

Systemlösungen für die Energiewende

FAU – EEI – Kolloquium

Dr. Christoph Maurer | Erlangen | 08. Januar 2019

Zum persönlichen Hintergrund

Consentec GmbH

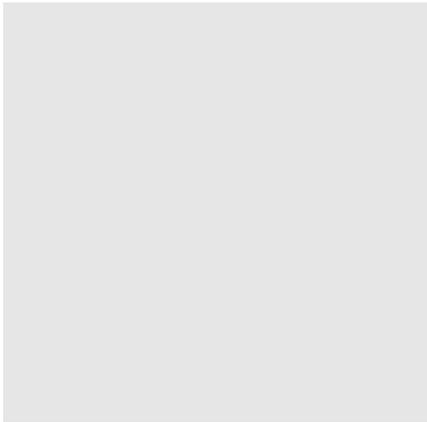
- Fachberatungsunternehmen mit Fokus Energietechnik und Energiewirtschaft
- 1999 als Spin-Off der RWTH Aachen gegründet
- aktuell 17 Mitarbeiter
- *Arbeitsschwerpunkte* Netzplanung und -betrieb, Regulierung, Marktdesign
- *Kunden* Netzbetreiber, Energieversorger, Regulierungsbehörden, Ministerien

Dr. Christoph Maurer

- Studium der Elektrotechnik (Dipl.-Ing.) und des Wirtschaftsingenieurwesens (Dipl.-Wirt.Ing.)
- Promotion zum Dr.-Ing. durch Univ.-Prof. H.-J. Haubrich an der RWTH Aachen 2004
- seit 2007 Gesellschafter und Geschäftsführer von Consentec
- *Arbeitsschwerpunkte*: Planung und Betrieb von Übertragungsnetzen, Koordination von Netz und Markt, Versorgungssicherheit

Agenda

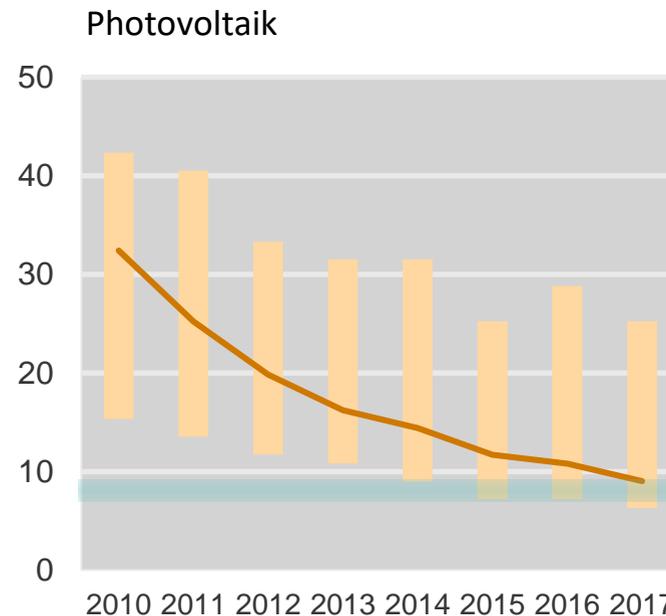
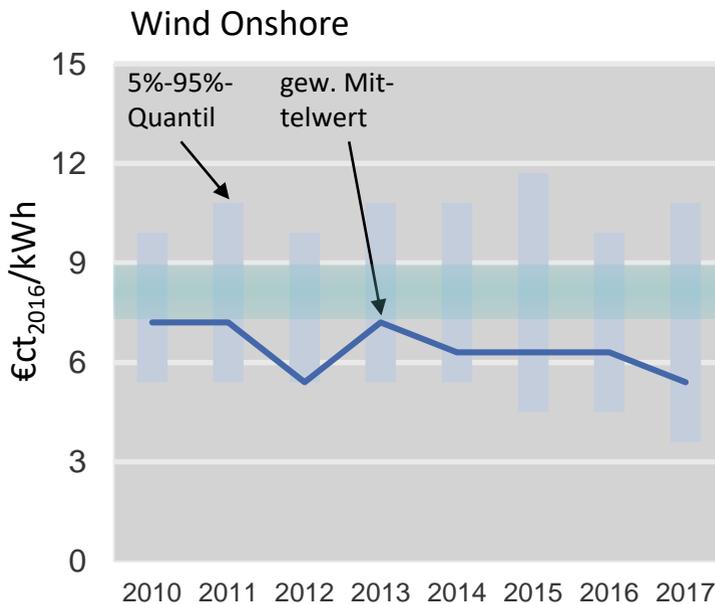
- Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende
- Versorgungssicherheit im EE-dominierten System
- Koordination von Markt und Netz
- Flexibilität und Sektorkopplung



Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

Globale Kosten für EE-Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (LCOE) stark gesunken → Relevanz von Stromgestehungskosten sinkt



grüne Bänder:
Vollkostenschätzung
für neue GuD

Quelle: LCOE für EE: Eigene Darstellung nach IRENA Renewables Cost Database, Vollkosten GuD eigene Schätzung, 1€₂₀₁₆=1,11\$₂₀₁₆

→ Nutzung erneuerbarer Energien ist mittlerweile ökonomisch geboten (auch ohne Berücksichtigung externer Effekte der fossilen Stromerzeugung)

