

ETG-Kongress, 25.05.2023

POTENZIALE UND AKZEPTANZ FÜR REGIONALEN EE- AUSBAU UND FLEXIBILITÄTEN IN ARIADNE- KLIMASCHUTZSZENARIEN. HERAUSFORDERUNGEN FÜR DAS ÜBERTRAGUNGSNETZ

Norman Gerhardt, Fraunhofer IEE Kassel

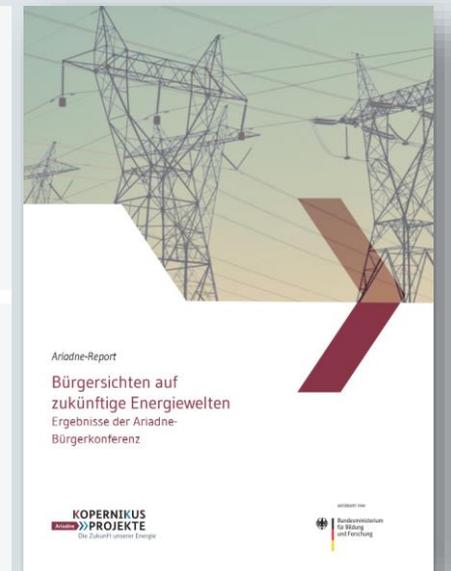
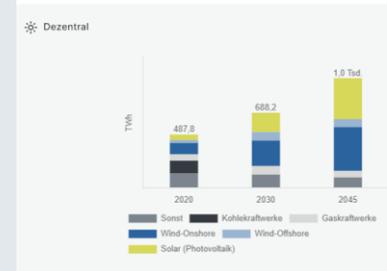
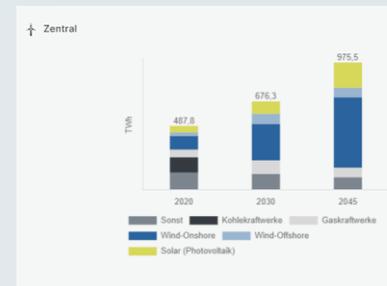


GEFÖRDERT VOM

ARIADNE STROMWENDE: WIE SIND WIR ZU EINEM BÜRGERSCENARIO GEKOMMEN?



<https://www.youtube.com/watch?v=dj4IAq1Eprc>



PARAMETRISIERUNG DES BÜRGERSZENARIO FÜR DIE SIMULATION DES ZUKÜNFTIGEN STROMMARKTES UND NETZES

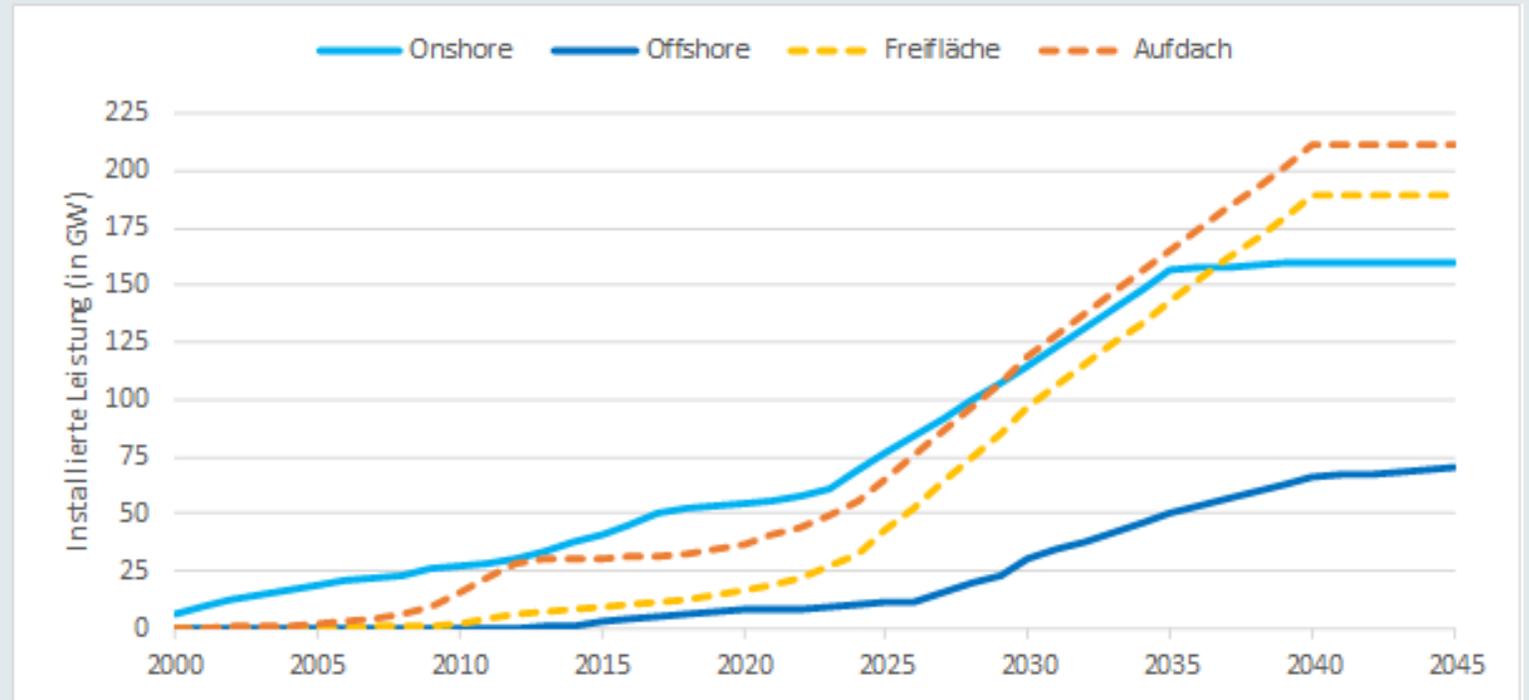
› Schneller Ausbau von Wind und PV
passt zu politischen **EEG-Zielen** ✓

› EE-Ausbau so gesteuert, dass **weniger Netzausbau** resultiert
und **hohe Einbindung dezentraler flexibler Verbraucher**
(z.B. E-Auto auch mit Rückspeisung) ✓

Aber technologisch konservativ – keine:

› PV-Überdachung von
Autobahnen, Parkplätzen ✗

› Kleine Windräder (Gewerbe/Industrie) ✗

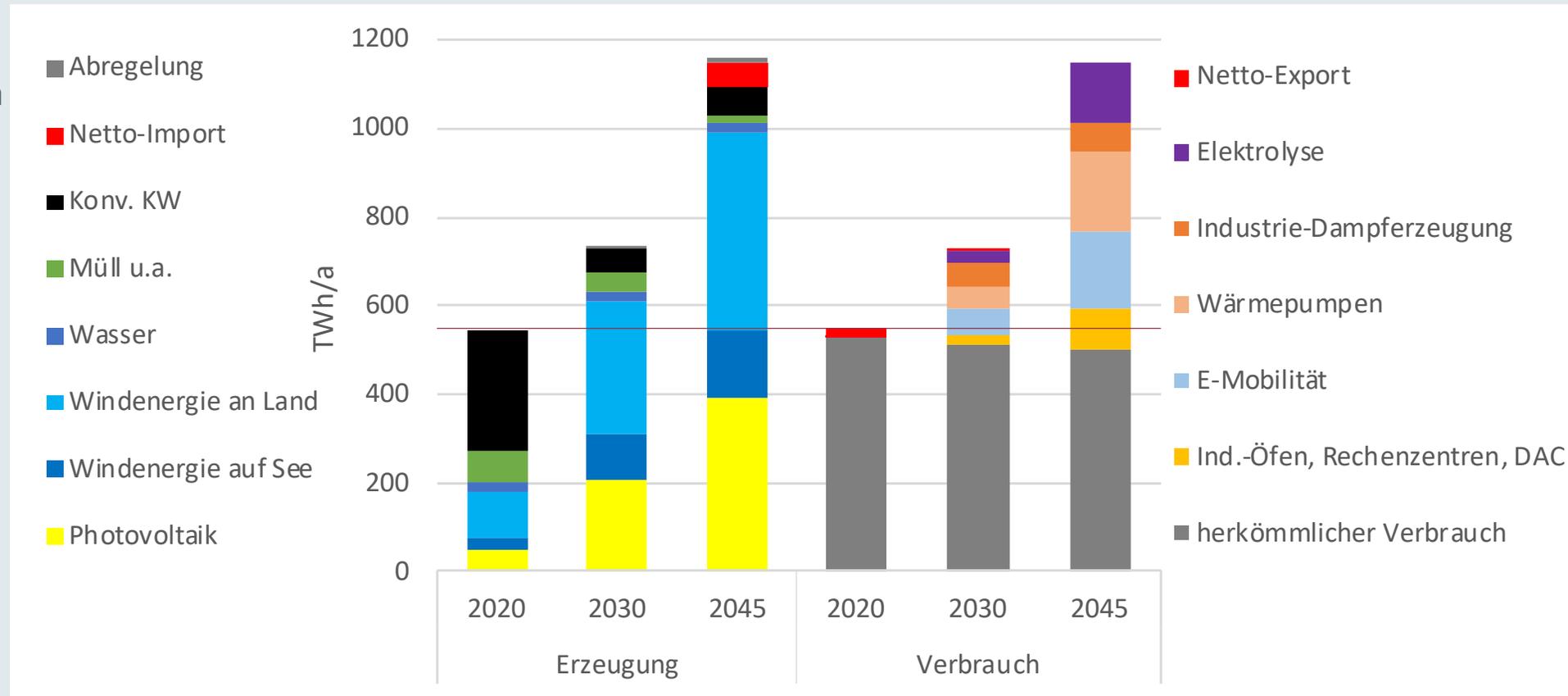


GEFÖRDERT VOM

ENTWICKLUNG DER STROMNACHFRAGE

Zusätzlich Strombedarf/-erzeugung Offshore-Elektrolyse;
und Importe von E-Fuels (Kerosin, chemische Industrie, ...)

- › Verbrauch verdoppelt sich bis 2045
- › Das Stromsystem steht vor gewaltigen Umbrüchen
- › Steigerung des EE-Ausbaus vor allem auch für neuen Verbrauch (Mobilität, Gebäudeheizung, Industrie)



GEFÖRDERT VOM

Historische Strombilanz 2020 sowie Marktergebnis 2030 und 2045 – Deutschland eingebunden in Europa

WIND ONSHORE → ÄNDERUNG DES LANDSCHAFTSBILDES

- › Neues Bundesgesetz: 1,8 – 2,2 % Flächenausweisung in jedem Bundesland (je nach Potenzial)
- › Ziel 160 GW
- › Anlagenanzahl/Höhe → mehr Fläche, wenig Anlagen

	Ende 2022	2030 (115 GW installierte Leistung):	2045 (160 GW installierte Leistung):
Summe Anlagen in Deutschland	ca. 28.400 WEA	ca. 28.000 WEA	ca. 26.000 WEA
durchschnittliche Leistung	2,0 MW je WEA	4,1 MW je WEA	6,1 MW je WEA
durchschnittlicher Rotordurchmesser	82 m	131 m	170 m

Aber: Die Abstände zwischen den Anlagen steigen und damit auch der Flächenbedarf!

