

# Zukunft Stromsystem II

## Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung

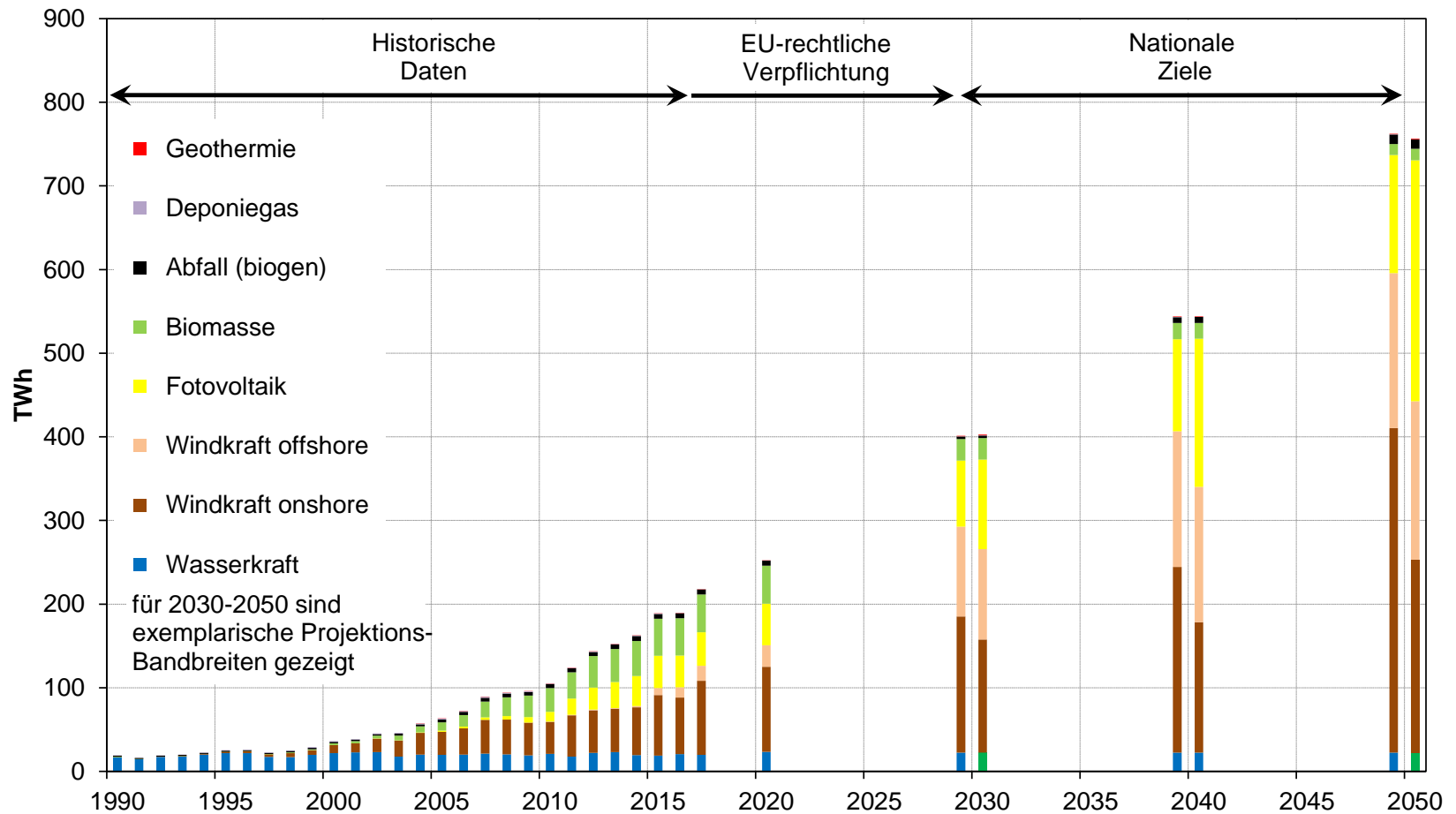
Workshop der Umweltstiftung WWF Deutschland  
auf den Berliner Energietagen

