukünftiger Märkte für Batteriespeicher (GW)



FENES et al. 2014

- **Regelleistungsmärkte** sind klein
- Für **Hausspeicher** ist das System der Abgaben und Umlagen zentral. Die Wirtschaftlichkeit hängt davon ab, wieviel Strombezug aus dem Netz durch Eigenverbrauch vermieden werden kann.*
- **Elektroautos** haben das größte Potential. Abgenutzte Batteriespeicher aus Autos können auch eine Rolle in 2nd life-Anwendungen spielen.

* Siehe dazu auch unsere aktuelle [Diskussion](#) und [Analyse](#) zum Thema „Ausreichende Belegung von Dachflächen mit PV“.

Zwischenfazit zum Speicherbedarf

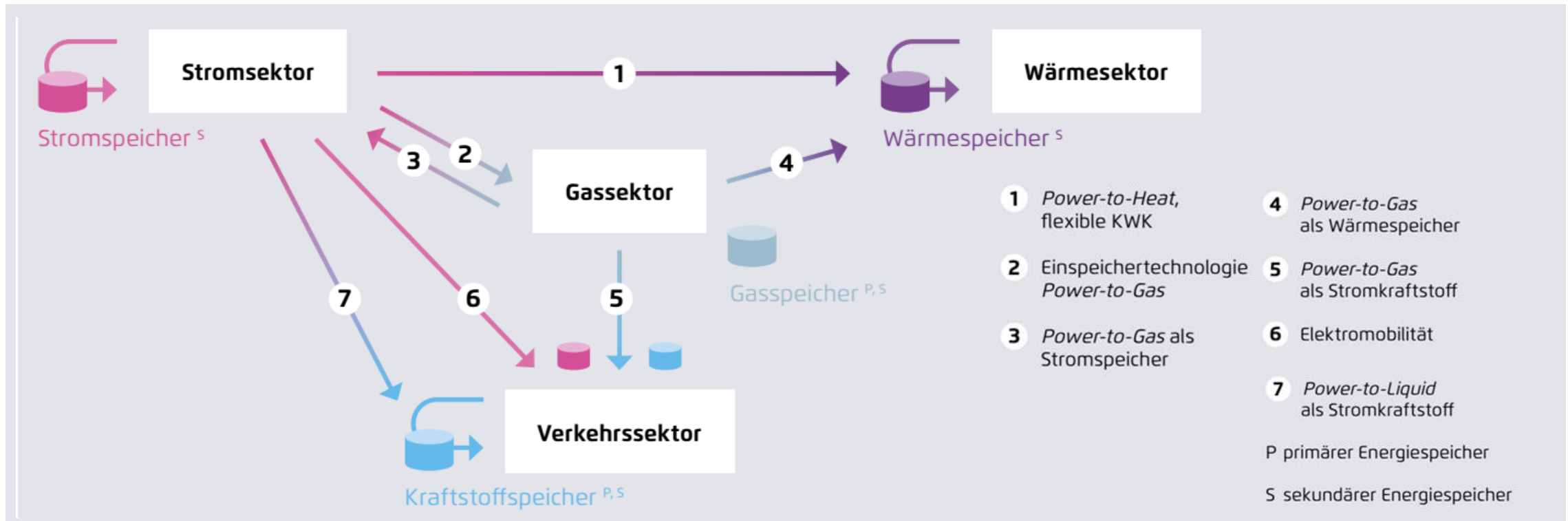
- Der Ausbau der Erneuerbaren Energien muss nicht auf Stromspeicher warten.
- In den nächsten 10 bis 15 Jahren kann die benötigte Flexibilität im Stromsystem durch andere Flexibilitätsoptionen (zum Beispiel flexible Kraftwerke, Lastmanagement) günstiger bereitgestellt werden als durch neue Stromspeicher.
- Erst bei sehr hohen Anteilen von Erneuerbaren Energien werden neue Stromspeicher wirklich benötigt, darunter u.a. auch Langzeitspeicher (Power-to-Gas).

Power-to-Gas



Über Power-to-Gas und Power-to-Liquid kann erneuerbarer Strom in verschiedenen Sektoren genutzt werden.