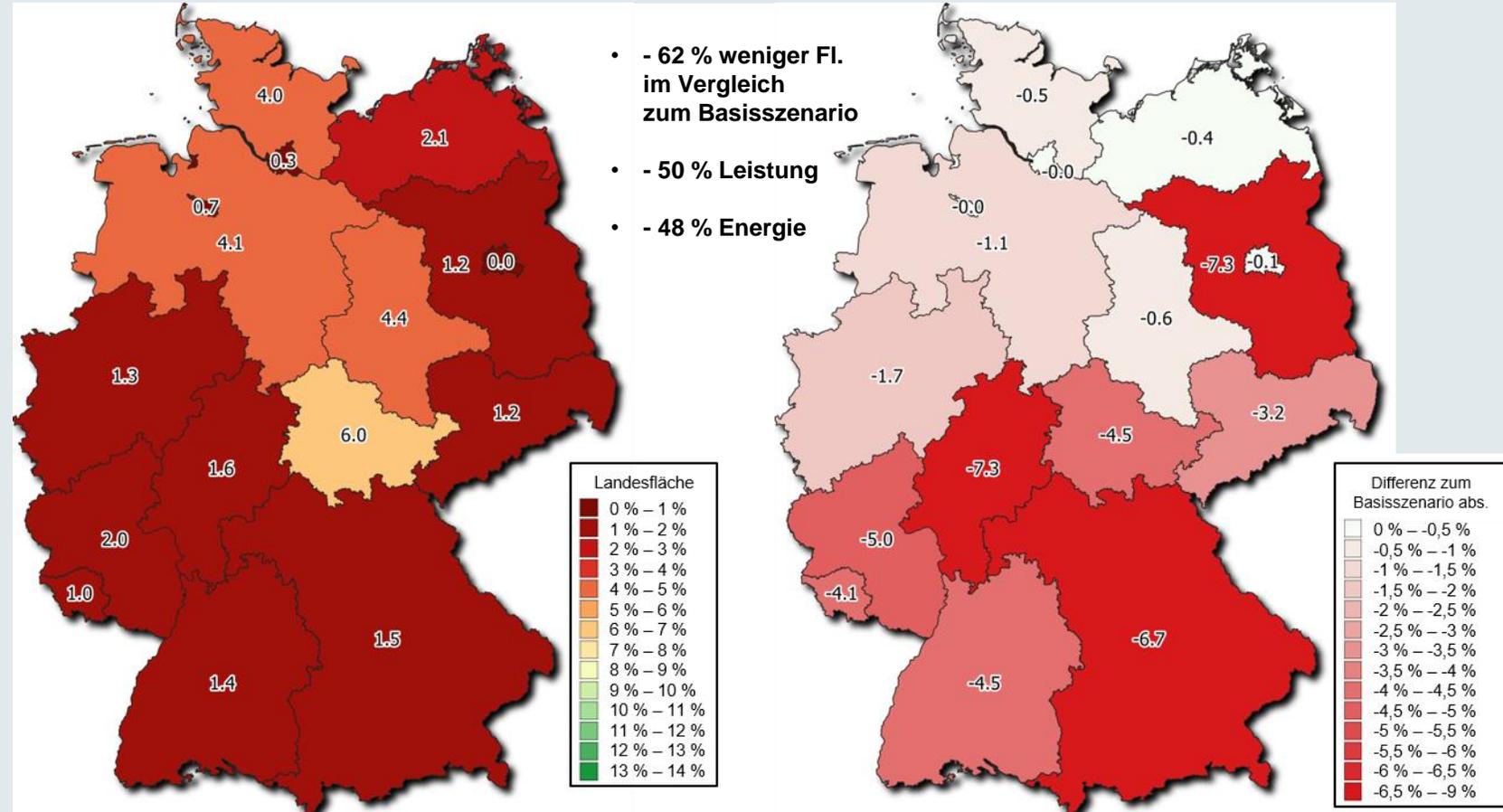


WINDENERGIE IM WALD IST NOTWENDIG

Flächenpotenzial bei Waldausschluss

Differenz zum Basisszenario

- › Ohne eine Windenergienutzung im Wald reichen die Potenziale insbesondere im Süde kaum aus
- › Viele „Kalamitätsflächen“ – zerstörte Waldgebiete durch Windwurf (Sturm), Borkenkäfer und Trockenheit
 - › Folgen des Klimawandels
 - › Meist Fichten-Monokultur
 - › Häufig Kuppenlagen – daher gut für die Windenergienutzung

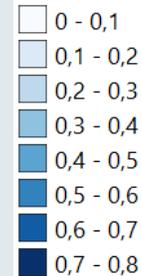


Inkl. Wald in Nordrhein-Westfalen oder Baden-Württemberg nur um einen Faktor ~1,5 höheres Potenzial gegenüber Zielwert, aber Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt deutlich größere Freiheitsgrade.

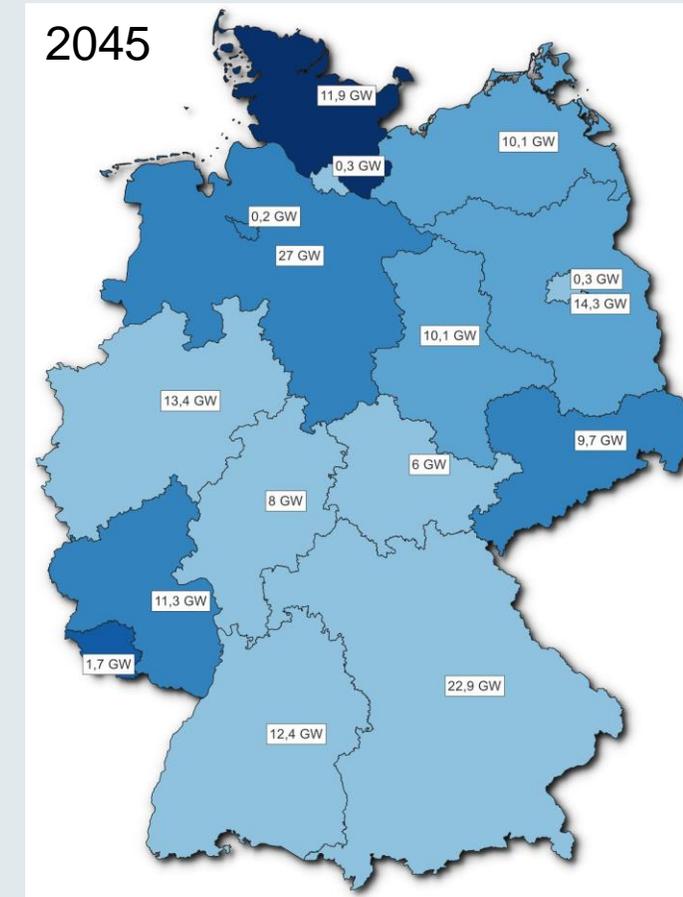
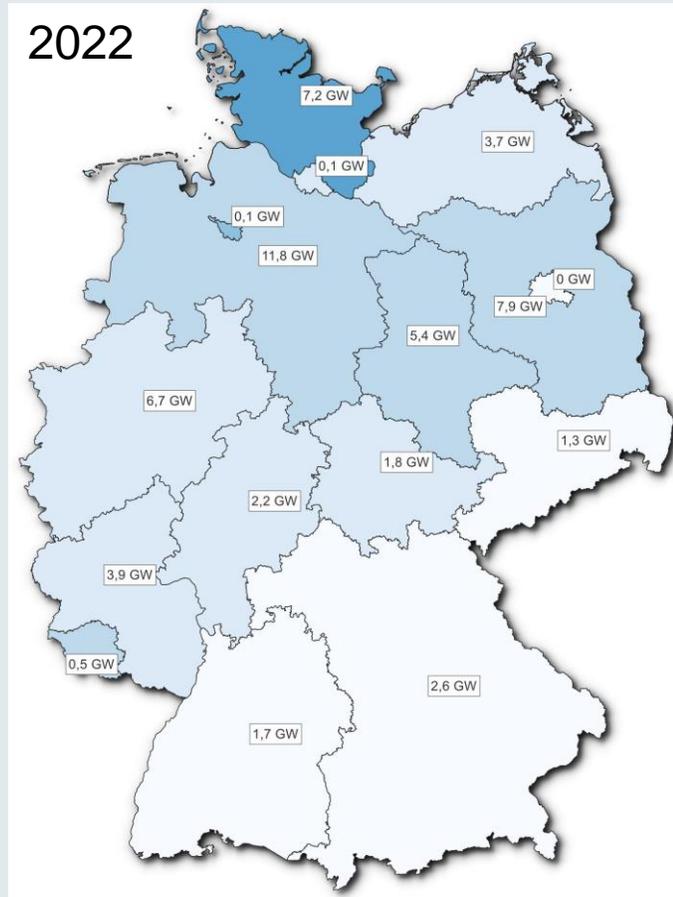
WIND ONSHORE WIRD ZUNEHMEND GLEICHVERTEILT AUF BUNDESLÄNDER