» Windenergie im Spannungsfeld zwischen  
Flächenbedarf und Naturschutz «

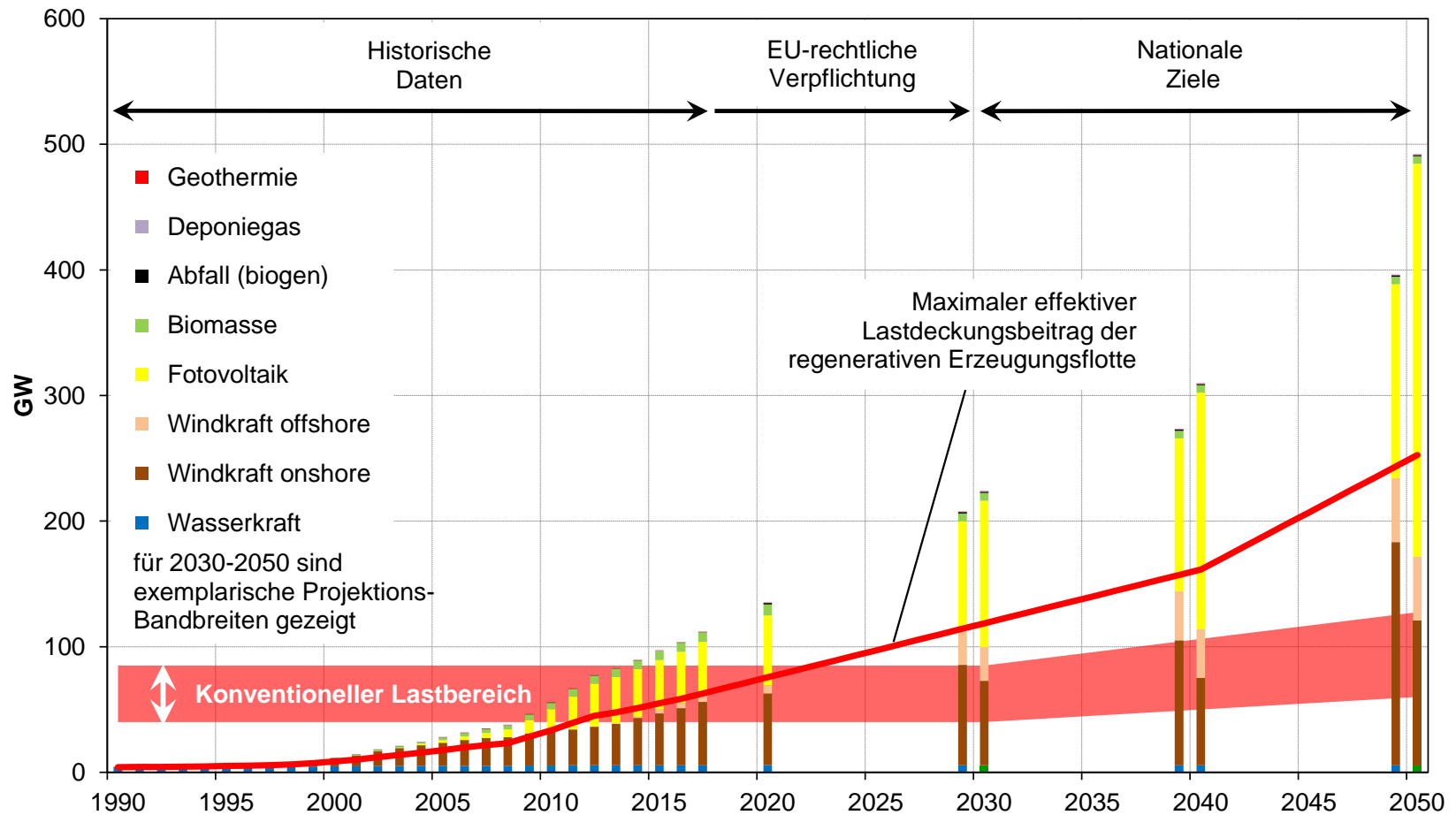
Dr. Felix Chr. Matthes

Berlin, 20. Mai 2019

# Der Hintergrund: Grundlegender struktureller Umbau der Energie- und Stromsysteme (1)



# Der Hintergrund: Grundlegender struktureller Umbau der Energie- und Stromsysteme (2)



# Leitfragen für die Untersuchung

- Die (vollständige) Umstellung des deutschen Stromsystems auf erneuerbare Energien kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen
  - mit Blick auf unterschiedliche Technologiemiixe für die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien
  - mit Blick auf unterschiedliche Regionalisierungsmuster für die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien
  - mit Blick auf unterschiedliche Einsatzstrategien für die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien (z.B. bzgl. der Eigenverbrauchsoptimierung)
- Zum heutigen Entwicklungs- und Technologiestand der erneuerbaren Energien muss ein breiterer Satz von Bewertungskriterien reflektiert werden
  - technische Machbarkeit sowie technisches und marktliches Zusammenspiel der unterschiedlichen Systemelemente als klassische Herausforderung
  - (System-) Kosten als üblicher Bewertungsmaßstab
  - Flächeninanspruchnahme und -verfügbarkeit als neue Herausforderung
  - Infrastrukturbedarf als zunehmend wichtige Herausforderung

