

WWF Stromsystem II

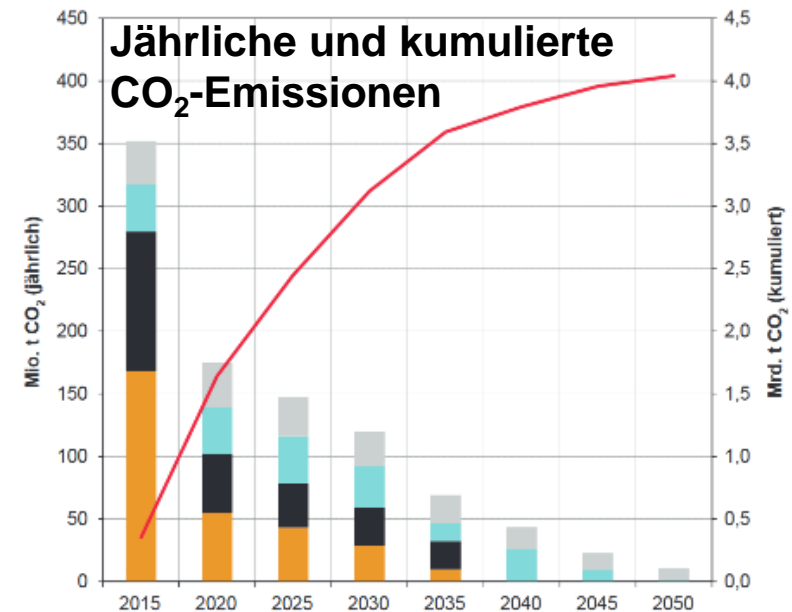
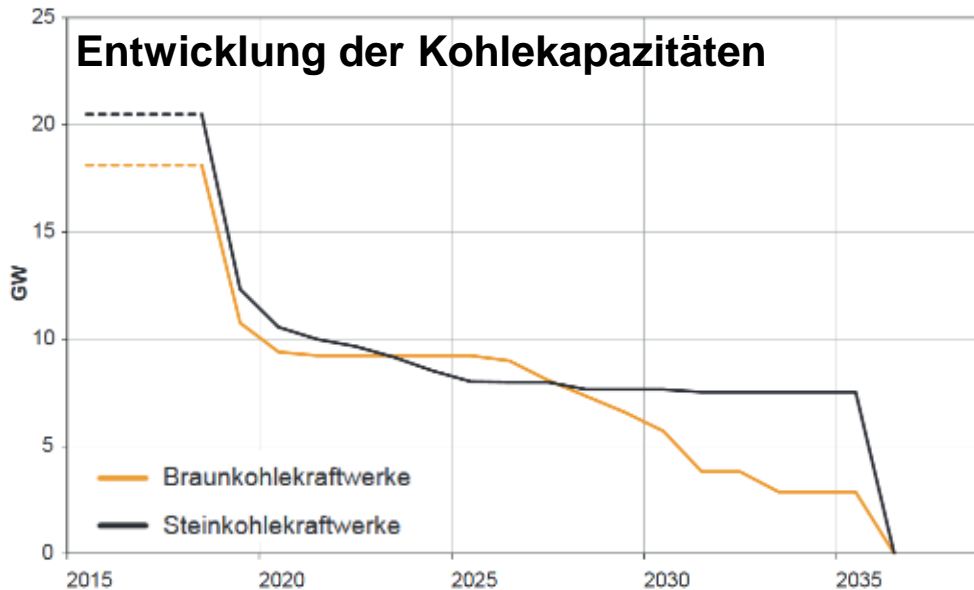
Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung

Beitrag zum Dialogforum 1:
Thüringen regional und dezentral: Unser Strom 2040

Ein Projekt für den WWF Deutschland unter Mitarbeit von
Dr. Felix Chr. Matthes, Franziska Flachsbarth, Charlotte Loreck, Hauke Hermann (Öko-Institut)
Hanno Falkenberg (Prognos AG)

Hintergrund und Ausgangspunkt der Untersuchung

- Transformationsszenario der Studie „Zukunft Stromsystem – Kohleausstieg 2035. Vom Ziel her denken.“
 - Einhaltung eines CO₂-Emissionsbudgets im Stromsektor i.H.v. 4 Mrd. t CO₂
 - konventioneller Kraftwerkspark mit Kohleausstiegspfad
 - Sonstige energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Preise, Ausland,...)