- › Diese 2% der Landesfläche müssen zwar ausgewiesen werden, davon nicht nutzbare Anteil liegt bei ca. 30 %.
→ ca. 200 GW um einen ausreichendes Marktvolumen für das Ziel 160 GW zu gewährleisten.
- › Aber die Gesamtflächenpotenziale können auch in der Regionalplanung innerhalb eines Bundeslandes genutzt werden.
→ Freiheitsgrade für netzentlastende Standorte oder Standorte mit höherer Akzeptanz

Leistungsdichte (MW/km²)



GEFÖRDERT VOM

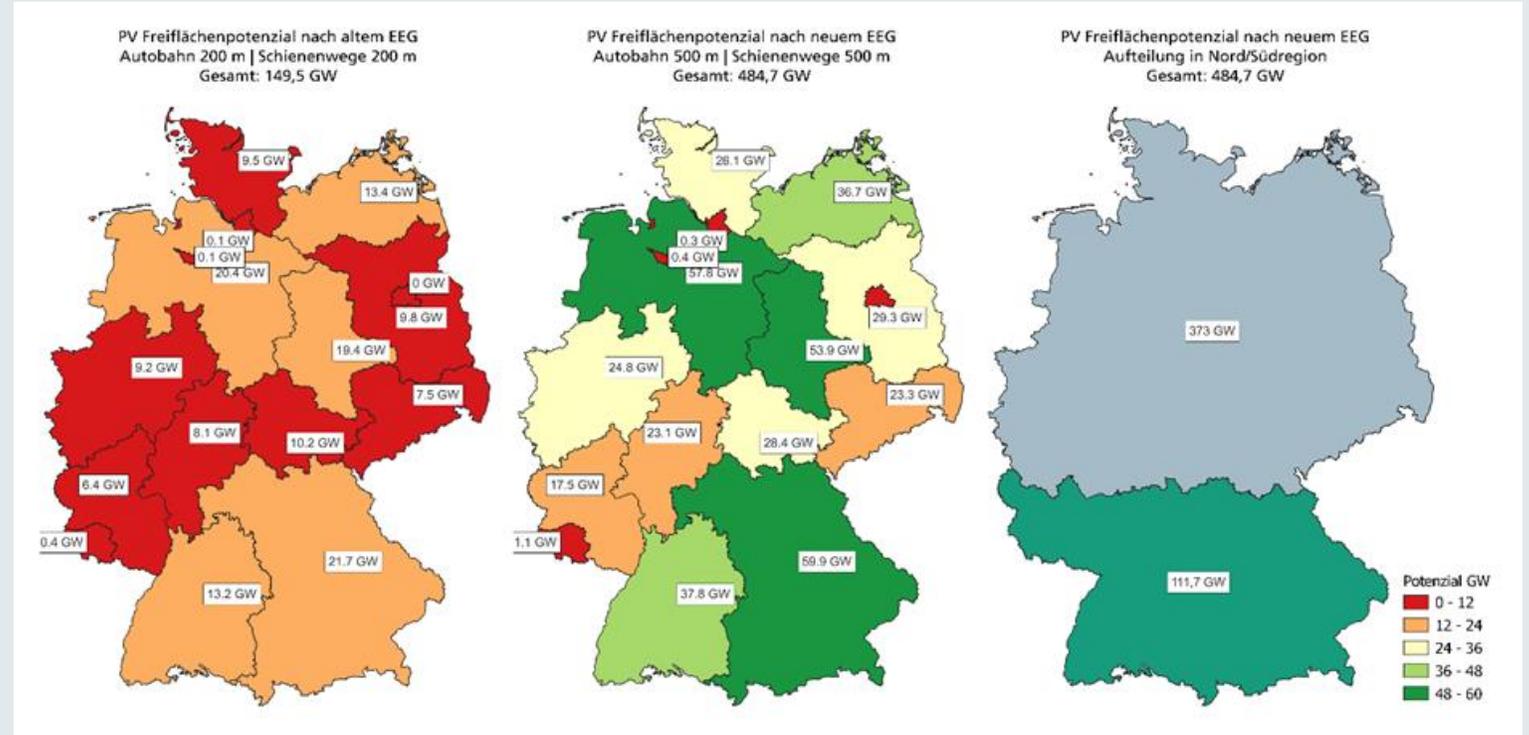


Elektrische Leistungsdichte ist regional unterschiedlich

PV-FREIFLÄCHEN

→ GROBE FLÄCHENPOTENZIALE UM ZIEL VON CA. 200 GW ZU ERREICHEN

- › Bislang hoher Fokus auf PPA-Anlagen in Ostdeutschland
- › Randflächen (Autobahnen/Schienen) wurden im EEG von 200 m auf 500 m erweitert → sehr hohes Potenzial mit hoher Akzeptanz
- › Hohe Stromnachfrage in Süddeutschland → Fokussierung der PV-Erzeugung als netzentlastende Maßnahme

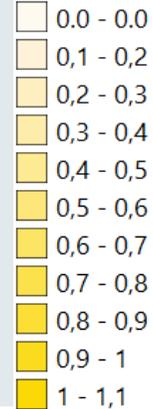


GW	Altes EEG	Neues EEG	500m Schiene	500 m Autobahn
Gesamt	149,5	484,7	310,2	193,9
Nur Südregion	39,8	117	71	46,7

PV-FREIFLÄCHEN FOKUS AUF SÜDDEUTSCHLAND

- › Im Süden Fokus auf Autobahn/Schienen ggf. auch sonstige Ackerflächen (benachteiligte Gebiete)
- › Im Norden reichen die Flächen entlang von Autobahnen (passend zur lokalen Stromnachfrage E-Mobilität)

Leistungsdichte (MW/km²)



GEFÖRDERT VOM



PV-DACHANLAGEN → VIELFÄLTIGE UMSETZUNGSHEMMNISSE UM 200 GW ZU ERREICHEN

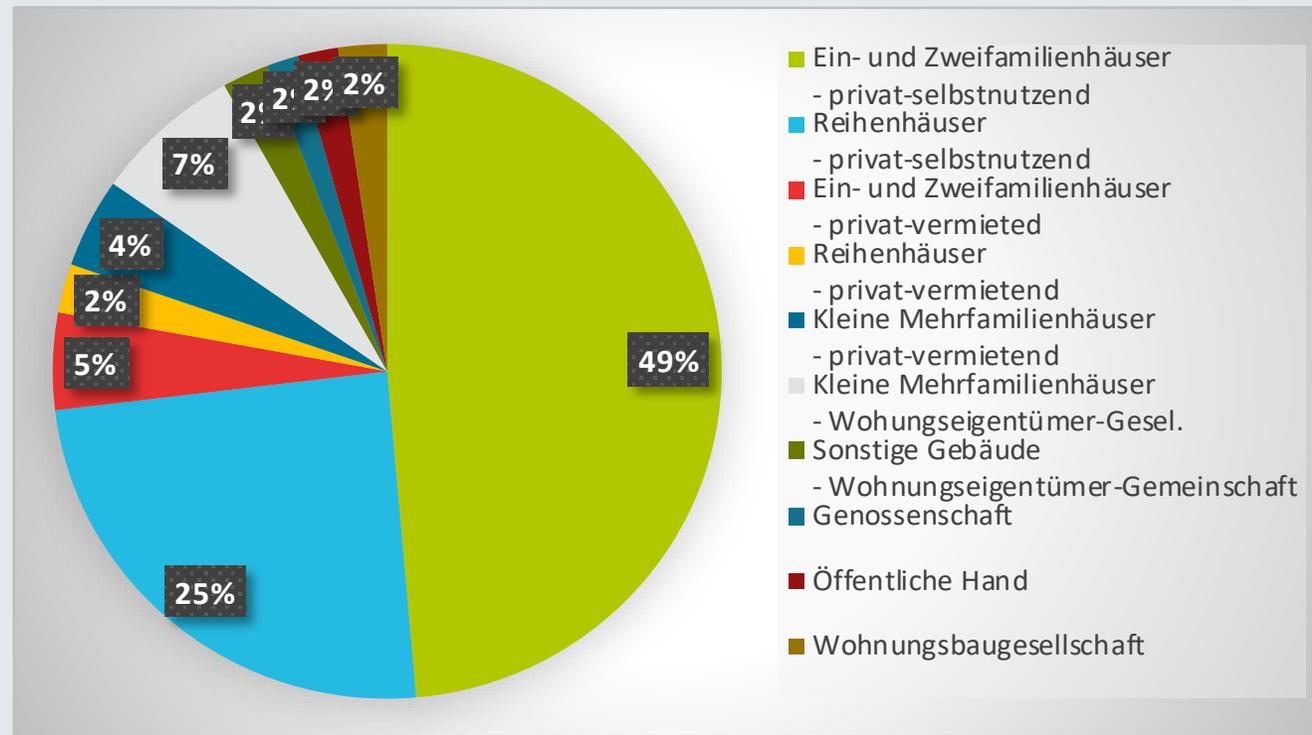
› Dachausrichtung, Besitzverhältnisse, Energieverbrauch im Haus, Sanierungswahrscheinlichkeit, Traglast

› Gut bis sehr gut nutzbaren Potenzialflächen → eine installierbare Leistung von nur ca. 143 GW

› Die weniger gut nutzbaren Flächen auf Gebäude mit Energieverbrauch im Haus schaffen ein zusätzliches Leistungspotenzial von ca. 149 GW.

Auf den nicht GEG relevanten Gebäuden könnte zusätzlich eine Leistung von 17 - 22 GW installiert werden.

› Dies macht deutlich, dass es weiterer Maßnahmen bedarf um das politische Ziel erreichen zu können.



Anzahl Gebäudetypen je Eigentümer

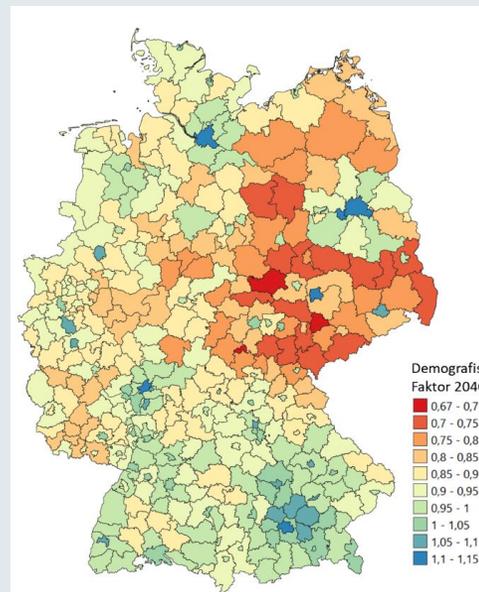
Gebäudefunktionen	Sanierungswahrscheinlichkeit		Gesamt	Ertragspotenzial (Ausrichtung + Neigung)			
	Niedrig Schrägdach	Hoch Flachdach		Sehr gut	Gut	Mittel	Rest
Wohnen (GEG, anteilig privat-selbstnutzend)	450	52	502	94	47	43	318
Industrie/Gewerbe (GEG)	267	144 (Taglasten)	412	29	50	27	306
Öffentlich (GEG)	33	18	51	4	5	3	39
Rest (nicht GEG => kein Verbrauch)	55	13	68	9	8	5	46
SUMME	805	227	1033	136	110	78	709

GEFÖRDERT VOM

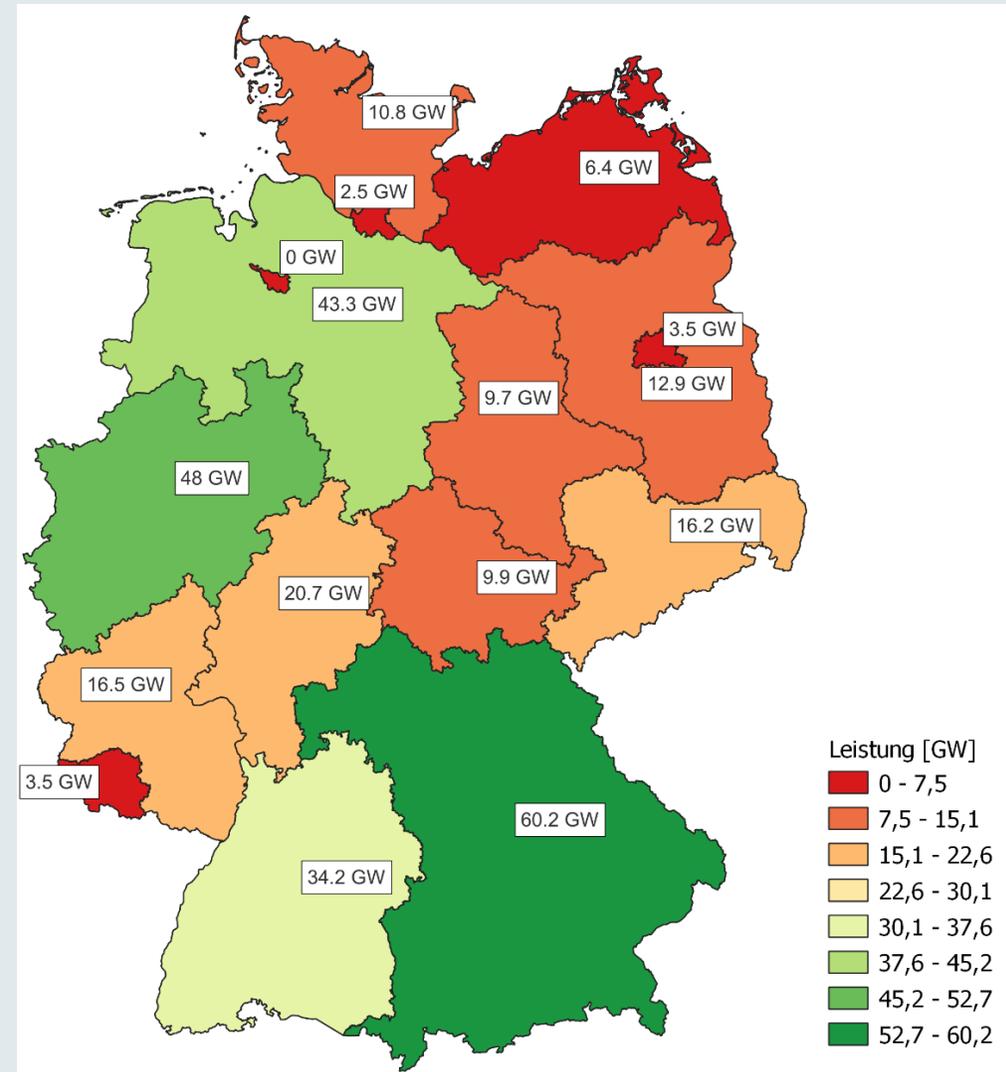
PV-DACHANLAGEN → VIELFÄLTIGE UMSETZUNGSHEMMNISSE UM 200 GW ZU ERREICHEN

› Dies macht deutlich, dass es weiterer Maßnahmenbedarf bedarf, um das politische Ziel erreichen zu können.