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

Standort-Potenziale für günstige EE-Produktion sind aber begrenzt: Potenziale mit LCOE \leq 100€/MWh

Veröffentlichung im Frühjahr 2019

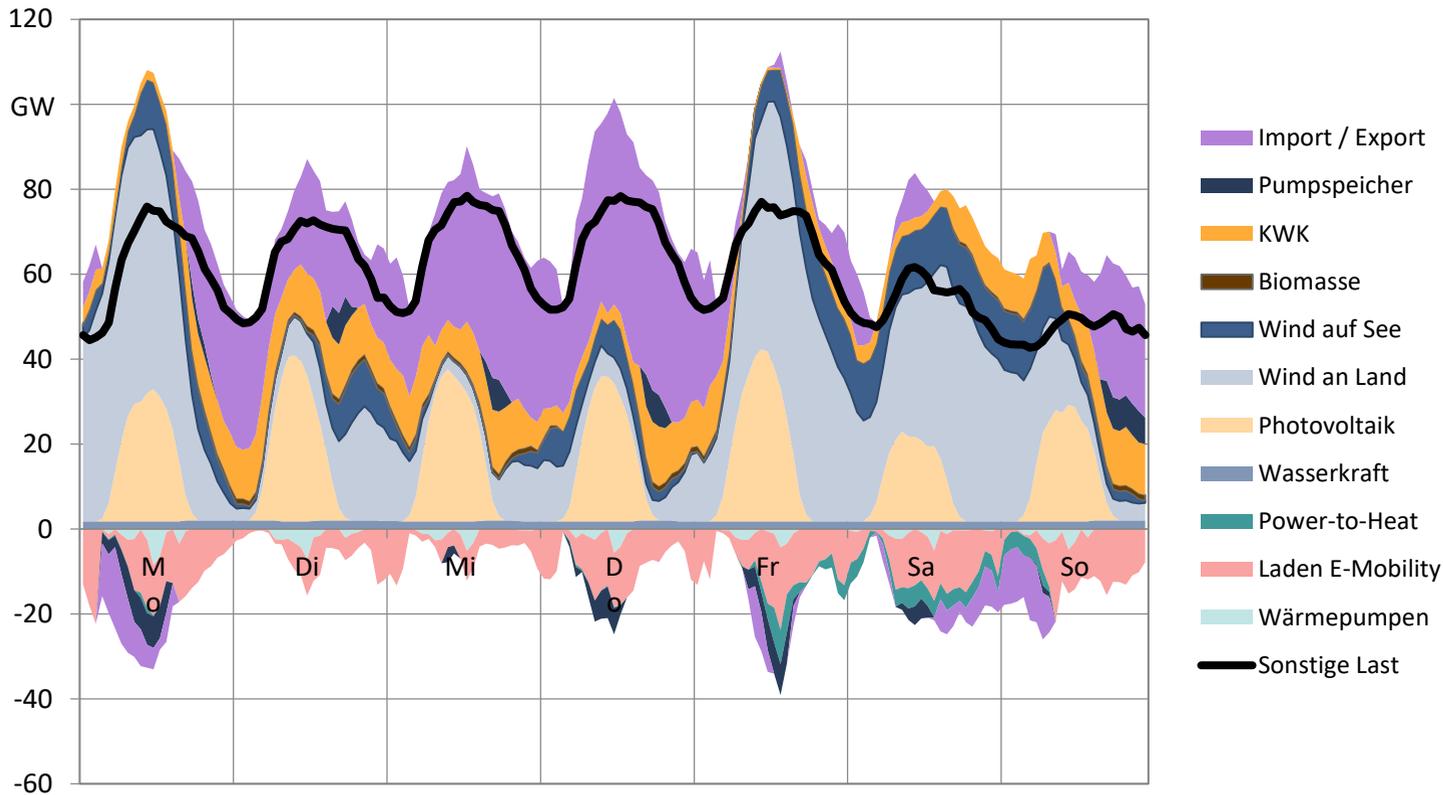
*Jahreszahlen zeigen
Effekt
unterschiedlicher
Wetterjahre*

Quelle: bislang unveröffentlichte Auswertung aus Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi

- Effiziente Nutzung der Potenziale notwendig
- Nicht alle technisch denkbaren Lösungen sind universell anwendbar → z. B. P2G