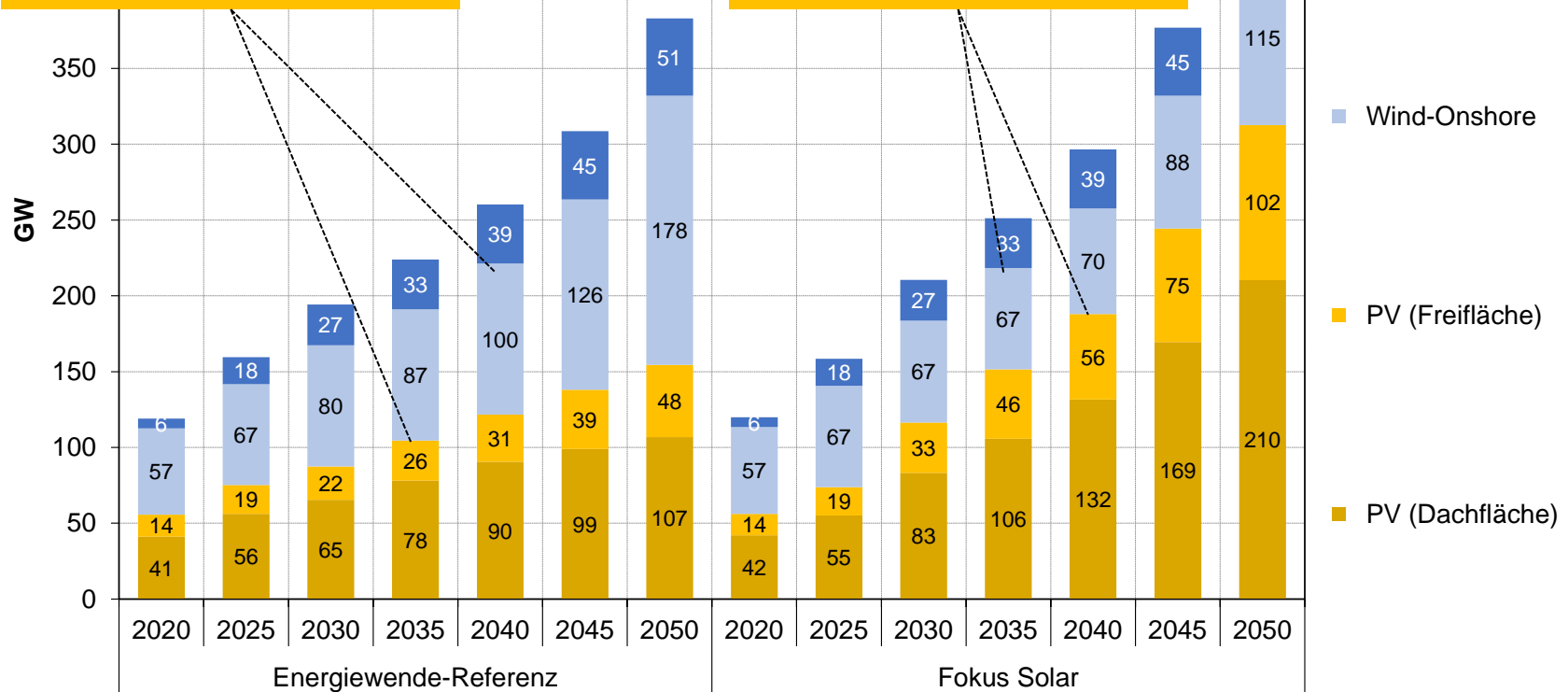
# Methodischer Ansatz

- Entwicklung des konventionellen Kraftwerksparks und der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen entsprechend dem Transformations-szenario der Studie „Zukunft Stromsystem – Kohleausstieg 2035“
- Umfangreiche Datenanalysen (Flächen, Verbrauch etc.) auf Ebene der 402 Landkreise in Deutschland
- Energiemarkt- und Netzberechnungen mit dem europaweiten Modell PowerFlex-Grid EU des Öko-Instituts
- Zusatzanalysen zur Entwicklung der Gesamtkosten des Stromsystems (Erzeugungsanlagen, Speicher, Netze)
- Zentrale Ergebnisse
  - regionalisierte Stromerzeugung
  - jährliche und kumulierte CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - regionalisierter Flächenbedarf
  - relationsspezifischer Infrastrukturbedarf (Übertragungsnetze)
  - Systemkosten