› Weitere Einschränkungen durch Demografischen Wandel



GEFÖRDERT VOM *Bevölkerungsentwicklung bis 2040*

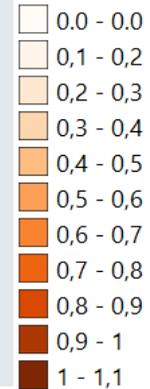


PV-Dachpotenzial mit weiteren Maßnahmen

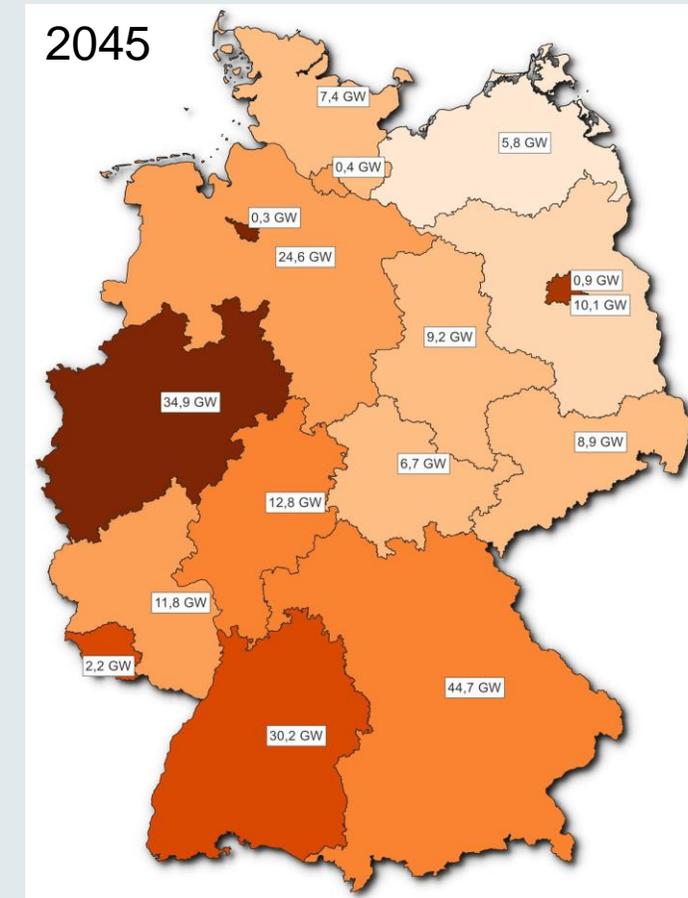
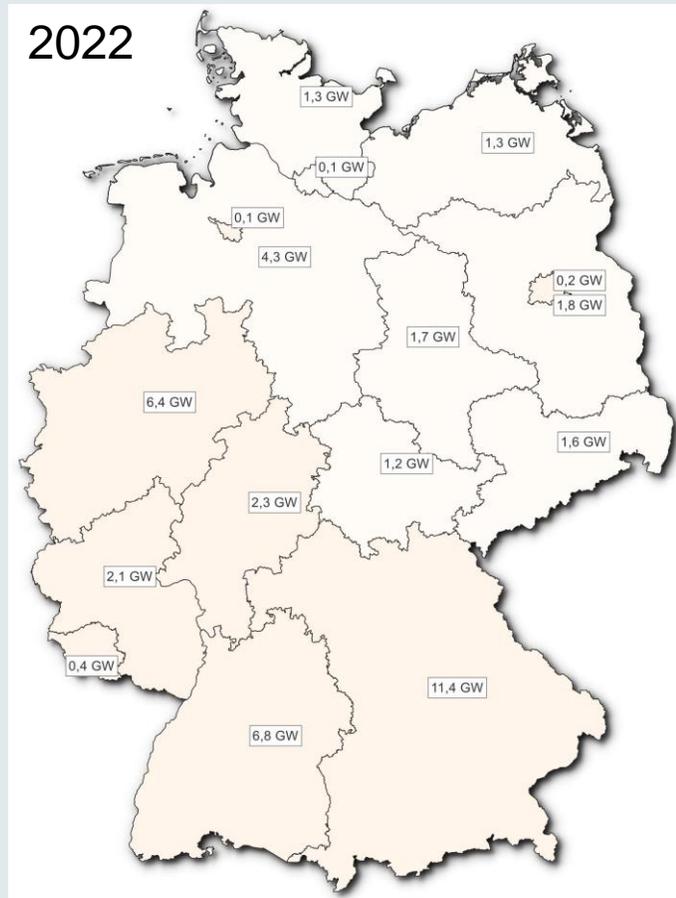
PV-DACHANLAGEN ZUNEHMEND AUCH IN STÄDTEN

- › Fokus auf Häuser, die Energie verbrauchen (Strom, Heizen) mit Eigenstromnutzung (nicht auf Scheunen, Lager, ...)

Leistungsdichte
(MW/km²)



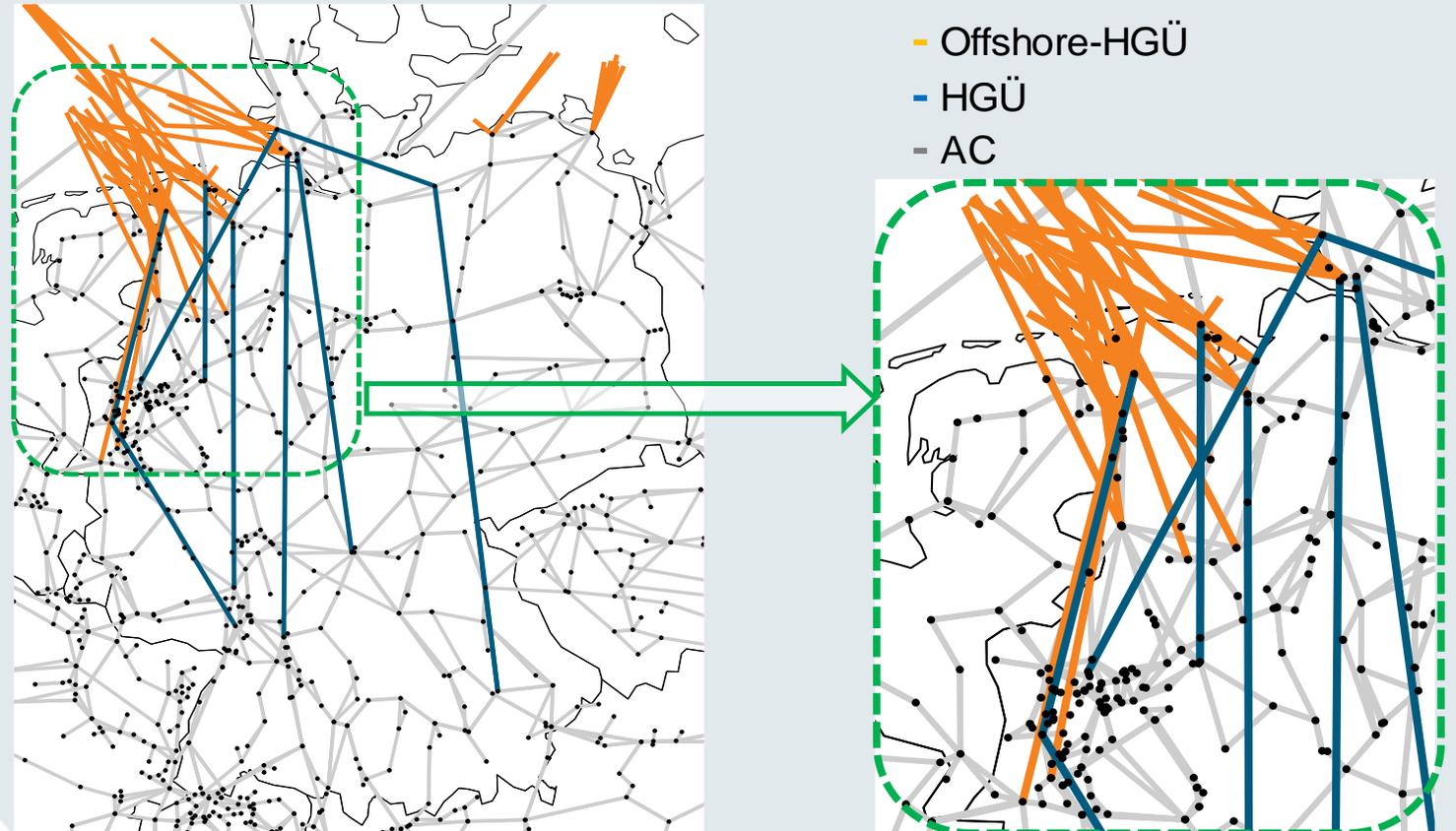
GEFÖRDERT VOM



STROMNETZAUSBAU UND INTEGRATION VON WINDENERGIE AUF SEE → DURCH ELEKTROLYSE DEN STROMNETZAUSBAU VERRINGERN

- › Vom politischen Zielwert 70 GW Wind werden von uns nur 42 GW an das Netz angeschlossen
→ dafür Netzausbau notwendig (finden eines Netzanschlusspunktes + Nord-Süd-Transport)
- › Langfristig 28 GW Vor-Ort-Umwandlung in Wasserstoff
 - › Geringe Akzeptanz für neue Trassen
 - › Effizienzeinbußen durch geringere direkte Stromnutzung sind relativ gering vs. Kosteneinsparung beim Netz