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

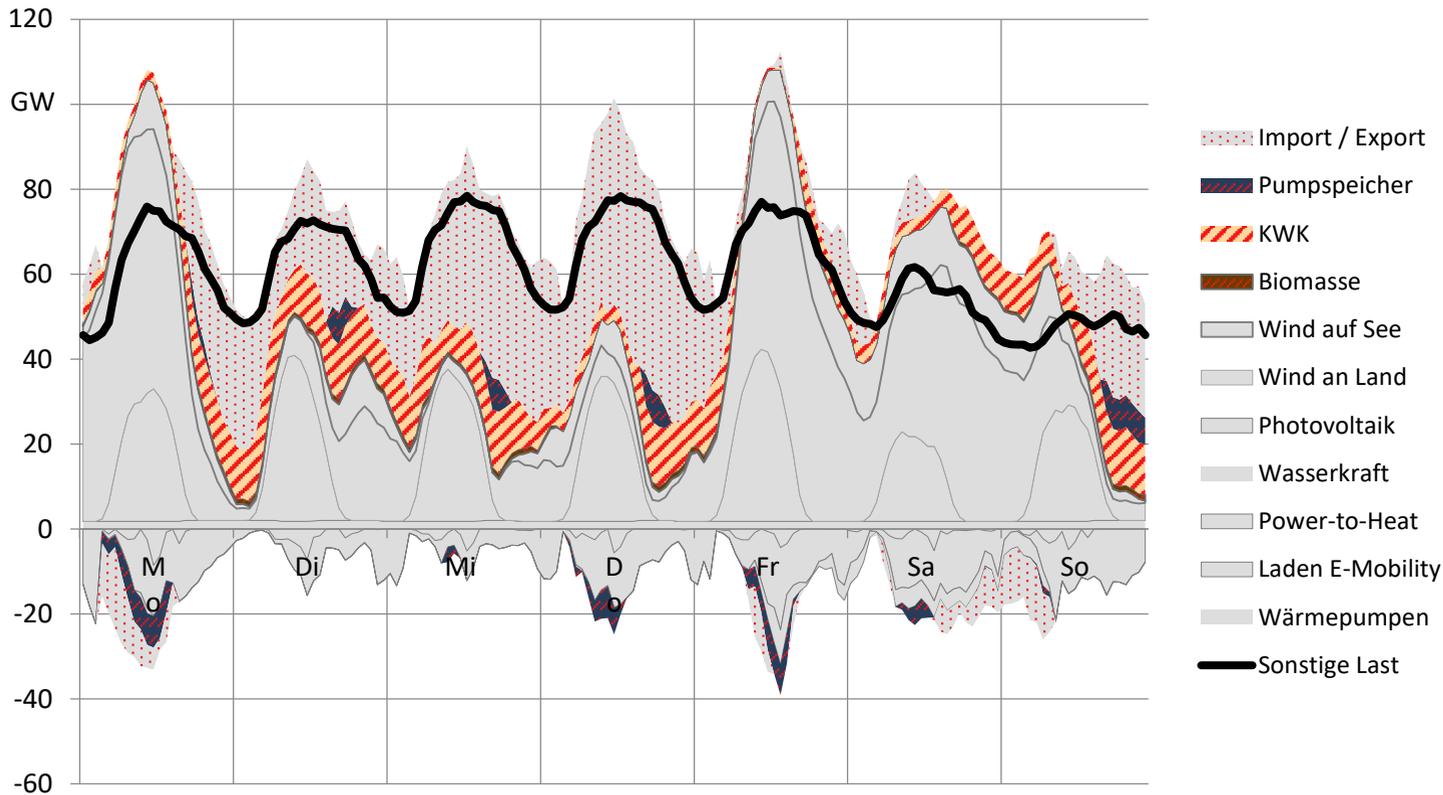
Beispiel: Last und Erzeugung in DE in einer Sommerwoche 2050



Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

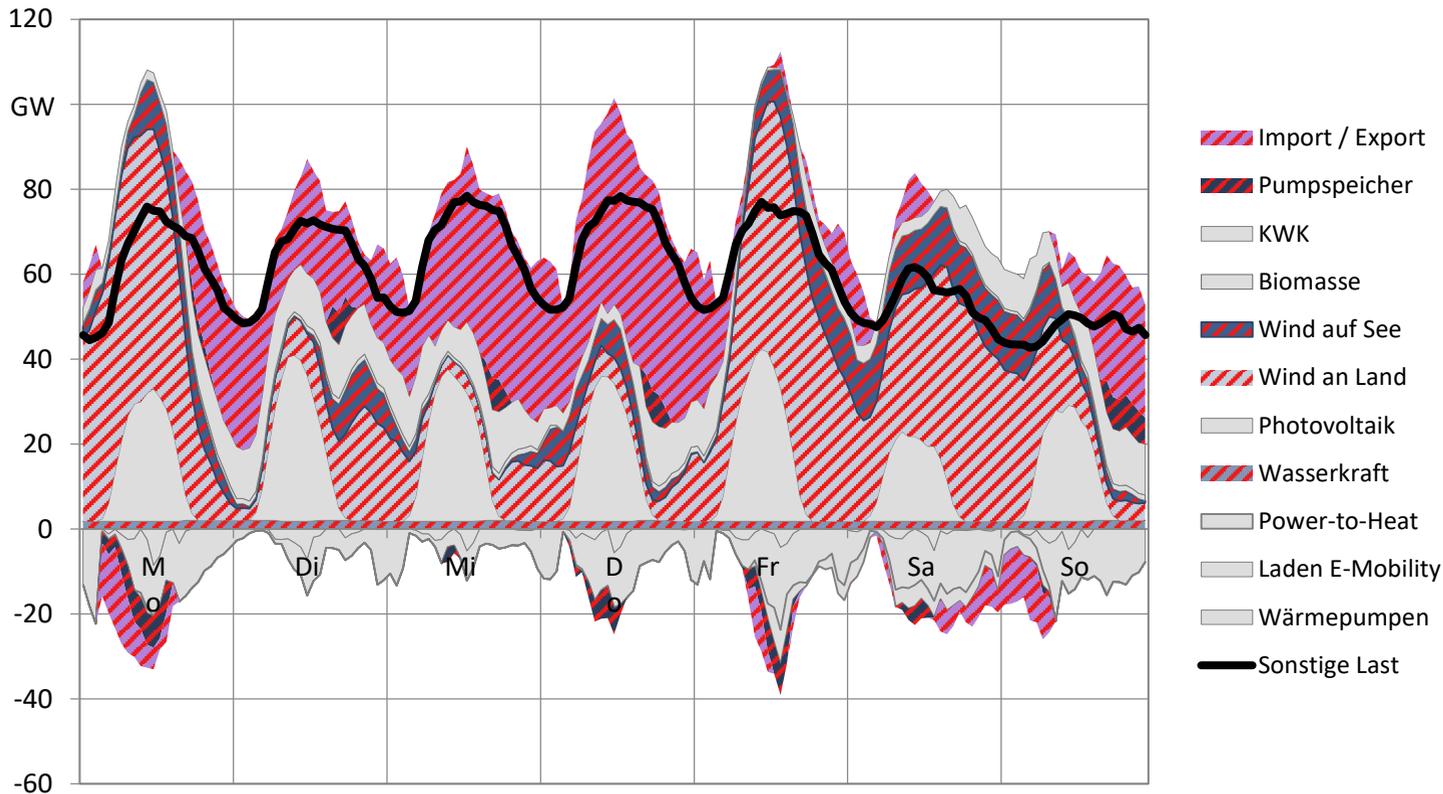
Versorgung mit geringer konventioneller Erzeugungsleistung



Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

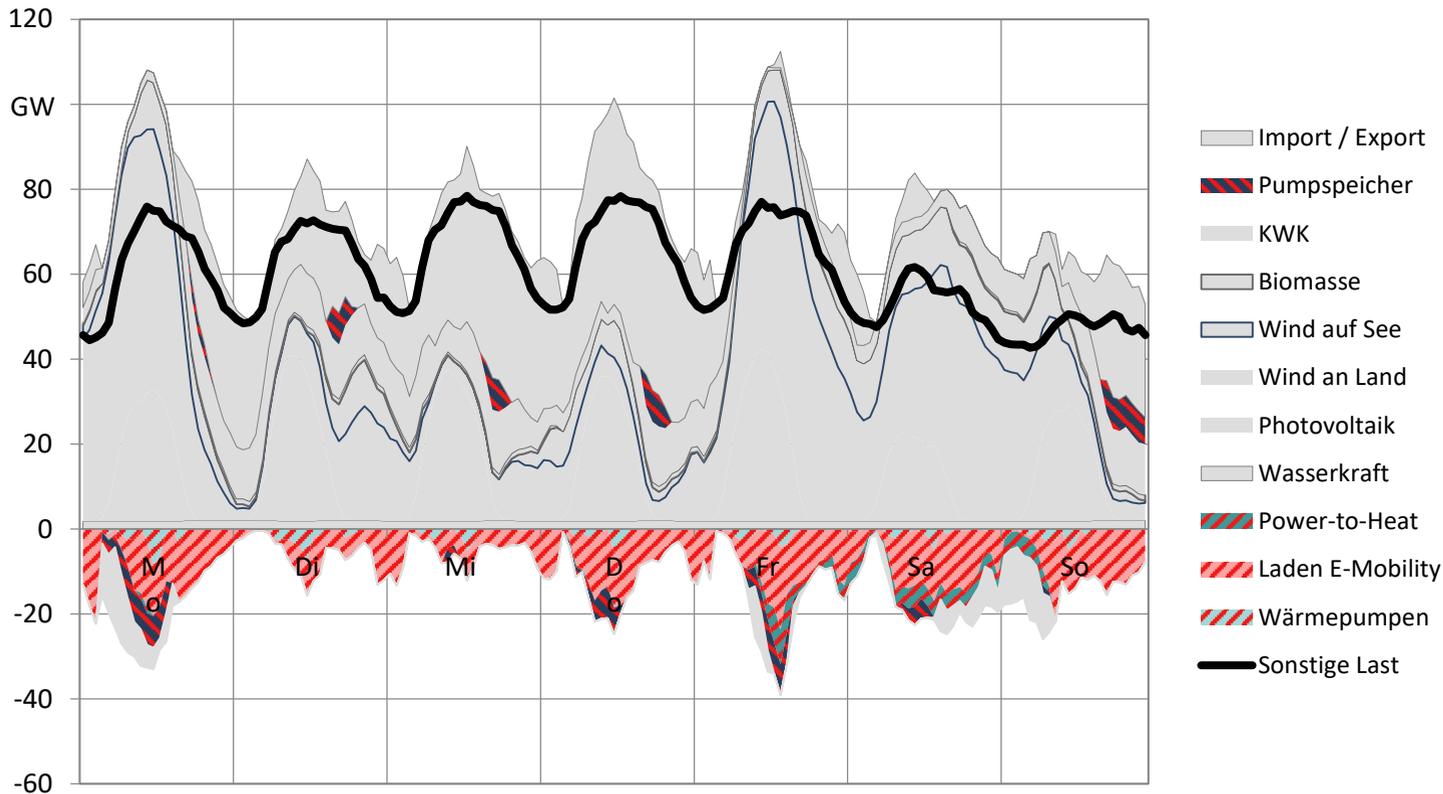
Transport zumindest überwiegend lastfern erzeugter Energie zu den Verbrauchern



Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

Dekarbonisierung von Wärme-/Kälte-Sektor und Verkehr durch flexible Stromnutzung

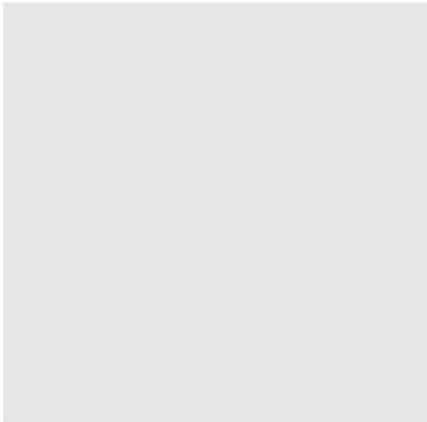


Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi

Systemfragen als Herausforderung für die Energiewende

Von Systemfragen zu Systemlösungen

- Last- und Erzeugungsganglinie zeigt systemische Herausforderungen
 - Versorgungssicherheit im EE-dominierten System
 - Koordination von Markt und Netz
 - Flexibilität und Sektorkopplung
- Systemlösungen erfordern
 - technische Lösungsansätze
 - insbesondere aber auch den geeigneten institutionellen Rahmen zur Umsetzung



Versorgungssicherheit in einem EE-dominierten System

Versorgungssicherheit im EE-dominierten System

Neue Betrachtungsweisen zur Bewertung von Versorgungssicherheit erforderlich

Bisheriger Ansatz:
Leistungsbilanz

- Auswertung sicher verfügbarer (i.d.R. fossil-thermischer) Erzeugungsleistung
- Vergleich mit Höchstlast
- in der Regel auf nationaler Ebene

Leistungsbilanzen
ungeeignet für
zukünftiges
Stromversorgungssystem

- Verfügbare Erzeugungsleistung nur probabilistisch beschreibbar
 - galt im Prinzip auch schon früher (technische Verfügbarkeit)
 - Relevanz bei EE-dominierten Systemen aber deutlich größer
- Höchstlast in einem System mit flexibler Nachfrage und Sektorkopplung keine sinnvolle Vergleichsgröße
 - Höchstlast durch hohe Verfügbarkeit von günstiger Erzeugung getriggert
- Stromangebot und Stromnachfrage müssen im Binnenmarkt grenzüberschreitend betrachtet werden
 - Europäische Betrachtung
 - Berücksichtigung Transportkapazitäten

Versorgungssicherheit im EE-dominierten System

Anwendung geeigneter Bewertungs-Methode: keine akuten Risiken

probabilistische u. grenzüberschreitende Bewertung

- gefordert u. a. von EnWG und Clean Energy Package
- Berücksichtigung u. a. von techn. Verfügbarkeit, Wetterereignissen (stochastische Simulation) und von preisabhängigen Nachfrageflexibilitäten

probabilistische Bewertung sauber zu trennen von Extremereignissen, deren Wahrscheinlichkeit nicht bestimmt werden kann

VS-Indikator
LoLE/LoLP

- Effizientes VS-Niveau \neq jederzeitige Nachfragedeckung
- Im Grenzfall: Kosten des erzwungenen Nachfrageverzichts = Kosten zusätzlicher Erzeugung
- Umrechnung in max. Stunden/Zeitanteile pro Jahr mit erzwungenem (i. d. R. sehr geringen) Nachfrageverzicht
- sinnvoller Wert für Deutschland: ca. 5h bzw. 0,06%

Laufende Untersuchungen für 2020-2030 (je 1750 Simulationsjahre)

Veröffentlichung im Frühjahr 2019

max. techn. mögliche Importe
in 95% der Jahre nicht überschritten
max. notw. Importe im Jahres-Ø

Quelle: r2b, Consentec, Fraunhofer ISI, TEP; vorläufige Ergebnisse laufende Untersuchung zum VS-Monitoring

Versorgungssicherheit in einem EE-dominierten System

Und nach 2030? – Langfristige Gewährleistung von Versorgungssicherheit

Marktwerte bei sehr hohem EE-Anteil

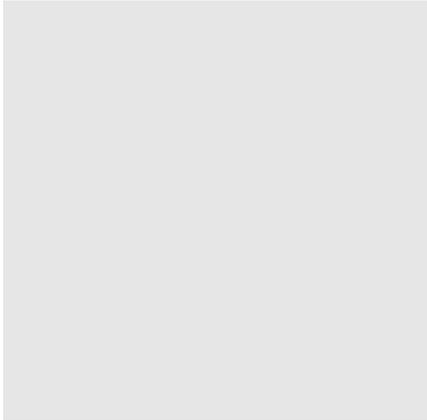
- Häufige Meinung: Strompreise werden bei sehr hohen EE-Anteilen „digital“, schwanken zwischen 0 und Knappheitspreis
- Verkennt Wirkung von Opportunitäten aus Sektorenkopplung: Ersatz von anderen Energieträgern in Wärme und Verkehr hat Wert → positive Strompreise

Suche nach optimalem VS-Mix

- Zukünftig viele unterschiedliche Beiträge zur Versorgungssicherheit
 - KWK, OCGT, Lastverschiebung, Lastverzicht, Netzersatzanlagen, EE, Speicher...
- Optimaler Mix muss sich herausbilden → kann am besten über „Energy-Only“-Markt erfolgen → regulierte Kapazitätsmärkte ineffiziente Einengung der Lösungsmöglichkeiten

konventionelles Backup?

- vor allem als Reserve für Extremereignisse außerhalb des Marktkalküls (insb. wenn keine Wahrscheinlichkeit zuordenbar) denkbar
- dabei vergleichsweise günstig (10 GW < 500 Mio. € pro Jahr)



Koordination von Markt und Netz

Koordination von Markt und Netz

Modell „virtuelle Kupferplatte“ scheint an Grenzen zu stoßen

Warum überhaupt
„virtuelle
Kupferplatte“?

- Koordination von Markt und Netz → erhebliche Rückwirkungen auf Abgrenzung von Wettbewerb und reguliertem Bereich
- Marktmechanismen im Netzbereich als natürliches Monopol nur eingeschränkt anwendbar
- Bisheriges Netzzugangsmodell
 - Abschirmung des Marktes von Netzeffekten
 - Netz als „Dienstleister“
 - Bedarfsgerechter Ausbau

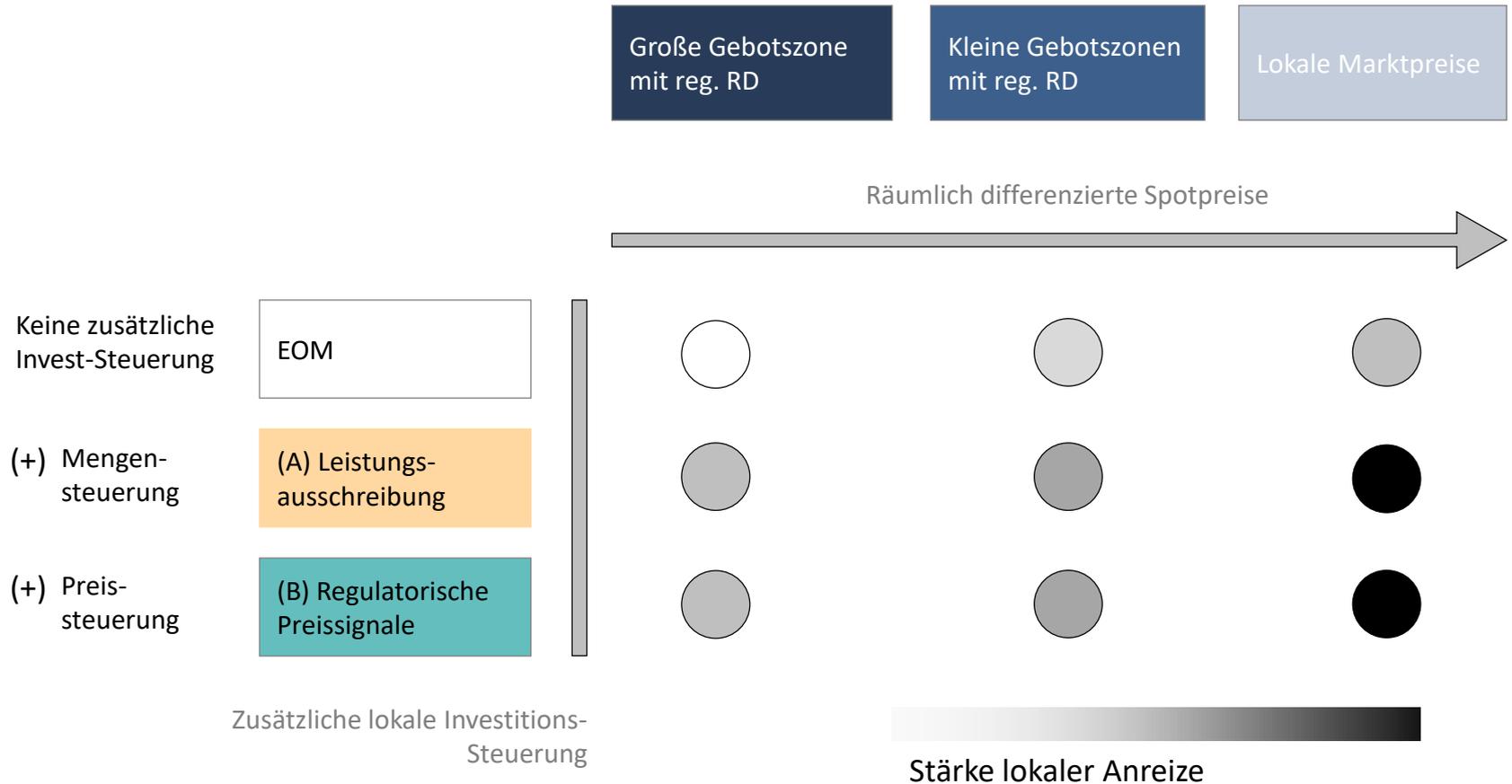
Ablösung notwendig?

- Ohne Netzausbau ist bisheriges Modell langfristig VS-Risiko
 - Modelle wie Netzreserve taugen nur vorübergehend
 - EU drängt darauf, Engpässe im Markt transparent zu machen → Netzausbau dann nur eine Lösungsoption?
- Durch aktiven Verbrauch und Sektorkopplung potenziell viel höhere Gleichzeitigkeit → Netzauslegung für max. Bedarf effizient?

→ lokale Anreize langfristig unvermeidbar, Ausgestaltung aber herausfordernd

Koordination von Markt und Netz

Systematisierung verschiedener Koordinationsformen und lokaler Anreizmechanismen



Koordination von Markt und Netz

Keine eindeutig „richtige“ Koordinationform, sondern Trade-Offs zu beachten

mögliche
Entscheidungs-
kriterien

- kurzfristige Effizienz vs. langfristige Investitionsanreize
- Regulierungsintensität und staatliche Einflussnahme
- Notwendigkeit von Zusatzmechanismen zur Gewährleistung von Versorgungssicherheit
- Auswirkungen auf Durchsetzbarkeit von effizientem Netzausbau

nicht alle aktuell
diskutierten
Koordinations-
mechanismen sind
sinnvoll

- besonders problematisch: zonales Marktdesign mit regionalen und lokalen Zusatzmärkten
 - Redispatchmärkte
 - Regionalmarktmodelle
- Problem: Marktwerte an zonalen und lokalen Märkten fundamental unterschiedlich → strategische Gebote an zonalen Märkten
 - Entwertung des Preissignals
 - Engpassverstärkung
- Prototypische, vorläufige Analyse von Consentec zur Einführung eines RD-Markts in Deutschland
 - Redispatch-Volumen steigt auf ein Mehrfaches
 - Erhebliche Verteilungseffekte mit unflexiblen Verbrauchern als Hauptverlierern



Flexibilität und Sektorkopplung

Flexibilität und Sektorkopplung

Eng zusammenhängend, aber nicht identisch

Flexibilität

- Synchronisierung von volatiler Stromerzeugung und Nachfrage
- Mögliche Quellen
 - flexible Erzeugung und Speicher
 - überregionaler Austausch über Stromnetz
 - flexibler Verbrauch

Sektorkopplung

- Nutzung von EE-Strom in anderen Sektoren, um dort Brennstoffe und Emissionen einzusparen
- erhöht zunächst Stromverbrauch und damit Flexibilitätsbedarf
- häufig mehr (günstige) Verbrauchsflexibilität im Wärme- und Verkehrssektor als im Stromsektor → Sektorkopplung als Netto-Flexibilitätslieferant
 - Flexibles Laden bei E-Mobility
 - Wärmespeicher in Wärmenetzen

→ Flexible Sektorkopplung gerade in Überschussituationen wichtiger Flexibilitätslieferant

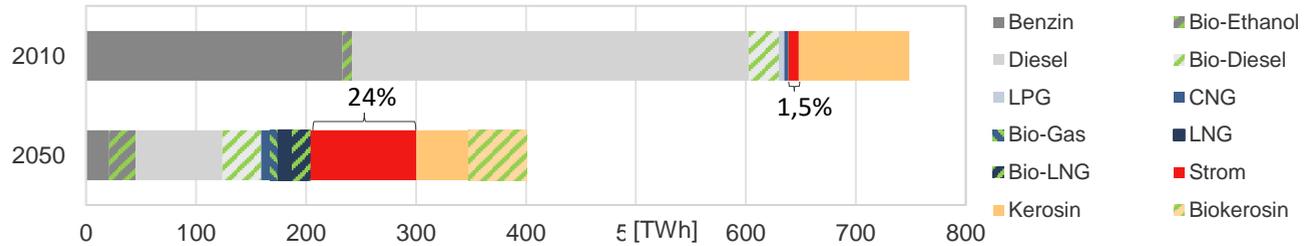
→ Damit effiziente Ausnutzung der EE-Potenziale möglich

Flexibilität und Sektorkopplung

Endenergieverbrauch 2050:¹ Bedeutung von Sektorkopplung für Wärme und Verkehr

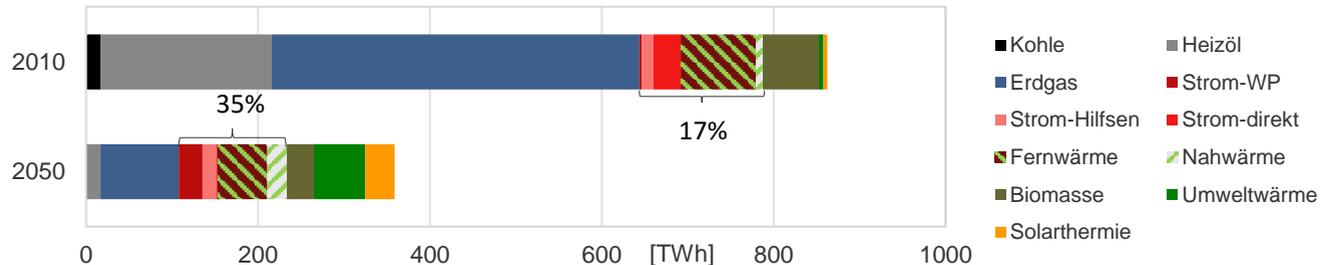
80% CO₂-Reduktion

Verkehr



- Starker Anstieg der Stromnutzung
- Aber v. a. auch Energieeffizienzsteigerung und Rückgang Verkehrsleistung → ansonsten noch mehr Stromnutzung