Sektorale und sektorenübergreifende Speicher in der Energieversorgung



FENES et al. 2014

Agora-Studie zu den zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe (d.h. Power-to-Gas/Power-to-Liquid)

Auftraggeber: Agora Verkehrswende und Agora Energiewende

Auftragnehmer: Frontier Economics

Übergeordnete Fragen:

- Wie könnten sich die **Kosten des Imports** synthetischer Brennstoffe – d.h. Methan und Flüssigkraftstoffe – bis 2050 entwickeln? (exemplarische Untersuchung für Nordafrika, Nahem Osten und Island)
- Was wären die Kosten einer Erzeugung dieser Brennstoffe mit Offshore-Windkraftanlagen in der **Nord- und Ostsee**?

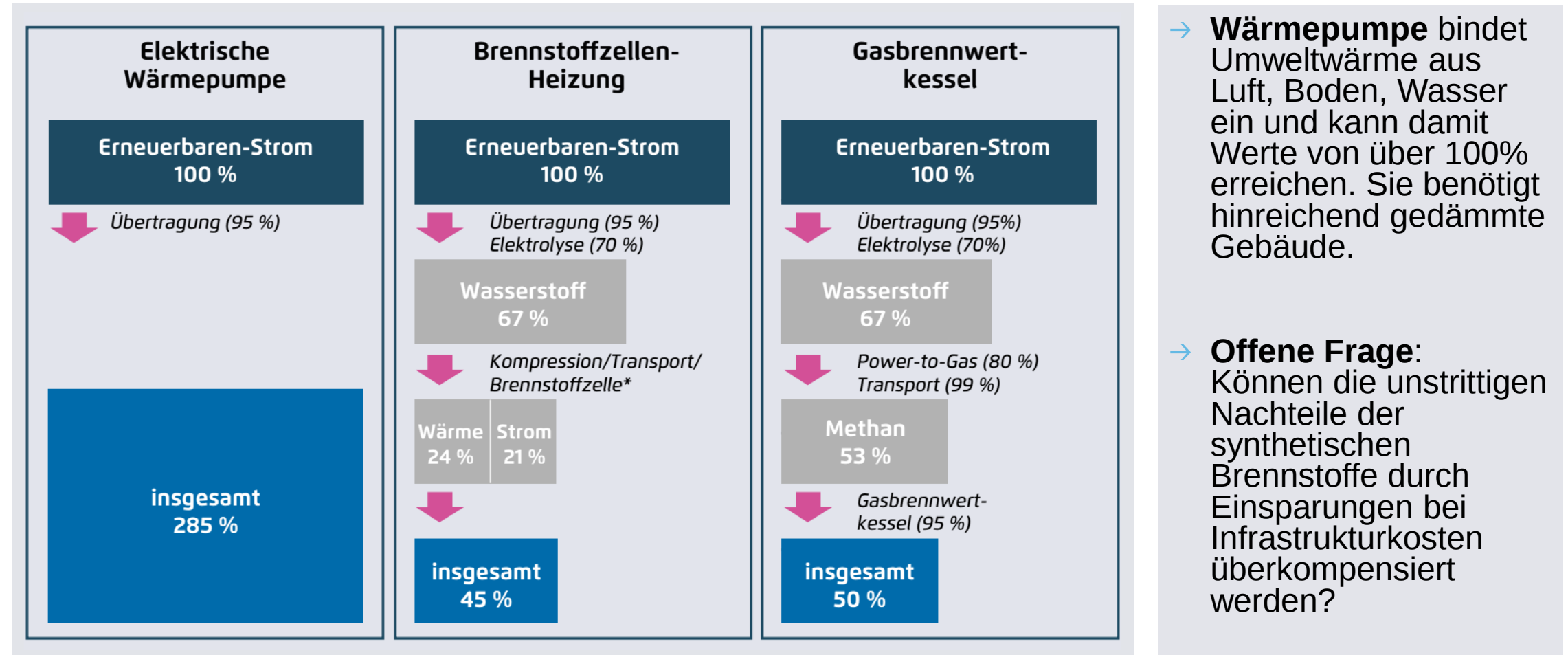
Ausgangspunkt der Kostenanalyse:

- Synthetische Brennstoffe werden eine wichtige Rolle spielen bei der Defossilisierung von chemischen Grundstoffen, Hochtemperatur-Prozesswärme in der Industrie und bei Flug- und Schiffsverkehr.