Leitfragen für die Untersuchung

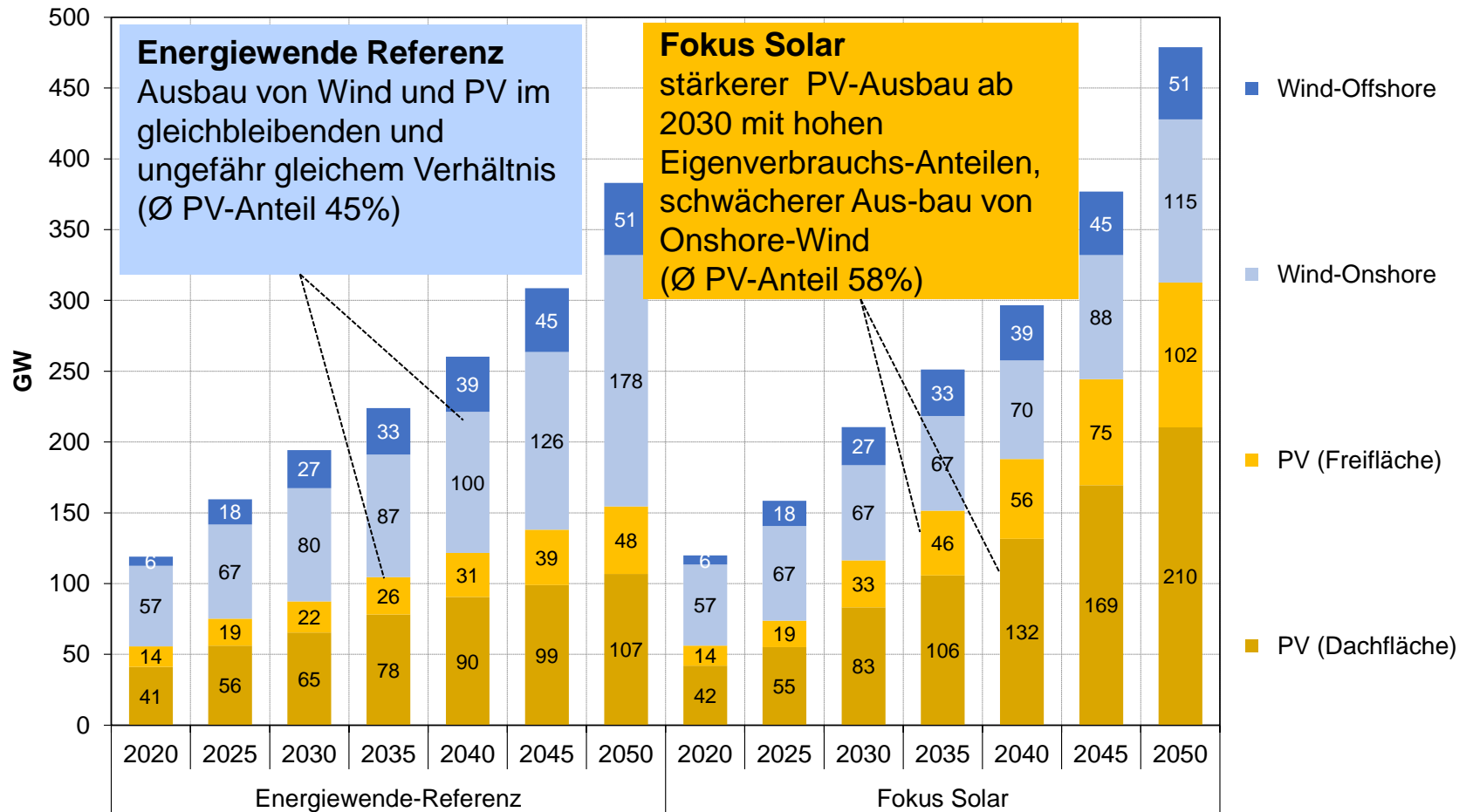
- Welche alternativen Wege gibt es für die Umstellung des deutschen Stromsystems auf erneuerbare Energien?
 - unterschiedliche Technologiemixe
 - unterschiedliche Regionalisierungsmuster
 - unterschiedliche Einsatzstrategien (z.B. Eigenverbrauchsoptimierung)
- Mit welchen Kriterien können die Alternativen bewertet werden?
 - technische Machbarkeit
 - Flächenbeanspruchung
 - Infrastrukturbedarf
 - (System-) Kosten