# Umfassender Vergleich zweier Szenarien: Energiewende Referenz und Fokus Solar (1)

**Energiewende Referenz**  
weitgehend gleichlaufender Ausbau von Onshore-Wind und Solar-PV

**Fokus Solar**  
stärkerer PV-Ausbau mit starken Eigenverbrauchs-Anteilen, schwächerer Ausbau von Onshore-Wind



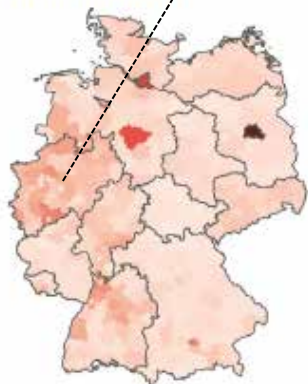
# Umfassender Vergleich zweier Szenarien: Energiewende Referenz und Fokus Solar (2)

Energiewende-Referenz 2050



**Gebäude-  
integrierte PV**  
Muster des  
verstärkten  
Ausbaus folgt  
Bevölkerungs-  
dichte und  
Siedlungs-  
strukturen

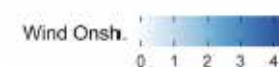
Fokus Solar 2050



**Freiflächen-  
PV**  
Muster des  
verstärkten  
Ausbaus folgt  
dem Solar-  
angebot und  
geringerer  
Bevölkerungs-  
dichte



**Onshore-  
Windkraft**  
Muster des  
schwächeren  
Ausbaus folgt  
entlastet die  
norddeutschen  
Regionen mit  
gutem  
Windangebot