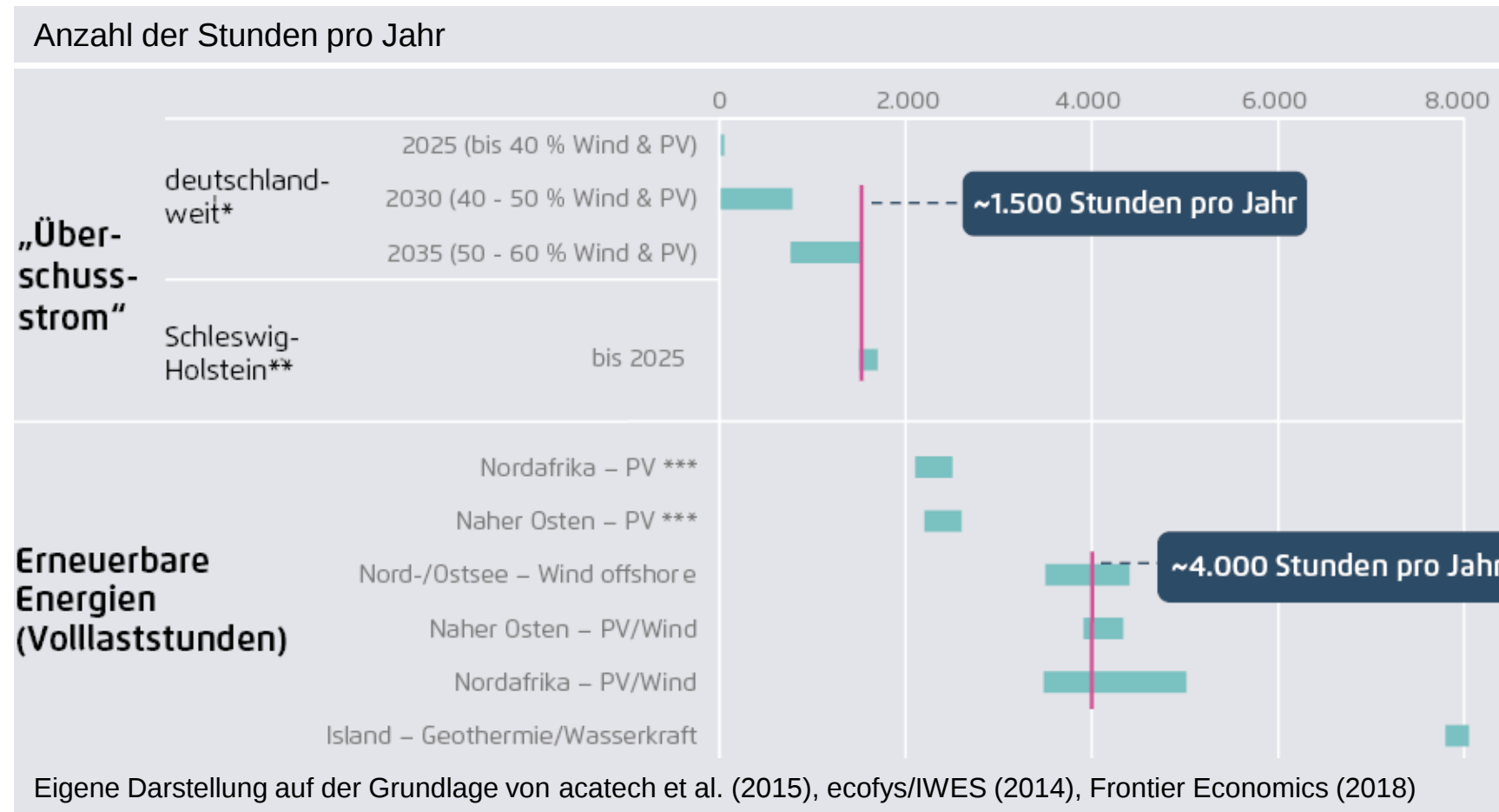


Power-to-Gas und Alternativen bei der Gebäudeheizung: Wärmepumpen haben eine Hebelwirkung und nutzen den Erneuerbare-Energien-Strom besonders effizient.

Einzel- und Gesamtwirkungsgrade unterschiedlicher Heizungssysteme



Power-to-Gas/Liquid-Anlagen brauchen für einen wirtschaftlichen Betrieb günstigen Erneuerbaren-Strom und hohe Volllaststunden. Sie können daher nicht mit Überschussstrom betrieben werden.



- **Anlagen-Auslastung** von mind. 3.000-4.000 Std./Jahr nötig wegen hoher Invest.-Kosten
- „**Überschussstrom**“ mit < 2.000 Std./Jahr zu günstigen Preisen reicht nicht aus
- **Zusätzliche Erneuerbaren-Anlagen** nötig für PtG-/PtL-Betrieb: Offshore, PV & Onshore ~ 4.000 Std./Jahr
- **Vollkosten** der Erneuerbaren-Anlagen relevant

Netzdienlicher Speichereinsatz



Netzdienlicher Speichereinsatz

- **Netzdienlichkeit** im engeren Sinne:
Nutzung im Netzenspassmanagement und Vermeidung oder Verlagerung von Netzausbaubedarf
- Aber: Aktuelle (marktbezogene) **Betreibermodelle** für Speicher sind nicht ausreichend zur Sicherstellung eines netzdienlichen Einsatzes.
- **Redispatch im Höchstspannungsnetz:** Regelmäßiger reaktiver Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken. Sinnvoll: Nutzung von bestehenden Speichern für proaktive Vermeidung von Netzenspässen.
- **Verteilnetz:** ökonomische Anreize für die Installation neuer Speicher, z.B. durch Befreiung von Entgelten und Umlagen (Eigenstromprivileg) und KfW-Förderung. Netzdienlicher Einsatz von Kleinspeichern findet bisher nicht statt. Es gibt aber Pilotprojekte.
- **Zusammenspiel der Netzebenen:**
Flexibilität aus den Verteilnetzen auch für das Übertragungsnetz nutzbar machen, sofern die jeweiligen kritischen Zeitpunkte der Netzebenen nicht zusammenfallen.

Netzdienlicher Speichereinsatz hängt ab von den Randbedingungen

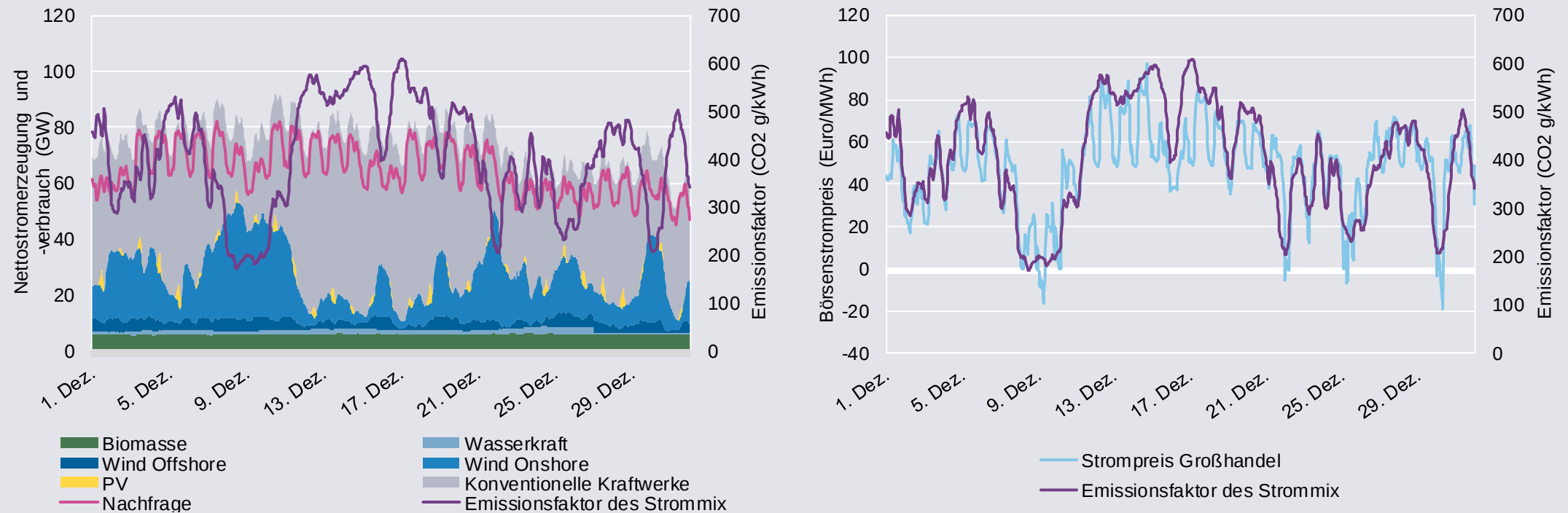
- **Verteilnetz:** zuverlässige Kappung von Einspeise- und Verbrauchsspitzen durch Speicher könnte langfristig vermehrt und effizient Erneuerbare Energien in das Stromnetz integrieren
- **Elektrofahrzeuge und Power-to-X-Anwendungen** (Sektorenkopplung): benötigen geeignete Anreize zur intelligenten Ansiedlung und Nutzung, damit keine unerwünschten Wirkungen entstehen.
- Der derzeitige **rechtliche und regulatorische Rahmen** ist dazu bezüglich der Struktur der Netzentgelte, Abgaben, Umlagen und Steuern in mehrfacher Hinsicht anzupassen.
- Aufgrund der unten genannten **Hemmnisse** sind bis 2020 nur begrenzte Wirkungen im Übertragungs- und Verteilnetz durch netzdienlich betriebene Speicher möglich.