Wärme



- hoher Anstieg von Wärmepumpen
- v. a. aber erhebliche P2H-Anteile bei Nah- und Fernwärme zusammen mit Wärmespeicherung als Flexibilität

¹ Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi; hier dargestellt: Basisszenario

Flexibilität und Sektorkopplung

Flexibilität bei niedrigem EE-Angebot

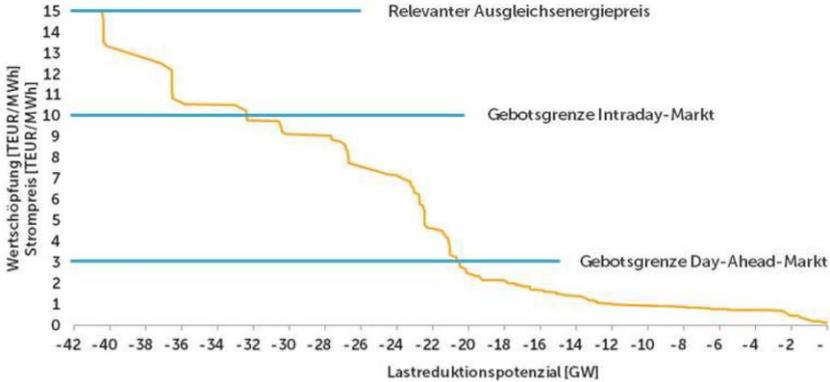
Regionale
Durchmischung →
Netze!

Langfristszenario 2050¹: Bandbreite Einspeisung installierter EE-
Leistung

Veröffentlichung im Frühjahr 2019

Lastflexibilität
Industrie

DIE WERTSCHÖPFUNG PRO GENUTZTER MEGAWATTSTUNDE WEIST AUF
HOHE POTENZIALE UND STARKE ANREIZE ZUR LASTFLEXIBILISIERUNG HIN



*Opportunitätskosten
des Lastverzichts:
Hinweise auf
Potenziale,
Erschließung aber
von Marktdesign
abhängig*

Quelle: Connect Energy Economics, Leitstudie Strommarkt, Berlin, 2014, S. 58

¹ Quelle: Fraunhofer ISI, Consentec, ifeu: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland; Studie für BMWi; hier dargestellt: Modul 9 Basisszenario* (bisher unveröffentlicht)

Flexibilität und Sektorkopplung

Voraussetzungen für ein flexibles Stromsystem mit hohen Anteilen Sektorkopplung

Technische Lösungen

- Kein Mangel an technischen Lösungen
 - unterschiedlichste Speicher- und Sektorkopplungstechnologien stehen im Grundsatz zur Verfügung → Weiterentwicklung allerdings notwendig
 - aus Systemsicht zunehmender Forschungsbedarf bei Netzen „ohne rotierende Masse“

Marktdesign

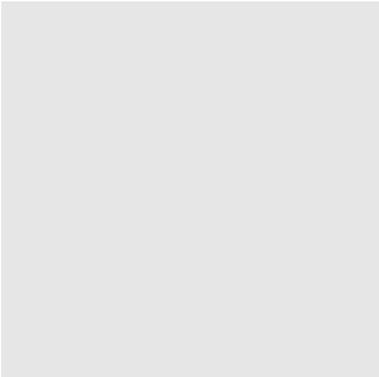
- Auswahl langfristig effizienter Lösungen erfordert aber geeignetes Marktdesign
 - Erschließung Flexibilität benötigt volatile Preise → sehr hohe wie sehr niedrige
 - Umstrukturierung Abgaben und Umlagensystematik notwendig → Trade-Offs beachten

Kritische Rolle Infrastrukturen

- Auch Umsetzung von Sektorkopplung hängt in hohem Maße an Verfügbarkeit von Infrastrukturen, z. B.
 - Ladeinfrastruktur
 - Wärmenetze
 - ggf. H₂-Verteilinfrastruktur
- Langfristige Pfadentscheidungen → nicht zu lange aufschieben, aber Flexibilität erhalten

Zusammenfassung

- Systemische Fragen als entscheidende Herausforderung für die nächste Stufe der Energiewende
- Gute technische Lösungen notwendig, aber nicht hinreichend
- Forschungsergebnisse und Studien können Lösungsraum einengen, aber nicht eindeutig richtige Lösungswege vorzeichnen
- Einbettung in einen geeigneten ökonomischen und regulatorischen Rahmen entscheidend
 - Lösungskompetenz und Innovationsfähigkeit von Märkten nutzen
 - Staatliche Rahmensetzung im Bereich der Infrastrukturen jedoch notwendig



consentec

Consentec GmbH
Grüner Weg 1
52070 Aachen
Deutschland

Tel. +49 241 93836-0
Fax +49 241 93836-15
info@consentec.de
www.consentec.de