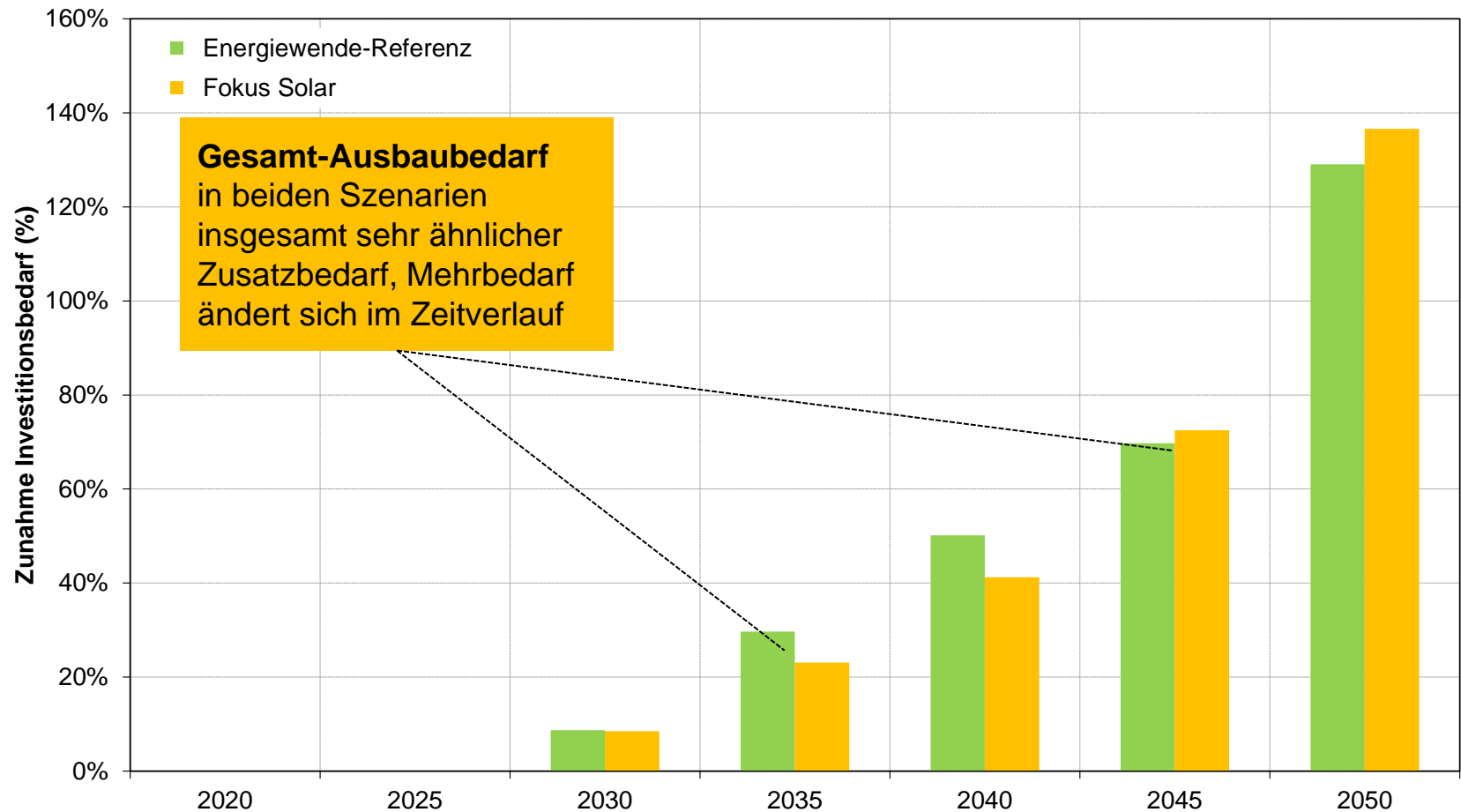


# Flächenbedarf als kritische Größe

- Im Szenariojahr 2035
  - Energiewende-Referenz: 1,2% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,1% für PV-Freiflächenanlagen
  - Fokus Solar: 1,0% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,2% für PV-Freiflächenanlagen
- Im Szenariojahr 2050
  - Energiewende-Referenz: 2,3% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,2% für PV-Freiflächenanlagen
  - Fokus Solar: 1,5% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,5% für PV-Freiflächenanlagen
- Flächenrestriktionen (restriktivste Perspektive)
  - 1,7% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen weitgehend restriktionsfrei, 0,7% mit weichen Restriktionen (Einzelbewertungen nötig)
  - 0,9% der Landesfläche für PV-Freiflächenanlagen
  - maximal verfügbare Fläche für Aufdachanlagen: ca. 200 GW



# (Insgesamt) vergleichbarer Ausbau der Übertragungsnetze notwendig



# Notwendiger Ausbau der Übertragungsnetze ändert sich ab 2035/40 strukturell

## Energiewende-Referenz

Leitungsauslastung (Max)



Leitungsauslastung

- pot. Ausbau/Verstärkung
- Ausbau/Verstärkung
- 75% - 100%
- 100% - 125%
- 125% - 150%
- 150% - 175%
- 175% - 200%
- 200% - 225%
- > 225%
- entfernt (n-1)