Abgaben und Umlagen



Mit viel Wind und Sonne sind die CO₂-Emissionen des Strommix' gering und in der Regel auch gleichzeitig die Strompreise – allerdings nur im Großhandel

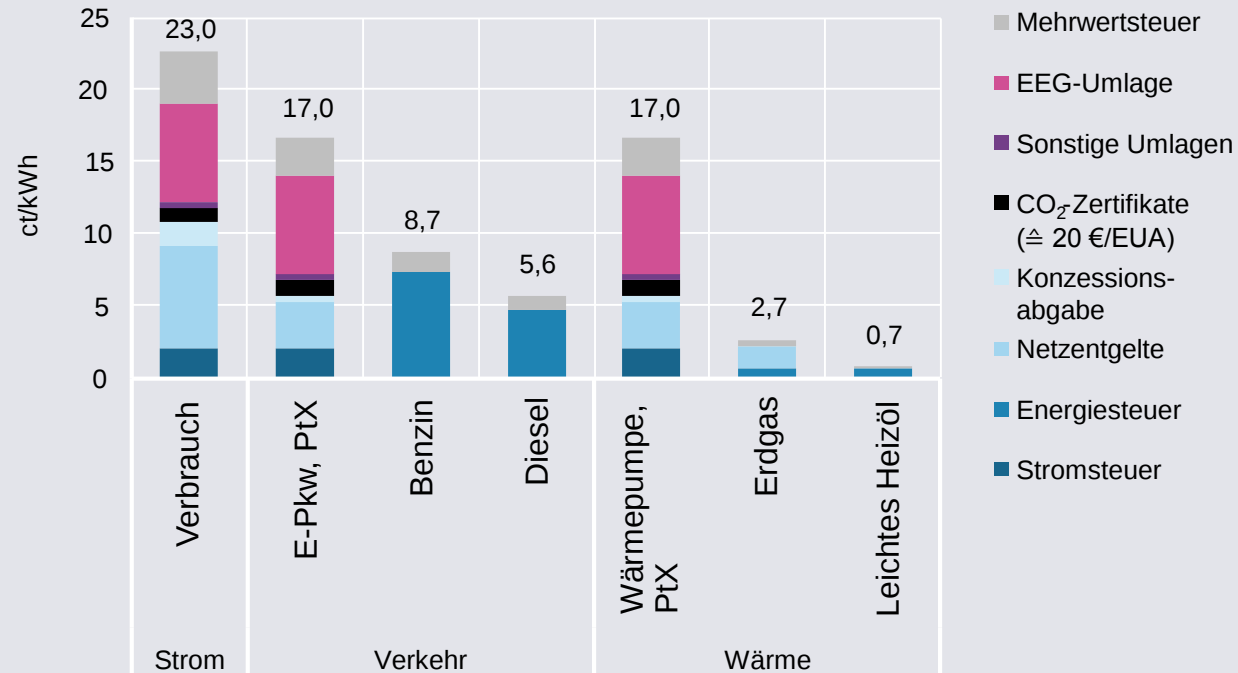
Stromerzeugung und Verbrauch, Emissionen des Strommix' und Strompreise im Großhandel am Beispiel Dezember 2018