Methodischer Ansatz

- Datenanalysen (Flächen, Verbrauch etc.) auf Ebene der 402 Landkreise
- Energiemarkt- und Netzberechnungen mit dem europaweiten Strommarktmodell „PowerFlex-Grid EU“ des Öko-Instituts
- Zusatzanalysen zur Ermittlung der Systemgesamtkosten für Erzeugungsanlagen, Speicher, Netze
- Zentrale Ergebnisse
 - regionalisierter Flächenbedarf
 - regionalisierte Stromerzeugung
 - jährliche und kumulierte CO₂-Emissionen
 - Infrastrukturbedarf (Übertragungsnetze)
 - Systemgesamtkosten

Aufspannen der Bandbreite: EE-Ausbau in den Szenarien „Energiewende Referenz“ und „Fokus Solar“

- Stromerzeugung aus Wind und PV liegt in beiden Szenarien: etwa 750 TWh



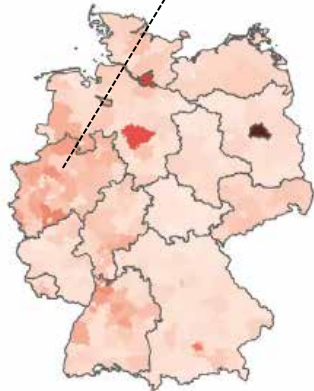
Aufspannen der Bandbreite: EE-Ausbau in den Szenarien „Energiewende Referenz“ und „Fokus Solar“

Energiewende-Referenz 2050



Gebäudeintegrierte PV
Muster des verstärkten Ausbaus folgt Bevölkerungsdichte und Siedlungsstrukturen

Fokus Solar 2050



Freiflächen-PV
Muster des verstärkten Ausbaus folgt dem Solarangebot und geringerer Bevölkerungsdichte

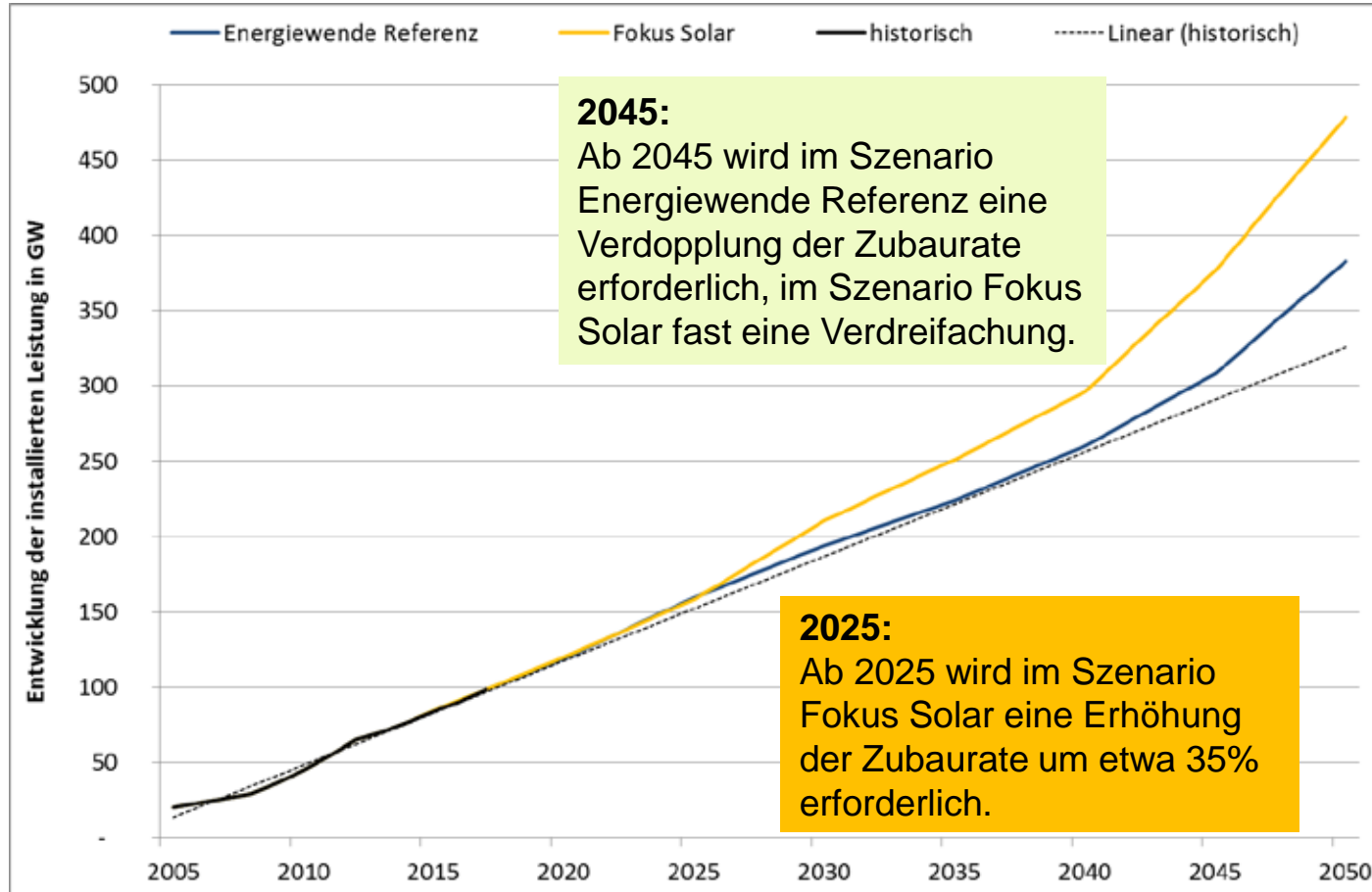


Onshore-Windkraft
Muster des schwächeren Ausbaus entlastet die norddeutschen Regionen mit gutem Windangebot



Bewertungskriterium Technische Machbarkeit: Keine Jokertechnologien, Ambitionsniveau

- Das Ambitionsniveau des Ausbaus bleibt im Szenario „Fokus Solar“ bis 2025 auf dem heutigen Niveau, im Szenario Energiewende Referenz bis 2040



Bewertungskriterium Flächenbeanspruchung: Wind onshore Energiewende Referenz: Weiche Restriktionen

Deutschland:

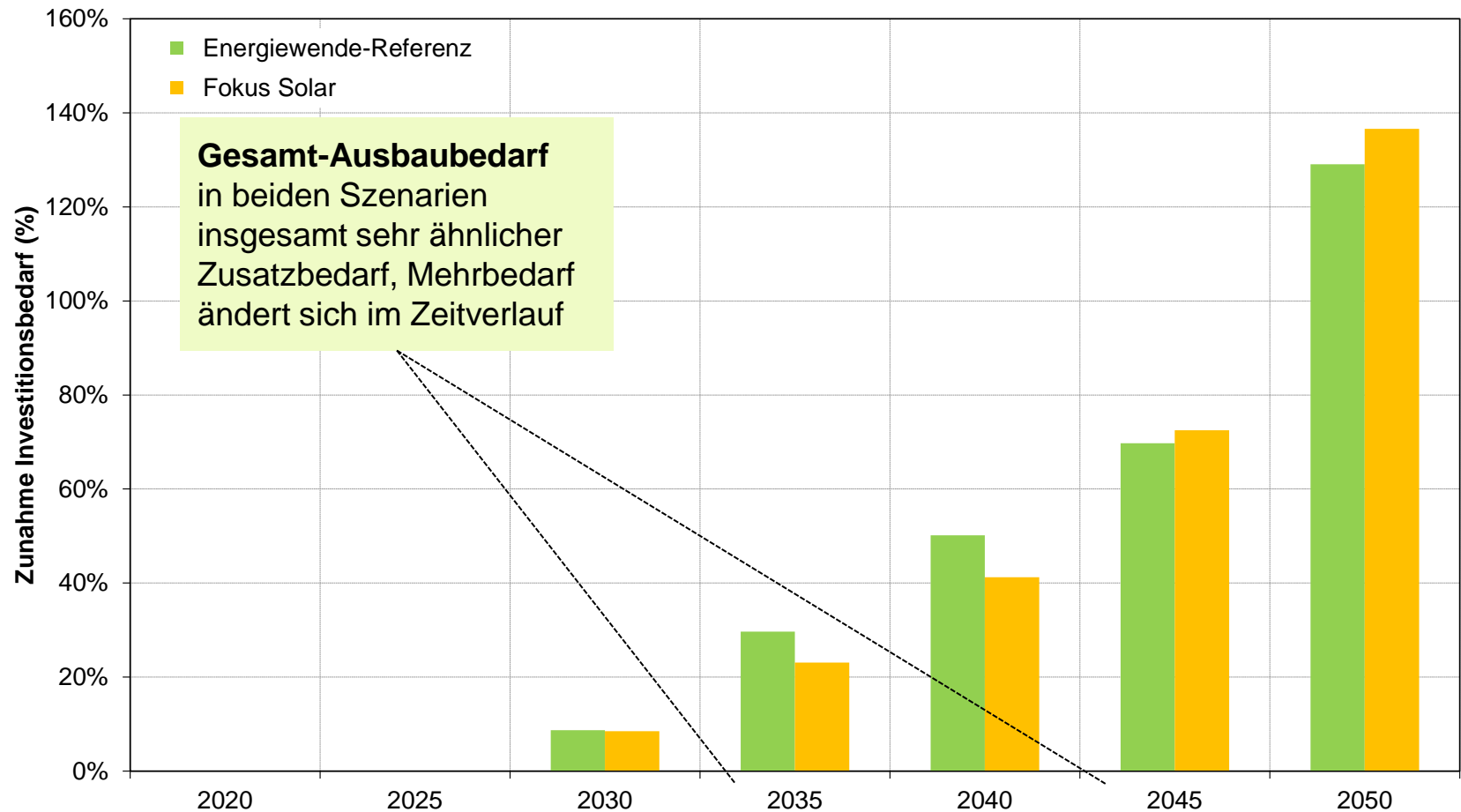
- Heute
 - 0,5% der Landesfläche für Onshore-Windkraft und 0,04% für PV-Freiflächen
- Im Szenariojahr 2050
 - Energiewende-Referenz: **2,3%** der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,2% für PV-Freiflächenanlagen
 - Fokus Solar: 1,5% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen und 0,5% für PV-Freiflächenanlagen
- Flächenrestriktionen
 - **1,7% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen weitgehend restriktionsfrei, 0,7% mit weichen Restriktionen**
 - 0,9% der Landesfläche für PV-Freiflächenanlagen
 - maximal verfügbare Fläche für Aufdachanlagen ist im Szenario „Fokus Solar“ in 2050 mit der Installation von ca. 200 GW vollständig genutzt

Bewertungskriterium Flächenbeanspruchung: Wind onshore Energiewende Referenz: Weiche Restriktionen

Thüringen: leicht unterproportional zum Durchschnitt

- Heute
 - 0,4% der Landesfläche für Onshore-Windkraft und 0,04% für PV-Freiflächen
- Flächenrestriktionen (restriktivste Perspektive)
 - **1,7% der Landesfläche für Onshore-Windkraftanlagen weitgehend restriktions-frei, 0,7% mit weichen Restriktionen**
 - 0,9% der Landesfläche für PV-Freiflächenanlagen
 - maximal verfügbare Fläche für Aufdachanlagen ist im Szenario „Fokus Solar“ in 2050 mit der Installation von ca. 200 GW vollständig genutzt
- Im Szenariojahr 2050
 - Energiewende-Referenz: 1,6% 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

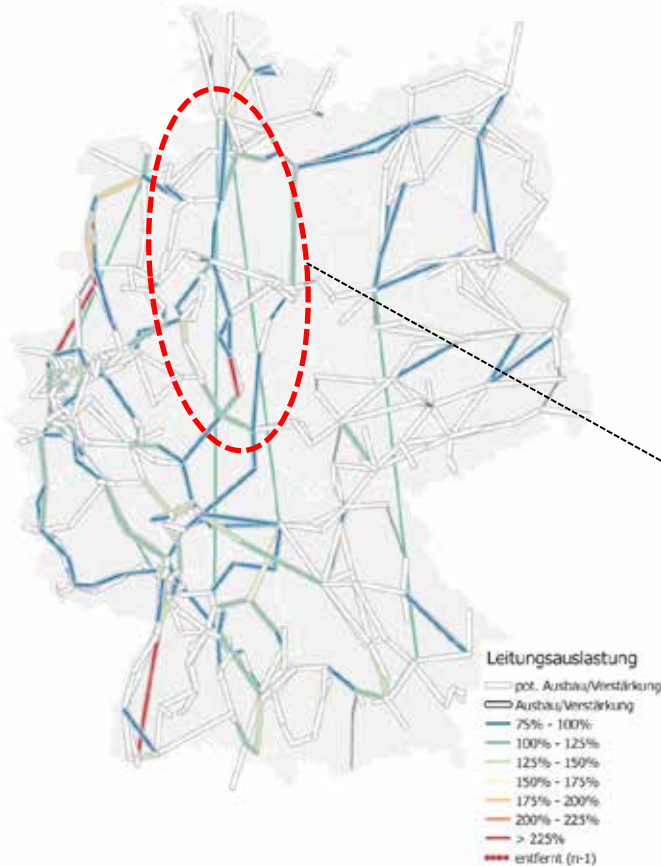
Bewertungskriterium Infrastrukturbedarf: Absoluter Netzausbaubedarf im Szenarienvergleich



Bewertungskriterium Infrastrukturbedarf: Zum EE-Ausbau zeitversetzte Pfadabhängigkeit ab 2035/40

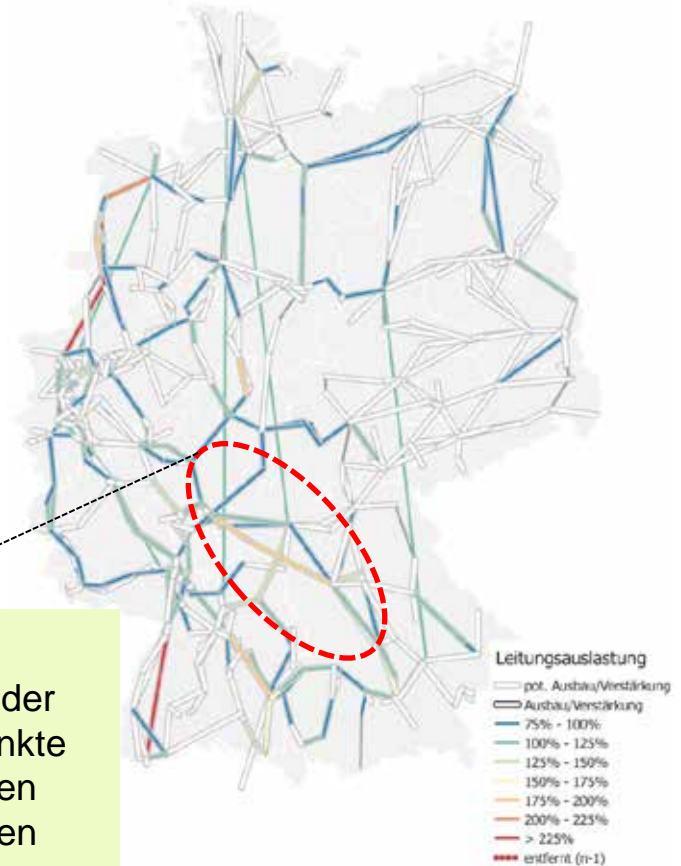
Energiewende-Referenz

Leitungsauslastung (Max)



Fokus Solar

Leitungsauslastung (Max)