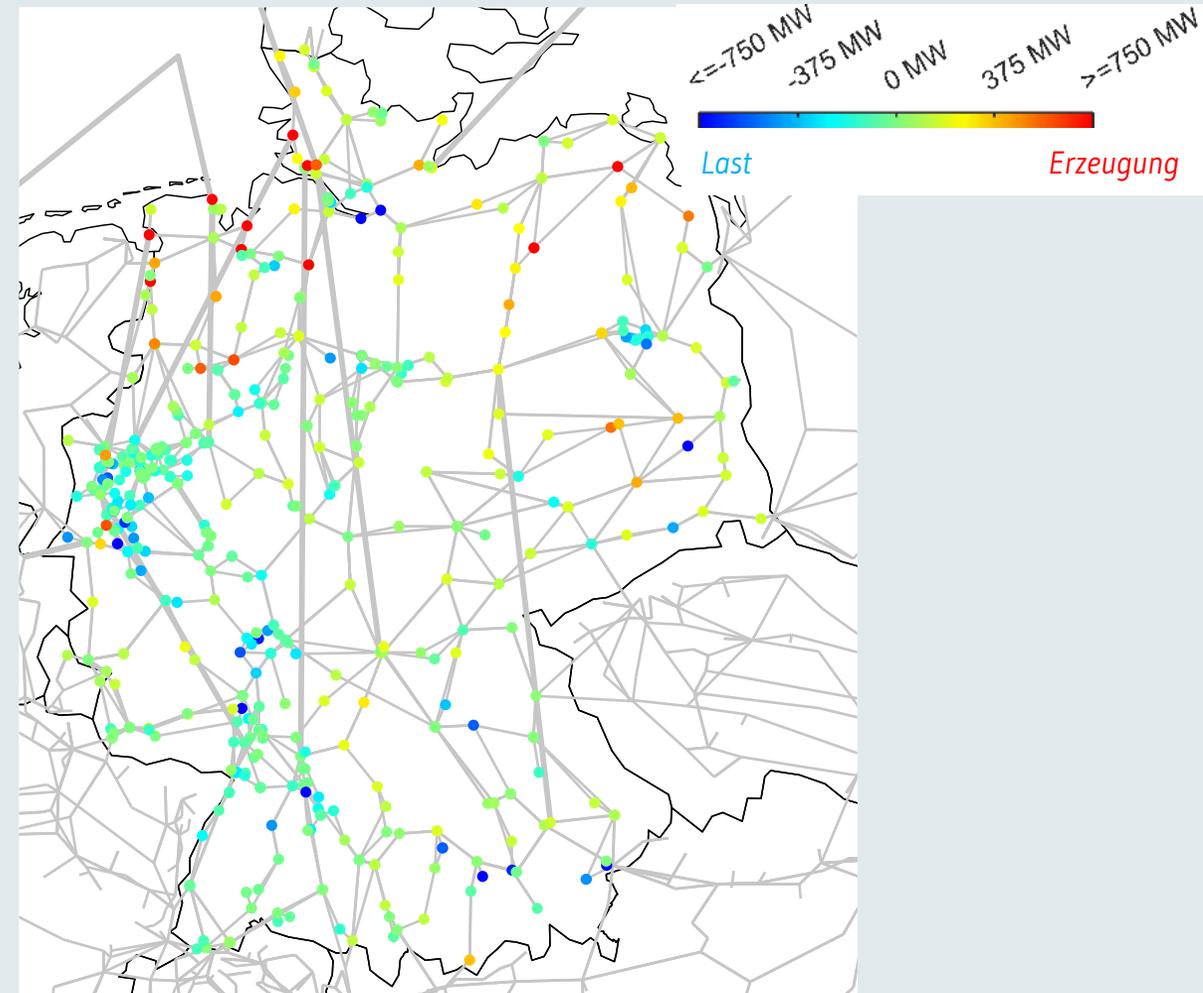
Ausbau neuer Trassen bis 2035 → Insbesondere in Niedersachsen



GEFÖRDERT VOM

HERAUSFORDERUNG ÜBERTRAGUNGSNETZ → EINSATZ VON FLEXIBILITÄTEN

- › Marktergebnisse 8760h in 2045 für das histor. Wetterjahr 2012
 - › Erzeugerüberschuss im Norden/Osten
 - › Sehr heterogen bezogen auf einzelne Netzknoten
- › **Netzausbau** in der selben AC-Trasse (2 Leiter-System → 4 Leiter-System) **reicht nicht aus**
- › **Flexibilitäten werden für das Netz sehr wichtig**
 - › **Sehr effiziente Speicher:**
E-KfZ mit V2G; Solarspeicher im Herbst/Winter
 - › **Gassystem (H2-Netz) als Puffer**
 - › Elektrolyse statt Abregelung
 - › Heizwerke statt PtH um Wärmenachfrage zu decken
 - › Gaskraftwerke



Regionale Belastungen von Verbrauch und Erzeugung im Jahr 2045
(Jahresmittel Netto-Export) je Netzknoten

AUSBLICK

- › Simulationen: Netzausbau und Engpassbewirtschaftung 2030 und 2045
- › Zeitnahe Veröffentlichungen
 - › Ariadne-Papier: Umsetzbarkeit der Stromwende im Rahmen regionaler Erneuerbarer-Energien-Potenziale und gesellschaftlicher Akzeptanz (fertiger Entwurf)
 - › Ariadne-Papier: „Infrastrukturentwicklung“ (noch kein finaler Titel)
 - › Ariadne-Papier: „Maßnahmenbewertung regionale Steuerungsinstrumente“ (noch kein finaler Titel)