Agorameter (2019)

Strom beim Endkunden ist im Vergleich mit fossilen Energieträgern mit viel zu hohen Abgaben und Umlagen belastet.

Regulierte Kostenbestandteile für Energie im Haushaltsbereich



Agora Energiewende (2018)

- Die Dekarbonisierung des Wärme- und Verkehrssektors erfordert – neben einer Steigerung der Energieeffizienz – vor allem die Nutzung von immer mehr Wind- und Solarstrom, u. a. für:
 - Wärmepumpen (Umweltwärme) und Power-to-Heat-Anlagen
 - Elektromobilität
 - Strombasierte Heiz- und Treibstoffe (Power-to-Gas und Power-to-Liquid)
- Mehr als 20- bzw. 6-fach höhere Abgaben und Umlagen im Vergleich zu Heizöl bzw. Erdgas und 1½- bzw. 3-fach höhere Abgaben und Umlagen im Vergleich zu Benzin bzw. Diesel stehen der wirtschaftlichen Verwendung von Strom bei Wärme und Verkehr entgegen.

Zusammenfassung

Stromsektor

- Benötigt mit steigenden EE-Anteilen mehr Flexibilität. **Wettbewerb:** Speicher vs. andere Flexibilitäten.
- Hat heute rund 7 GW Pumpspeicher-KW und benötigt bei Umsetzung des geplanten Netzausbaus **ab ca. 60-70% EE-Anteil zusätzliche Stromspeicher** für den Ausgleich von Angebot und Nachfrage, später v.a. Langzeitspeicher (PtG).
- **Netzdienlichkeit:** muss berücksichtigt werden, ansonsten z.T. Widerspruch zu Marktsignalen.

Andere Sektoren (Wärme, Verkehr, Industrie):

- **Power-to-Gas** wird auch wichtig für die Defossilisierung der Industrie (Chemie, Hochtemperaturwärme) und Teile des Verkehrs, beinhaltet aber große Umwandlungsverluste und benötigt für wirtschaftlichen Betrieb günstigen Erneuerbaren-Strom und hohe Volllaststunden.

Abgaben/Umlagen:

- Strom beim Endkunden ist im Vergleich mit fossilen Energieträgern mit viel **zu hohen Abgaben und Umlagen** belastet und verhindert damit vielfach Sektorkopplung zur Dekarbonisierung.

Agora-Studien zum Thema

Eine Neuordnung der Abgaben und Umlagen auf Strom, Wärme, Verkehr	Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung	Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe	Toolbox für Stromnetze	Smart-Market-Design in deutschen Verteilnetzen	Stromspeicher in der Energiewende
					
> <u>Studie</u>	> <u>Studie</u>	> <u>Studie</u>	> <u>zur Studie</u>	> <u>zur Studie</u>	> <u>zur Studie</u>
	> <u>Foliensatz</u>	> <u>Foliensatz</u>	> <u>zum Foliensatz</u>	> <u>zum Foliensatz</u>	
		> <u>PtG/PtL-Excel-Tool</u>			
		> <u>Webinar</u>			

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Str.2
10178 Berlin

T +49 (0)30 700 1435 - 000
F +49 (0)30 700 1435 - 129
www.agora-energiewende.de

✉ Abonnieren sie unseren Newsletter unter
www.agora-energiewende.de
🐦 www.twitter.com/AgoraEW



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen oder Kommentare? Kontaktieren Sie uns gerne:

matthias.deutsch@agora-energiewende.de



[Ma_Deutsch](https://twitter.com/Ma_Deutsch)

Agora Energiewende ist eine gemeinsame Initiative der
Stiftung Mercator und der European Climate Foundation.