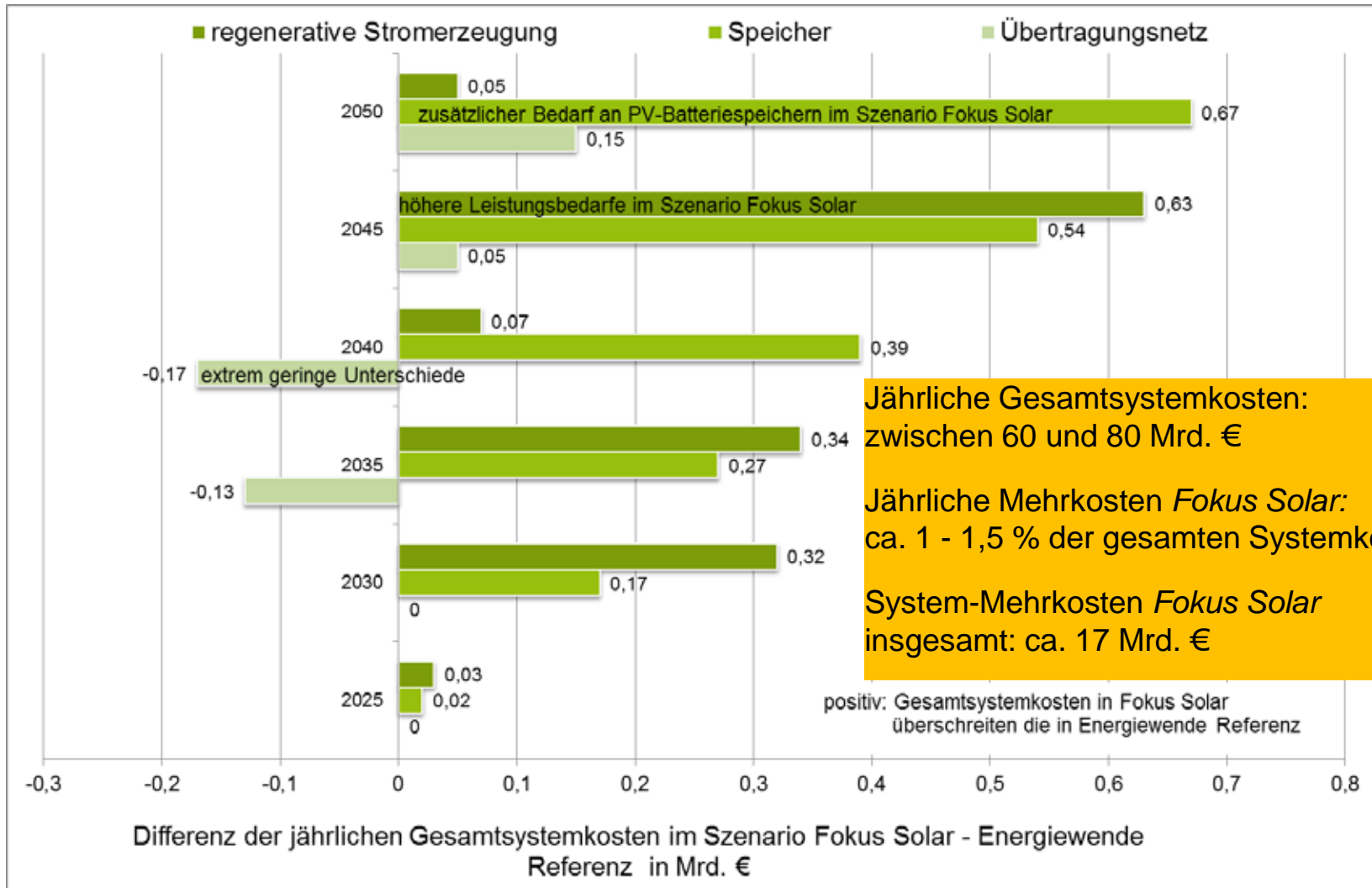


Konkreter Netzbedarf
ändert sich hinsichtlich der
strukturellen Schwerpunkte
ab 2035/40: es entstehen
klare Pfadabhängigkeiten

Bewertungskriterium Systemkosten: Szenario Fokus Solar unwesentlich höher

- Kosten der regenerativen Erzeugungsanlagen
 - im Szenario Fokus Solar leicht über denen des Szenarios Energiewende-Referenz (max. 0,63 Mrd. € jährlich)
 - bedingt durch höheren Leistungsbedarf und (leicht) höhere 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)

Bewertungskriterium Systemkosten: Szenario Fokus Solar unwesentlich höher



Zentrale Erkenntnisse aus den Szenarienanalysen

- Flächenverfügbarkeit wird zentrale Restriktion (Wind-onshore, Aufdach-PV):
 - (nur leichtes) Spannungsfeld zwischen Systemkosten und Flächenbedarf
 - Flächennutzung ist ein gesellschaftlicher Aushandlungsprozess
 - Erschließung der verfügbaren Dachflächenpotenziale von hoher Bedeutung (Rolle der Gebäudeeigentümer)
 - Kombinierte Flächennutzung sollte politisch aktiver adressiert werden
 - Unterstützend für Zielerreichung ist eine frühzeitige Steuerung der regionalen Verteilung des EE-Ausbaus
- Pfadabhängigkeit des Netzausbaubedarfs vom EE-Ausbaupfad
 - Robuste Netzplanung erfordert größere Bandbreite bei der EE-Regionalisierung
 - Aber: Zeitversatz von 5-10 Jahren ermöglicht Synchronität der Entscheidung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen?

Franziska Flachsbarth

f.flachsbarth@oeko.de

Tel.: +49-761-452 95-289