**Konkreter Netzbedarf**  
ändert sich hinsichtlich der  
strukturellen Schwerpunkte  
ab 2035/40: es entstehen  
klare Pfadabhängigkeiten

## Fokus Solar

Leitungsauslastung (Max)



Leitungsauslastung

- pot. Ausbau/Verstärkung
- Ausbau/Verstärkung
- 75% - 100%
- 100% - 125%
- 125% - 150%
- 150% - 175%
- 175% - 200%
- 200% - 225%
- > 225%
- entfernt (n-1)

# Systemkostenunterschiede zwischen den Szenarien bleiben gering

- Kosten der regenerativen Erzeugungsanlagen
  - im Szenario Fokus Solar leicht über denen des Szenarios Energiewende-Referenz (max. 0,63 Mrd. € jährlich)
  - vor allem bedingt durch die (leicht) höheren Kosten der PV-Aufdachanlagen
- Kosten der Speicheranlagen
  - im Szenario Fokus Solar leicht über denen des Szenarios Energiewende-Referenz (max. 0,67 Mrd. € jährlich)
  - vor allem bedingt durch den zusätzlichen Bedarf an Batteriespeichern
- Kosten des Übertragungsnetzes
  - extrem geringe Unterschiede: Kosten im Szenario Fokus Solar teilweise bis zu 0,17 Mrd. € unter denen des Szenarios Energiewende Referenz, teilweise auch bis zu 0,15 Mrd. € darüber
- Gesamte Systemkosten
  - im Szenario Fokus Solar leicht über denen des Szenarios Energiewende-Referenz (max. 1,34 Mrd. € jährlich)

# Zentrale Erkenntnisse aus den Szenarienanalysen

- (Sehr) unterschiedliche Ausprägungen des Erneuerbaren-Ausbaus sind möglich und darstellbar
  - hinsichtlich des Technologiemies
  - hinsichtlich der regionalen Verteilung
  - hinsichtlich der Betriebsregime (z.B. Eigenverbrauchsoptimierung)
- Im Zeitverlauf entwickelt sich die Flächenverfügbarkeit zur zentralen Restriktion, vor allem für den Ausbau der Onshore-Windenergie (1,7 bis 2,4% der Landesfläche), die Freiflächen-PV (0,9% der Landesfläche) sowie bei den Aufdach PV-Anlagen (ca. 200 GW).
- Es existiert ein (leichtes) Spannungsfeld zwischen Systemkosten und Flächenbedarf, die Flächenrestriktion ist aber die deutlich härtere Restriktion.
- Der Infrastrukturbedarf (im Bereich der Übertragungsnetze) unterscheidet sich zwischen den beiden Szenarien nicht signifikant, ab 2035/40 ergeben sich jedoch unterschiedliche Ausbauswerpunkte. Hier müssen Ende der 2020er Jahre Pfadentscheidungen getroffen werden.

# Zentrale Schlussfolgerungen aus den Szenarienanalysen

- Flächenrestriktionen müssen stärker in den Blick genommen werden.
- Die regionale Verteilung des Ausbaus der regenerativen Stromerzeugung sollte bereits frühzeitig besser gesteuert werden.
- Die kombinierte Nutzung der geeigneten Flächen (im Bereich der Energieerzeugung, aber auch bzgl. Energieerzeugung und den verschiedenen wirtschaftlichen Nutzungen) sollte aktiver adressiert werden.
- Die reale Erschließung der verfügbaren Dachflächenpotenziale ist von hoher Bedeutung (auch mit Blick auf die Rolle der Gebäudeeigentümer).
- Für die robuste Identifikation des notwendigen Infrastrukturausbaus sollten in der Netzentwicklungsplanung breitere Bandbreiten für den Ausbau erneuerbarer Energien berücksichtigt werden (auch für den in dieser Studie nicht variierten Ausbau der Offshore-Windstromerzeugung), für den Zeitraum nach 2030 werden hier Pfadentscheidungen notwendig.
- Die Datengrundlagen für die Regionalisierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien bedürfen angesichts des hohen Planungs- und Modellierungsbedarfs einer erheblichen qualitativen Verbesserung.

# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

... und hier geht's zum Weiterlesen:

