

Naturverträgliche Energieversorgung mit 100% erneuerbaren Energien im Jahr 2050: Erkenntnisse und Empfehlungen für Sachsen-Anhalt 24.02.2022(online)



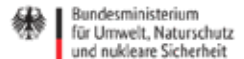
EE100“-Team: Leibniz Universität Hannover

Institut für Umweltplanung J. Wiehe, J. Thiele, C. v. Haaren

Institut f. elektrische Energiesysteme L. Hofmann, R. Hanke Rauschenbach et al

Institut für Wirtschaftsinformatik Prof. Dr. Michael H. Breitner

CUTEC-Institut GmbH J. zum Hingst; Fraunhofer IEE; IfSH Hameln; TU Berlin



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit



Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz

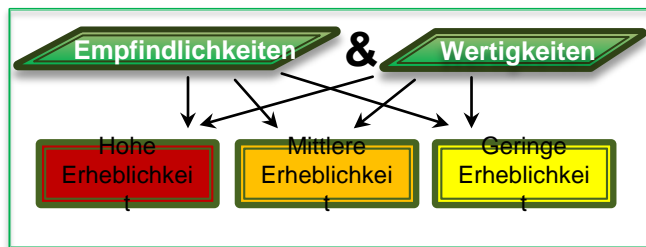
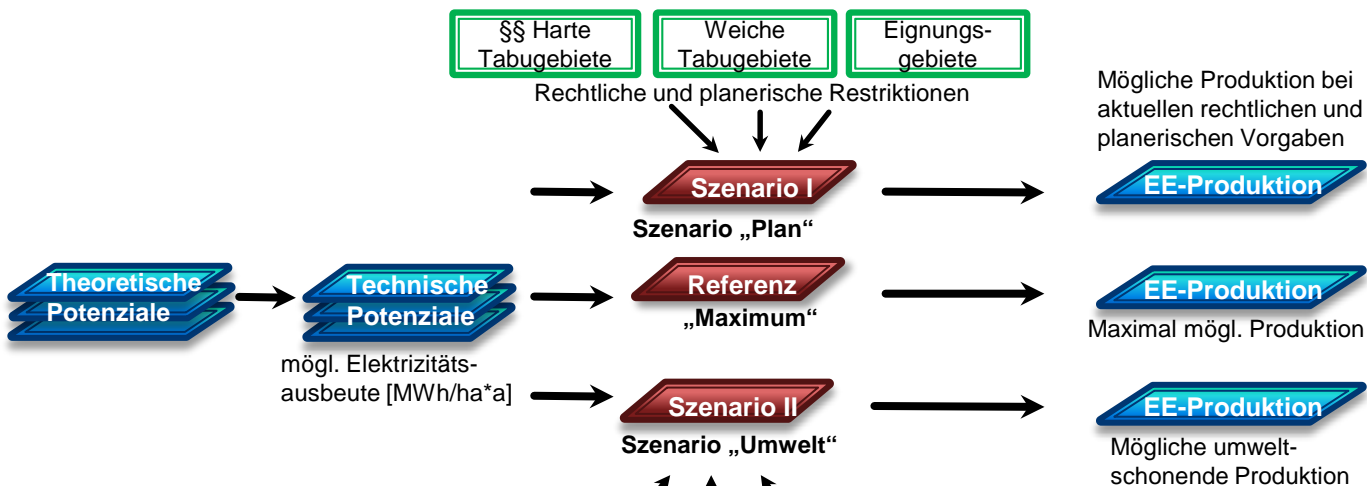


IRENES Interreg Europe

(...EE100, INSIDE, IRENES, Vision:EN2040)

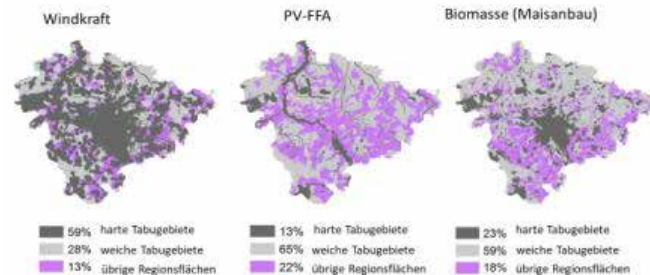


Smart Nord Spatial 2012: Flexible Optimierung Energieertrag und Umwelt (WEA, PV-FFA, EPA, Geothermie). TP in Smart Nord



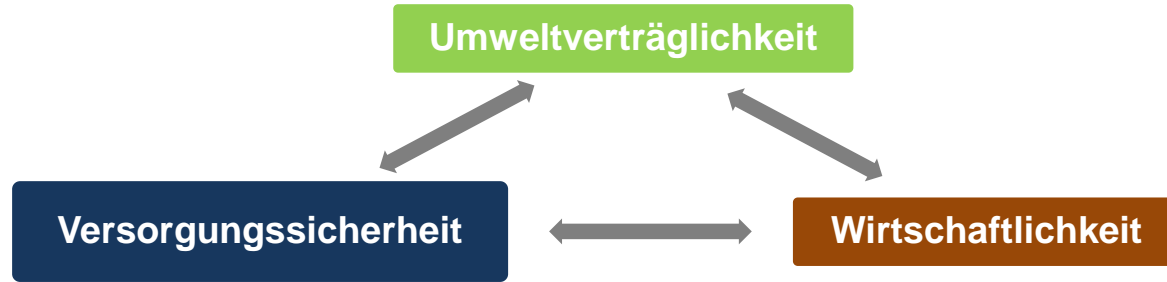
Differenzierte Analyse der Umweltrestriktionen

Umweltrestriktionen: rechtliche und planerische Ausschlussgebiete



Szenarioerstellung

Entwicklung Zielszenario 100% erneuerbare Energien



Sektorübergreifende Betrachtung



Antworten aus EE 100 u.a. im Kontext der politischen Diskussion

1. Rahmenbedingungen schaffen: vor allem **CO2 Abgabe; Kostennachteile EE ausgleichen**
2. Aufzeigen einer „**Fahrrinne**“ für eine nachhaltige Energiewende im Raum: Bedürfnisse der Menschen, der Natur und resultierende Erzeugungspotentiale, Netze, Speicher
3. **Lokale Mindest-EE Erzeugungs-/Einsparziele** vorgeben
4. Freiräume für die **lokale Beteiligung und Teilhabe** aufzeigen (Energienmix, Räume, Einsparpotentiale: Bürger + regionale /lokale Politik)



Die Energiewende stockt trotz großer Zustimmung in D – lokal große Umsetzungsprobleme

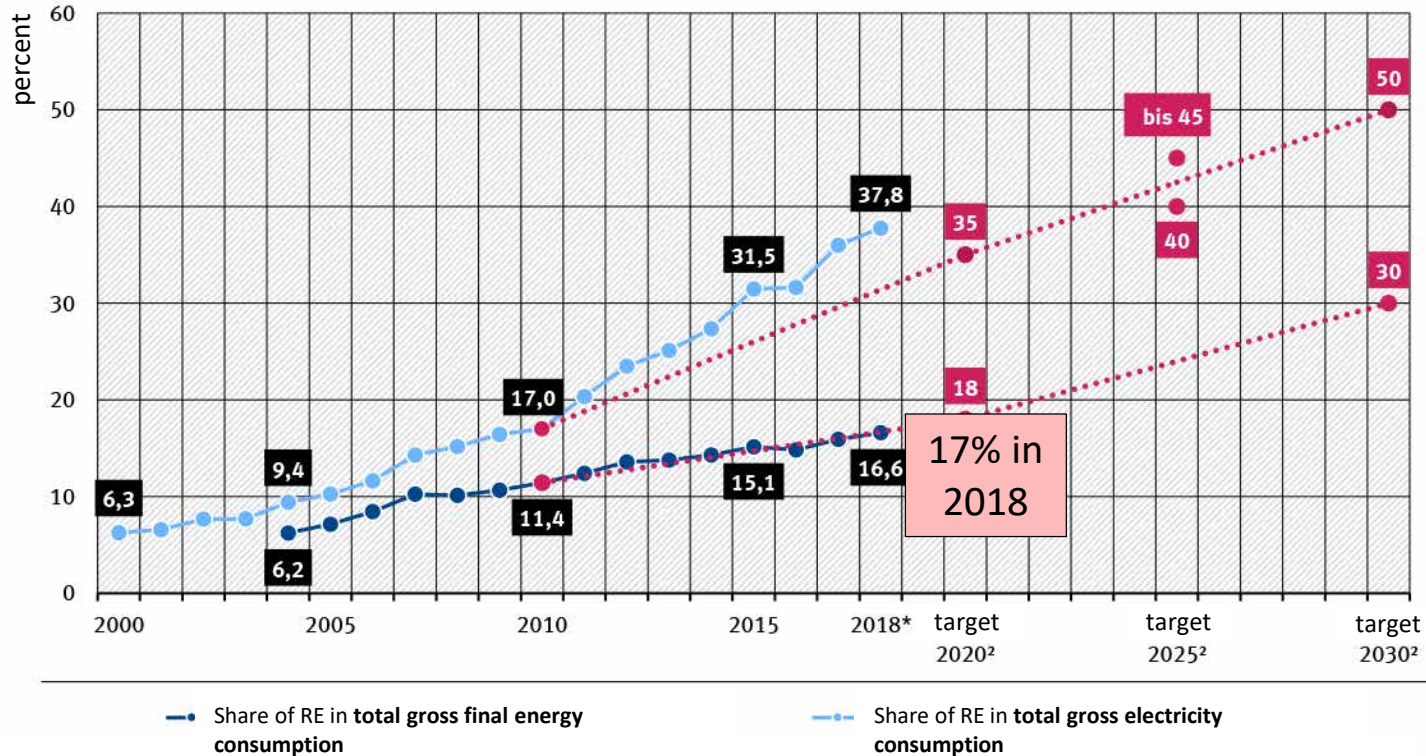


Motive: Natur, Landschaft, Lärm

→ Konkurrenz um die Fläche



Der Anteil der erneuerbaren Energien scheint hoch zu sein, wenn man ihn auf den Stromverbrauch bezieht, aber niedrig bezogen auf den gesamten Bruttoenergieverbrauch in Deutschland



Forschungsdesign EE100/- konkret

EE-100:
Bedarfsprojektionen;
Szenarien

Fläche ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg der Energiewende
→ Räumlicher Untersuchungsansatz
→ Akzeptanz für EE vor Ort



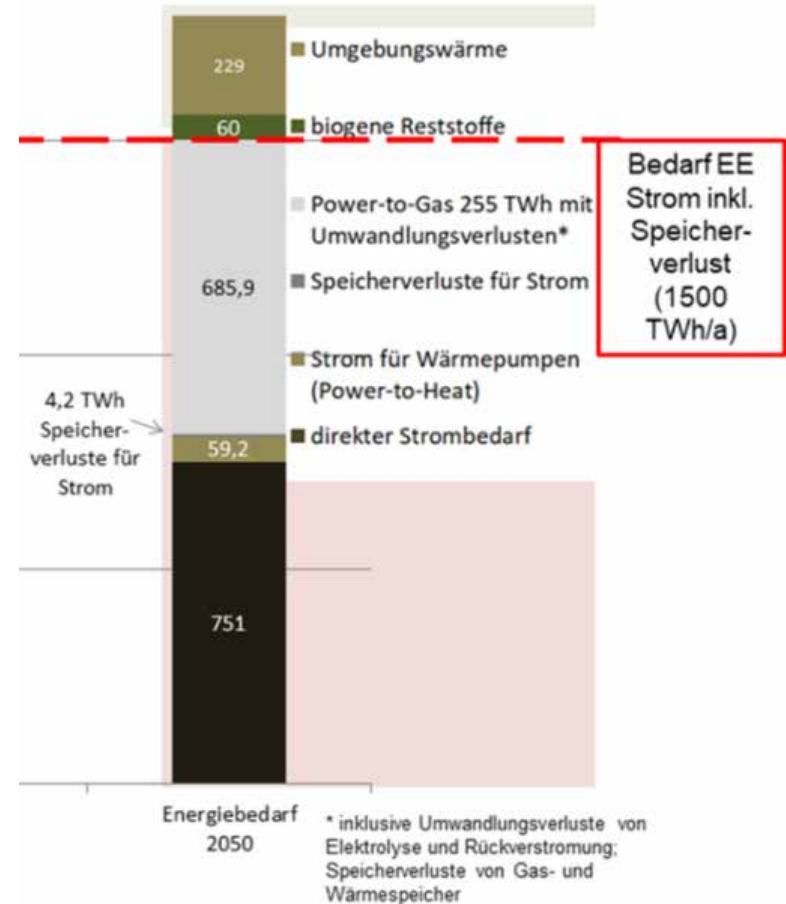
Der Energiebedarf in 2050

Elektrifizierung des Energiesystems:

- 88 % Elektrifizierung im Verkehrssektor
- Gebäudesanierungsrate von 2,6 % pro Jahr
- Bevölkerungsdegression von rund 12 %
- Steigerung des BIPs um 0,7 % pro Jahr

→ **1.500 TWh/a Strom**; 229 TWh/a Umgebungswärme und 60 TWh/a biogene Reststoffe

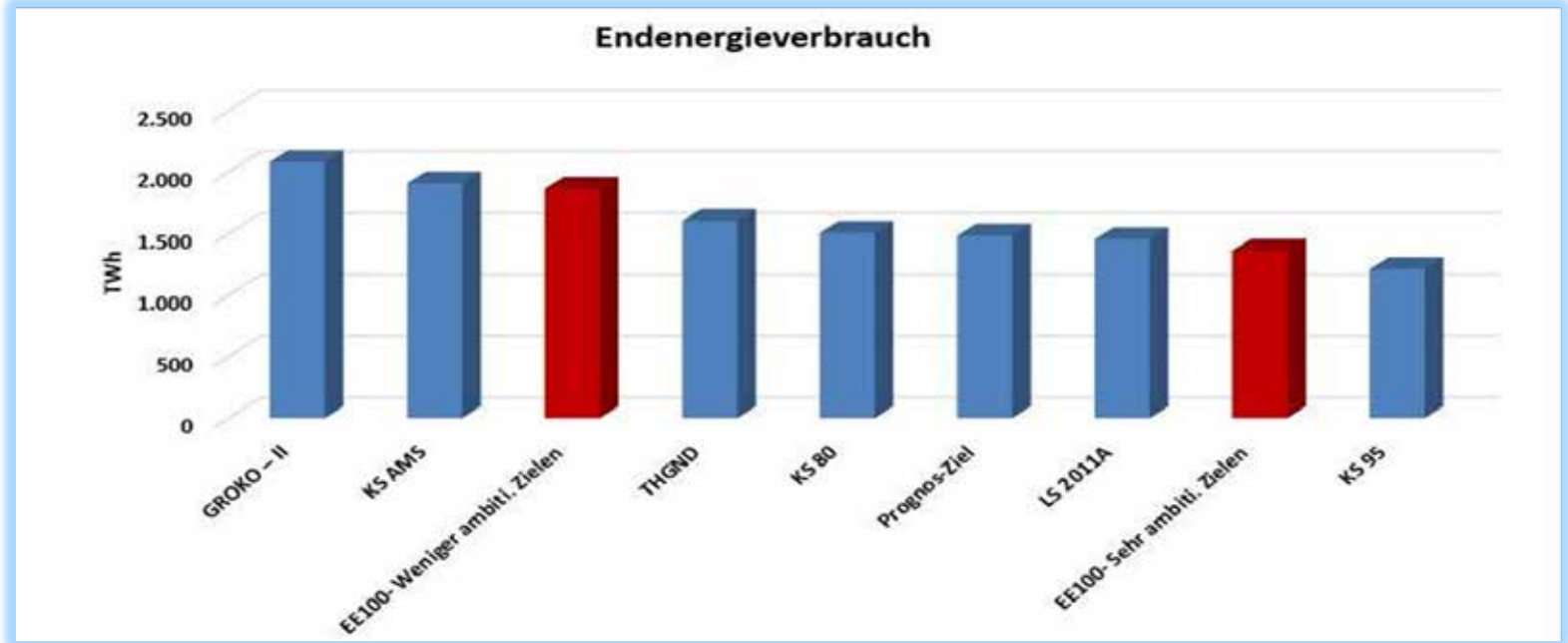
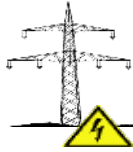
→ **Gesamtenergiebedarf 1.789 TWh/a**



Projektion Energiebedarf 2050 unter verschiedenen Annahmen



Vergleich mit bestehenden Energieszenarien für Deutschland



Modell EE 100: Mensch- und naturverträgliche Energiewende in Deutschland

Annahmen Energiequellen

- Kein Energiepflanzenanbau



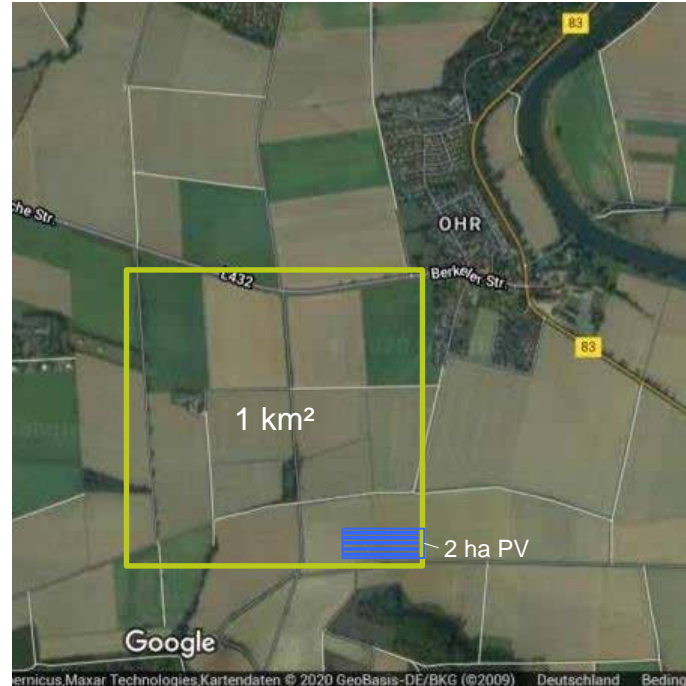
- WEA im Außenbereich

- Photovoltaik auf allen geeigneten Dächern
+ anteilig auf Fassaden, Parkflächen, etc.



- Keine Freiflächen-PV
(muss überdacht werden)

Warum keine Anbaubiomasse berücksichtigt? Flächenbedarfe für Erzeugung elektrischer Energie aus PV und Energiepflanzen



Ff-PV: 50-fach höhere Flächenausnutzung

Szenariorahmen

- 100 % EE in Deutschland
- Schutz von Arten und Lebensgemeinschaften
→ Biodiversitätsstrategie
- Kein Verlust von Flächen für die Lebensmittelproduktion
- Schutz des Landschaftsbildes
- Schutz vor Schall- und Lärmemissionen



Grafikgrundlage: Tanja Wehr



Szenariovarianten in EE100-konkret

Variante 1

Methodenvergleich Ertragsberechnung

Unsicherheitsanalyse der überschlägigen Ertragsberechnung

Variante 2

Hochaufgelöste Eingangsdaten

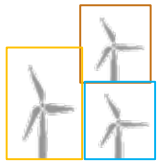
Anpassung der Kriterien für die Raumwiderstände (onshore-Wind) aufgrund des neuen Wissensstands sowie Nutzung höher aufgelöster Eingangsdaten

Variante 3

Trendfortschreibung heutiger Technologien

Konservative Annahmen für die technische Entwicklung bis 2050 sowie Nutzung standortangepasster Erzeugungstechnologien

Gleiche Anlagentechnik



Annahmen zur Windenergieanlagentechnik

	Variante 1 und 2 <small>(Walter et. al 2018)</small>	Variante 3 <small>(Thiele et al. 2021)</small>		
		Stark	Mittel	Schwach
Nennleistung [MW]	7,58	7,2	6,04	4,88
Nabenhöhe [m]	200	125	170	195
Rotordurchmesser [m]	127	172	172	172
Max. Schalleistungspegel dB[A]	108,5	109,8	109,8	109,8
Sonstiges	Abschaltalgorithmen für Fledermäuse			



Eingangsdaten im Vergleich (Onshore-Windenergie)

Variante 1

- **Digitales Landschaftsmodell (DLM250):** Auflösung von 1: 250 000
- **DGM200**
- **BfN Daten:** Nationalparks, Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete, Vogelschutzgebiete, morphologische Auen, Flächen mit Naturschutzpotenzial nach der deutschen Biodiversitätsstrategie (z. B. historische Waldstandorte)
- **Atlas deutscher Brutvogelarten**
- **Netzentwicklungsplan für zukünftige Trassen**

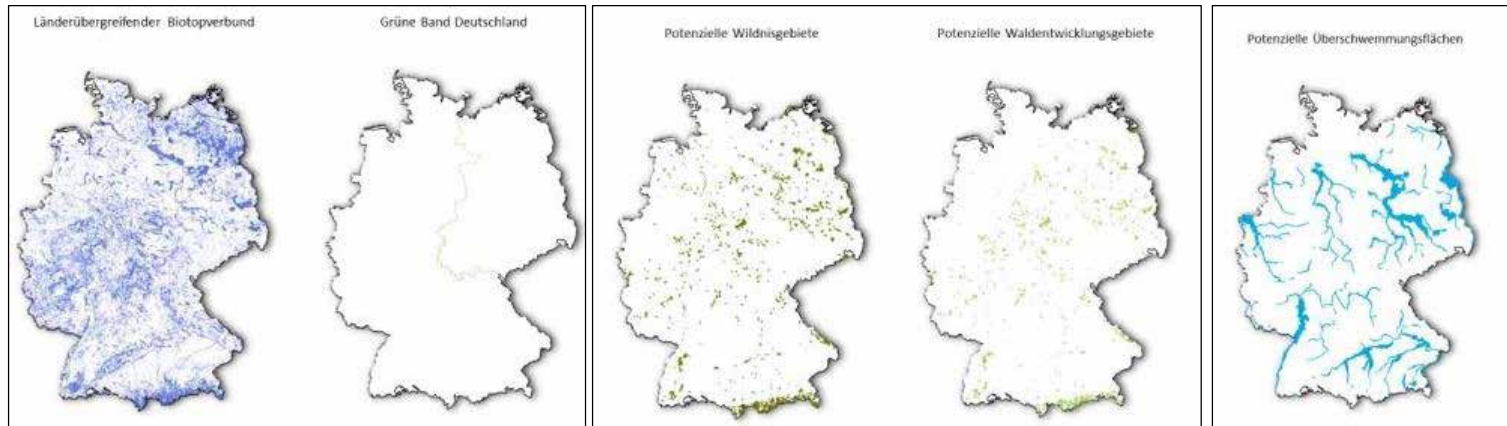
Variante 2 und 3

- **Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM):** Lagegenauigkeit von ± 3 m, am Inhalt der Topographischen Karten 1:10 000/1: 25 000 orientiert
- **DGM50**
- **Aktualisierte BfN Daten**
- **Atlas deutscher Brutvogelarten und Corine land cover (V18_5_1, EEA)**
- **Netzentwicklungsplan für zukünftige Trassen**



Aufbau des GIS-Modells (EE100)

- Verschneidung von flächenbezogenen Daten mit technischen Daten
 - Digitales Landschaftsmodell, Digitales Geländemodell
 - Schutzgebietsdaten
 - Flächenannahmen für 2050 aus Forschungsprojekten des BfN
 - Netzentwicklungsplan für zukünftige Trassen



Einteilung der Raumwiderstandsklassen Windenergie (Auswahl)

RWS-Klasse	Flächenkategorien
Sehr hoch	Flächen mit einer Neigung $\geq 30^\circ$, Gewässer, Naturschutzgebiete, Nationalparks, Vogelschutzgebiete, Siedlungsbereiche und Infrastrukturen mit Abstandspuffern (Berechnung u. a. nach TA-Lärm), Freizeit- und Erholungsflächen ohne Abstand, Wildnis- u. Waldentwicklungsgebiete, Grünes Band Deutschland, Bergbaufolgelandschaften
Hoch	Ramsar-Feuchtgebiete, Biosphärenreservate (Kernzone), historische Waldstandorte, sehr hohe Landschaftsbildbewertung (Hermes in Vorb. b), Vorkommen empfindlicher Vogelarten außerhalb von Schutzgebieten zzgl. Pufferzonen
Mittel	Natürliche Überflutungsräume, Landschaftsschutzgebiete, Nationaler Biotopverbund, Unzerschnittene Verkehrsarme Räume, Biosphärenreservate (Pflege- und Entwicklungszone), Laub- und Mischwälder, Schutzabstände von 1000 m um Freizeit-/ Erholungsflächen
Gering	Ackerfläche, Grünland, Nadelforst (außerhalb der genannten Flächenkategorien), Landschaftsbildbewertung < 54 (Hermes in Vorb. b)



Schutzabstände im Überblick

→ Abstandsberechnungen für Wohngebiete und Industrie/Gewerbe basieren auf der **TA-Lärm**

Abstand zu Siedlungen



750 m (Variante 1 & 2)

durch höhere
Schallemission
→

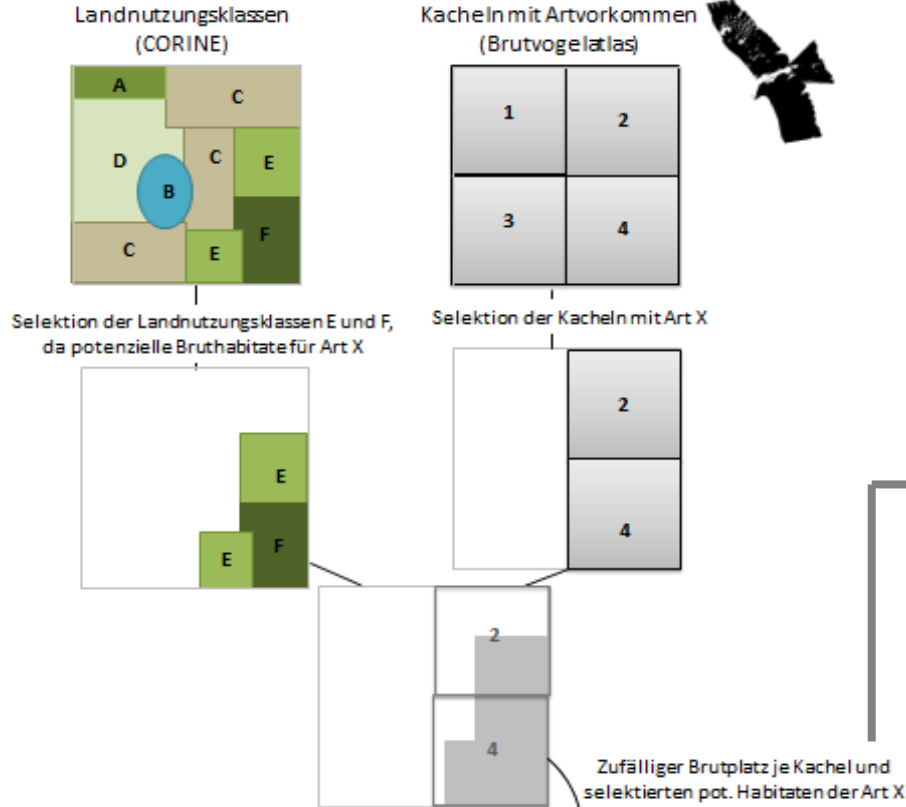


871 m (Variante 3)

Flächen	Variante 1 (Walter et. al 2018)	Variante 2	Variante 3
Freizeit und Erholung	1334 m	1000 m (FA Wind 2019)	1000 m (FA Wind 2019)
Industrie und Gewerbe	75 m	75 m	87 m



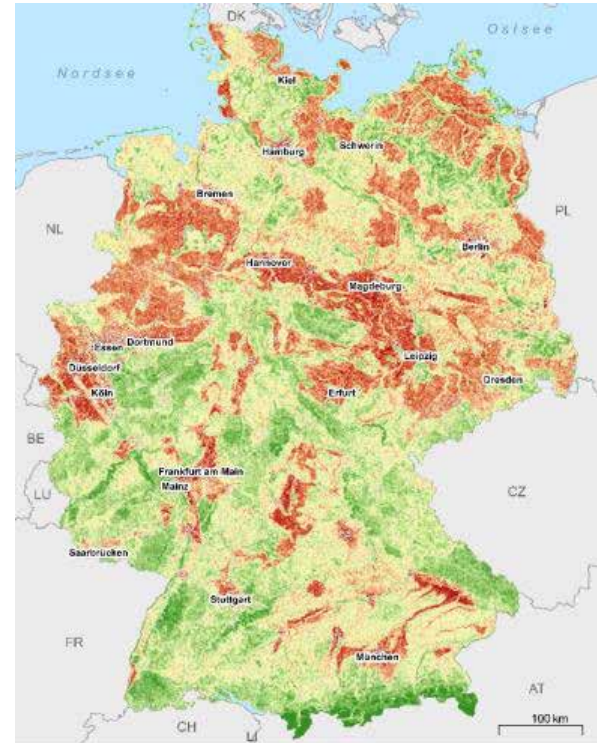
Vorkommen windenergiesensibler Vogelarten außerhalb von Schutzgebieten zzgl. Pufferzonen



- Eingänge:**
- Atlas deutscher Brutvogelarten (ADEBAR)
 - CORINE Landnutzungsklassen (V18_5_1, EEA)
 - Landnutzungsklassen potenzieller Bruthabitate (Busch et al. 2017)
 - Schutzzone nach dem Helgoländer Papier (Helgoländer Papier 2015)



Integration der Landschaftsbildbewertung (Hermes et al. 2018)



Ästhetische Qualität der Landschaft



Hoch Gering

Autor: Johannes Hermes, Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltpolitik, F+E-Vorhaben "Bewertung Kultureller Ökosystemleistungen in Deutschland", FKZ 3513 83 0300 und 3518 81 0408. © EuroGeographica bezüglich der Verwaltungsgrenzen.

Contents lists available at ScienceDirect

Ecosystem Services

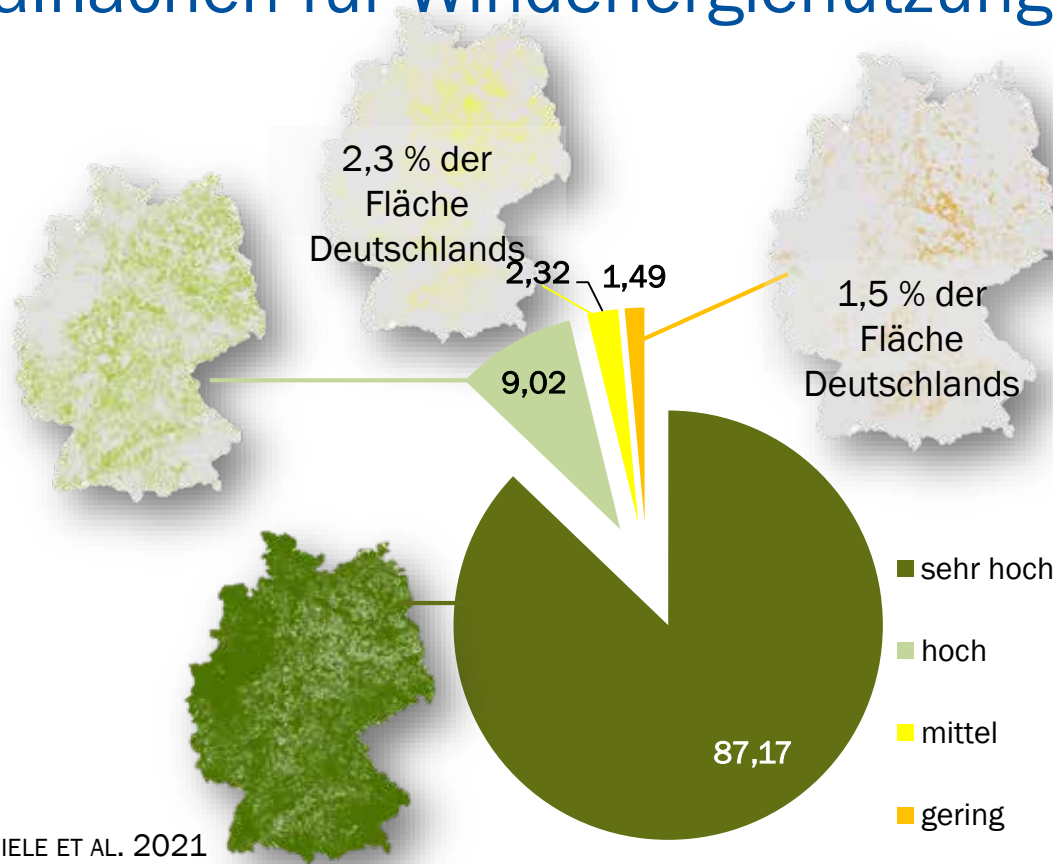
Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoser

Assessing the aesthetic quality of landscapes in Germany
 Johannes Hermes*, Christian Albert, Christina von Haaren
 Leibniz Universität Hannover, Institute of Environmental Planning, Hornwallstr. 2, 30453 Hannover, Germany

Hermes et al. 2018

Potenzialflächen für Windenergienutzung (Variante 2)



Variante 3:

Geringer RWS: 1,1 %

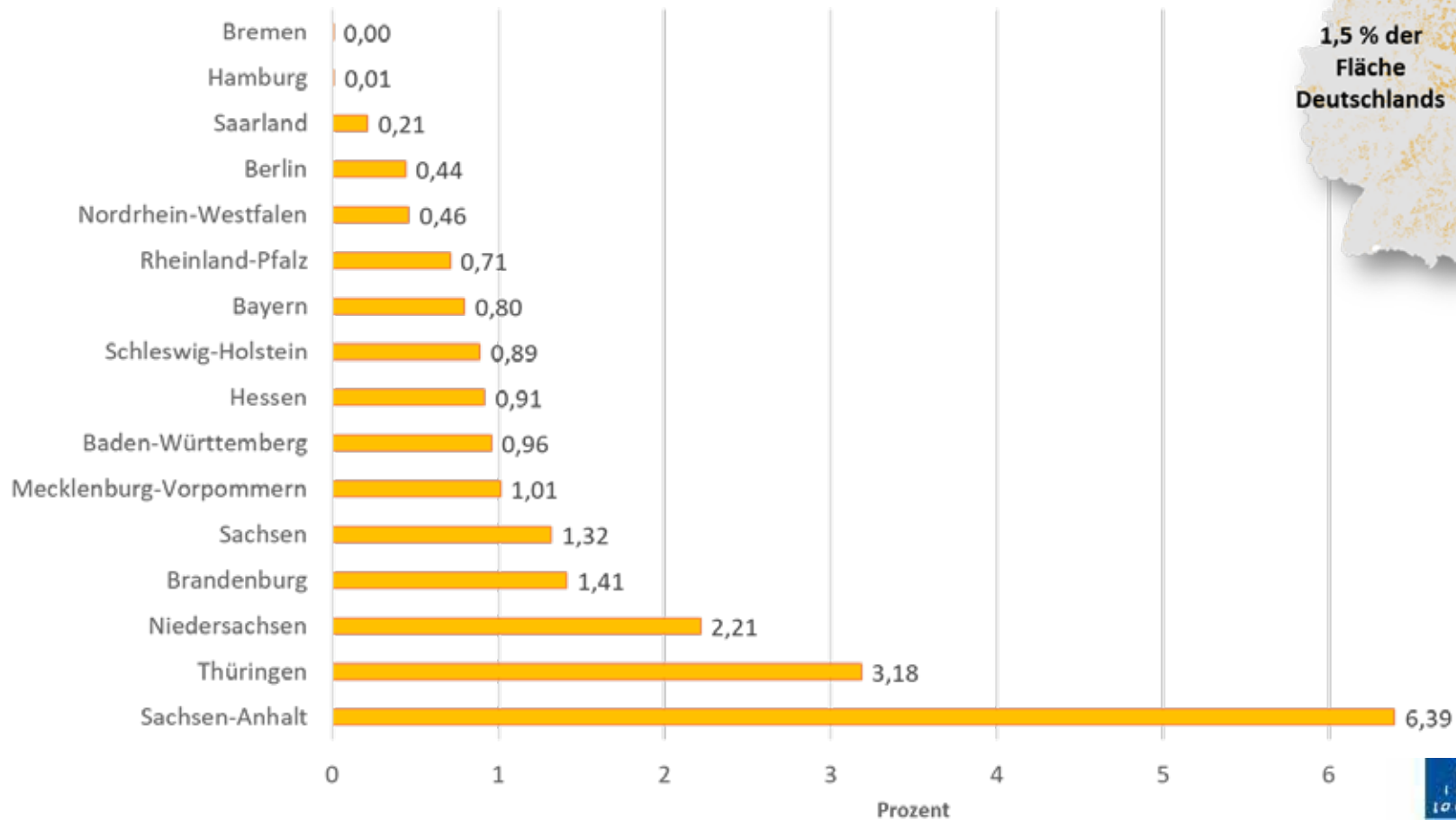
Mittlerer RWS: 1,6 %

Nach THIELE ET AL. 2021

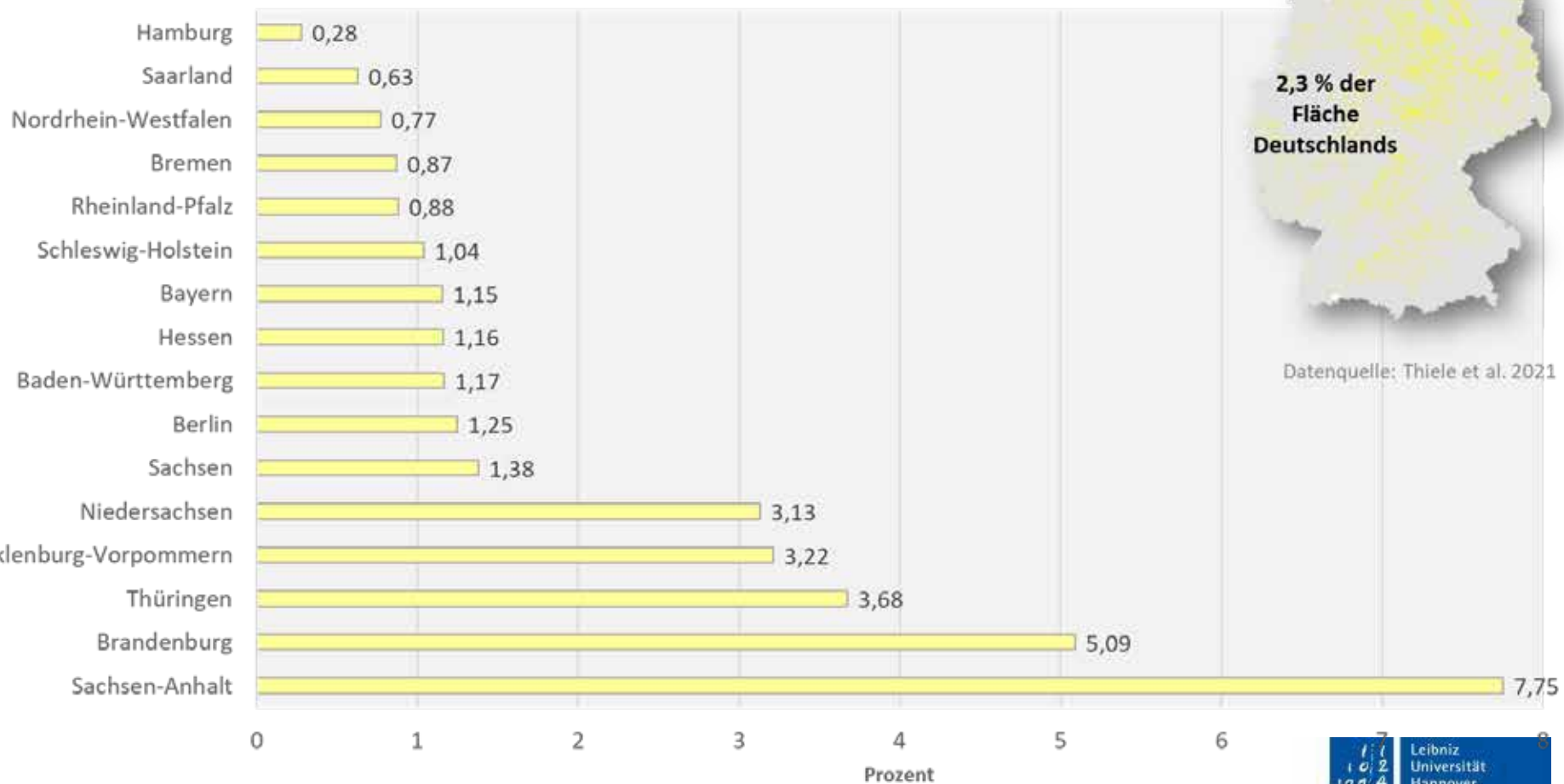
<https://data.uni-hannover.de/dataset/eae4f7c0-761a-4bf9-b057-898f1d1662e7>

Und <https://data.uni-hannover.de/de/dataset/scenario-data-wind-energy-nominal-capacity-and-energy-per-planning-region-scenario-year-2050>

Prozentualer Anteil des **geringen RWS** an den Bundeslandflächen
(Variante 2, EE100-Konkret)



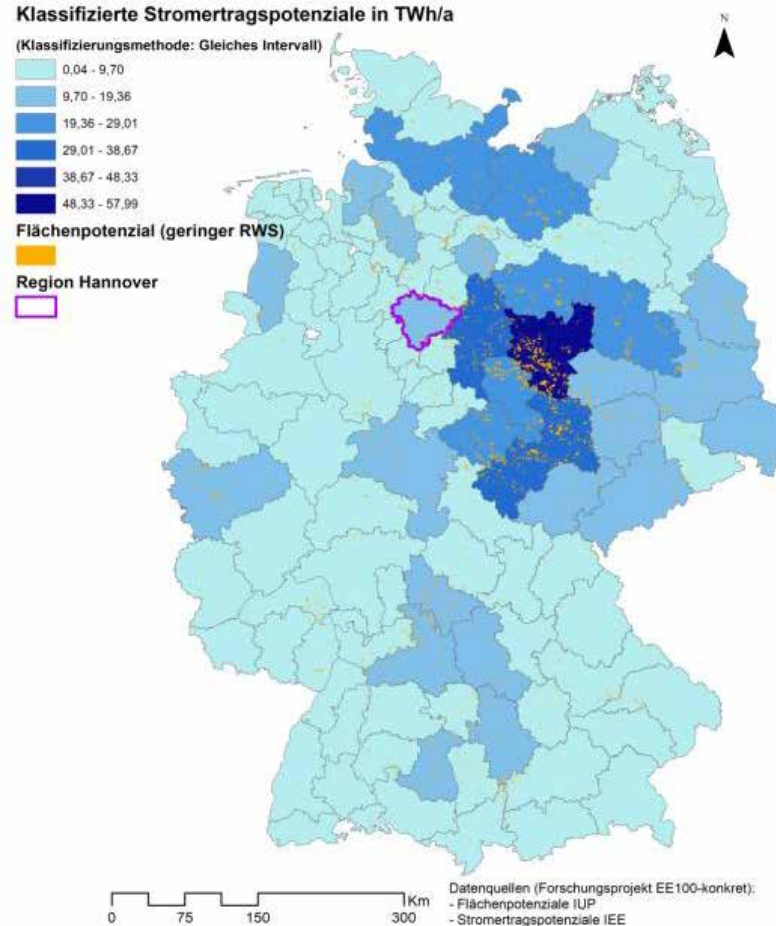
Prozentualer Anteil des **mittleren RWS** an den Bundeslandflächen (Variante 2, EE100-Konkret)



Stromertragspotenziale für Onshore-Windenergie in den Planungsregionen (Variante 2, EE100-konkret):

Stromertragspotenziale der Variante 2 je Planungsregion für Onshore-Windenergie

- Planungsregionen mit den höchsten menschen- und naturverträglichen Stromertragspotenzialen:
 - Magdeburg: 57,99 TWh/a
 - Halle: 38,52 TWh/a
 - Zweckverband Großraum Braunschweig: 38,37 TWh/a
- Stromertragspotenzial der Region Hannover: 10,06 TWh/a



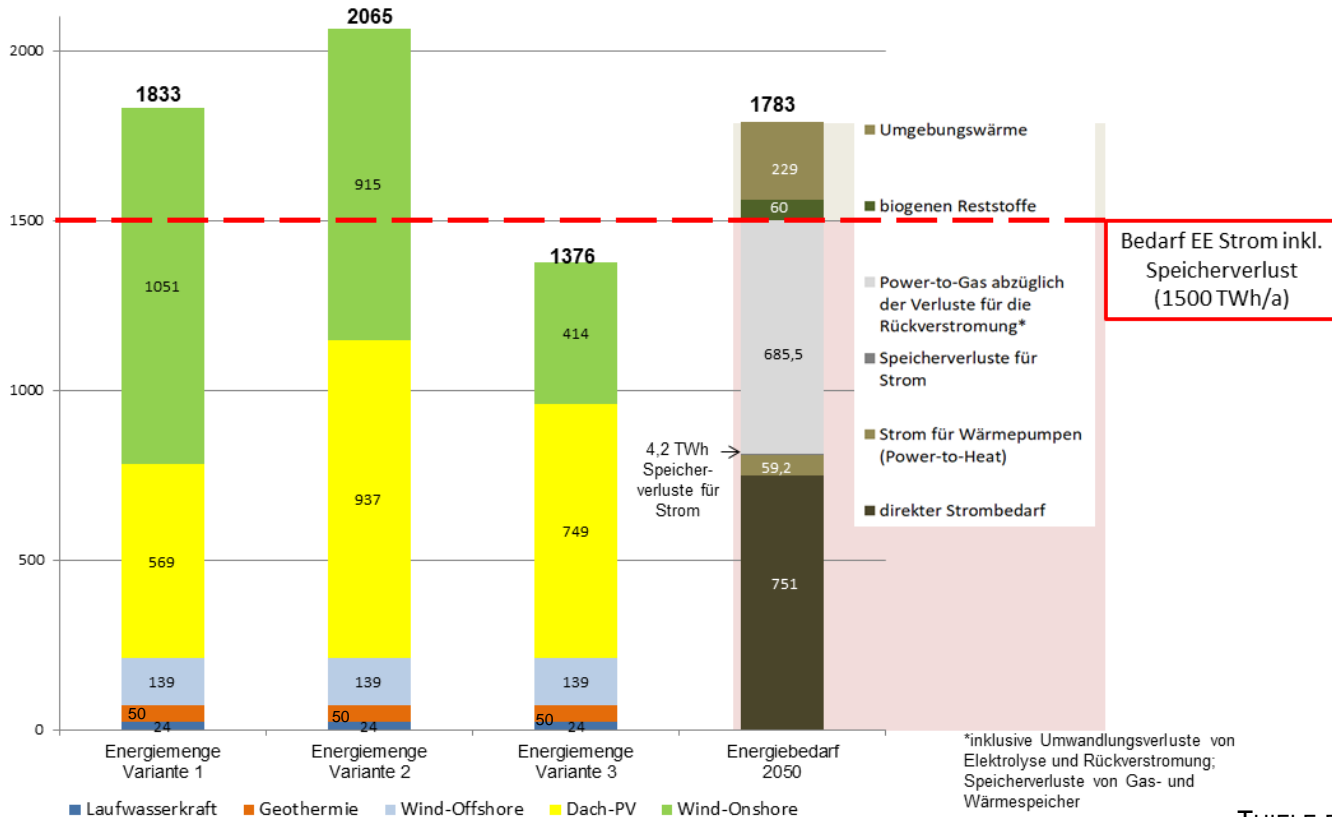
<https://data.uni-hannover.de/de/dataset/scenario-data-wind-energy-nominal-capacity-and-energy-per-planning-region-scenario-year-2050>

Philip Gauglitz, Carsten Pape, David Geiger (2021). Dataset: Scenario data wind energy: nominal capacity and energy per planning region, scenario year 2050.

<https://doi.org/10.25835/0078894>

Potenzielle Stromerträge in den drei Szenario-Varianten

TWh/a



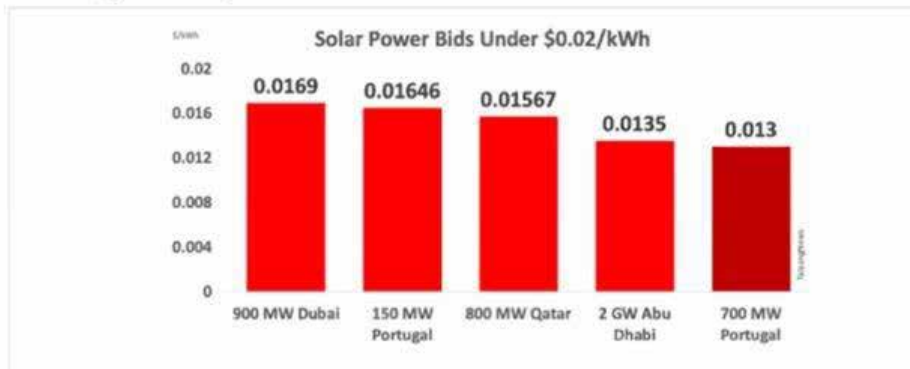
Hohes Potential PV

Rekordzuschläge in Photovoltaik-Ausschreibungen (Stand August 2020)

€0.011/kWh Record Low Bid in Portugal Solar Auction

2nd Solar Auction Of Portugal Makes History Again; Attracts €0.0112/kWh As Lowest Winning Bid, A Record Low Globally

09:47 PM (Beijing Time) - 25. August 2020



Over the course of some time now, solar power tariffs for several auctions across the world have fallen to under \$0.02 per kWh with Portugal's 700 MW auction making another world record turning out to be the lowest till date.

taiyangnews.info, 25.08.2020

➤ PV ist günstigste elektrische Energiequelle der Welt!

Abschlussworkshop INSIDE

11

Cost calculation per variant

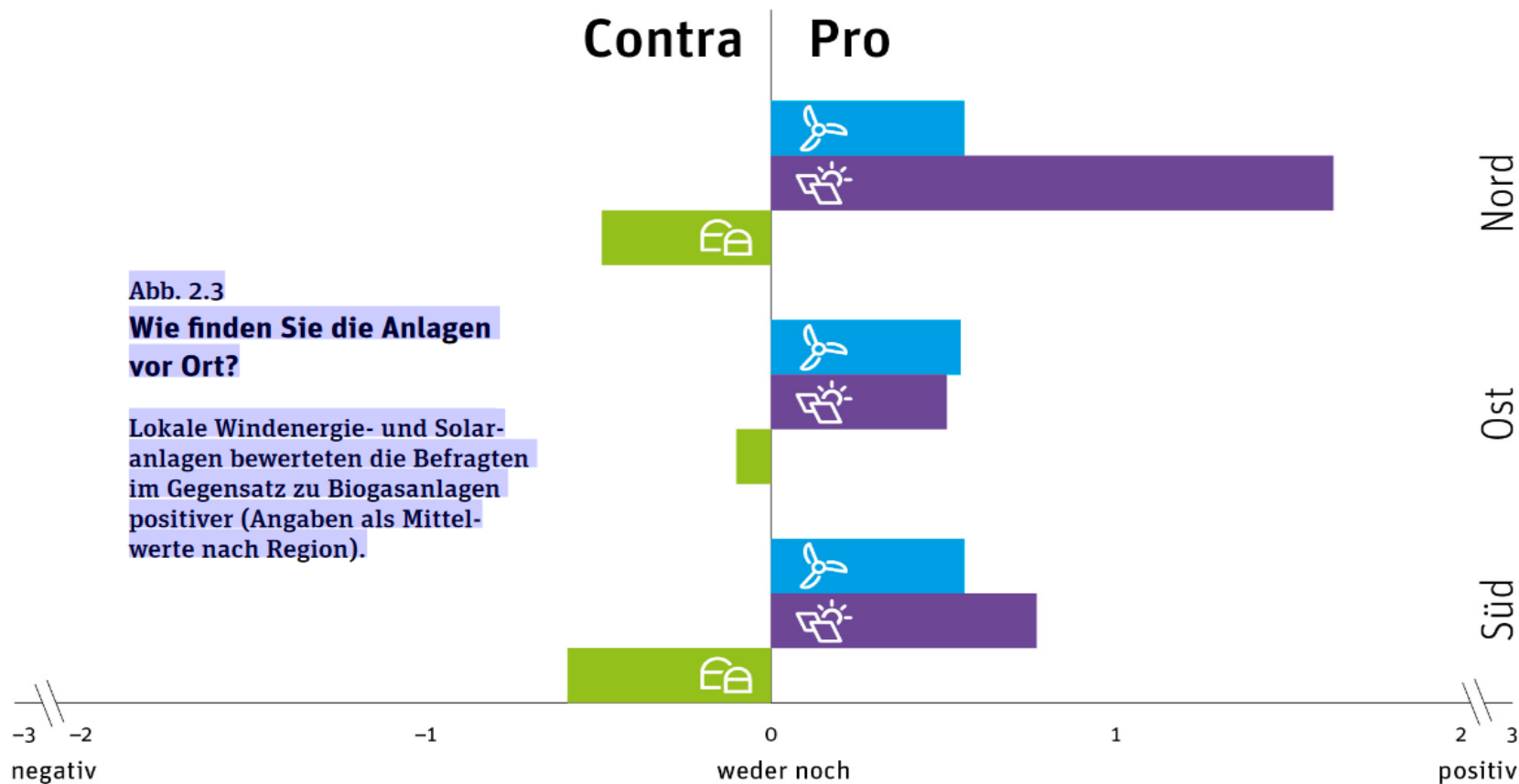
Capital Expenditures, CAPEX

Operational Expenditures, OPEX

Levelized Cost of Electricity, LCOE

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 1	Variant 2	Variant 3
	Onshore wind energy			Roof PV		
CAPEX in €/kW	1030	1030	1240	731,3	713,9	723,3
OPEX in €/kW/a	38,4	37,6	39,7	16,3	14,4	15,4
LCOE in ct/kWh	4,92	5,2	5,03	8,13	8,84	9,05

Reserve Freiflächen-PV - Akzeptanz



Für Niedersachsen liegt das natur- und landschaftsschonend nutzbare Solarpotential vor und kann in den Prozess vor Ort einbezogen werden (Badelt et al. 2020)

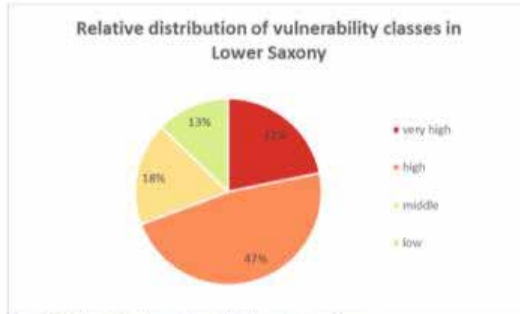
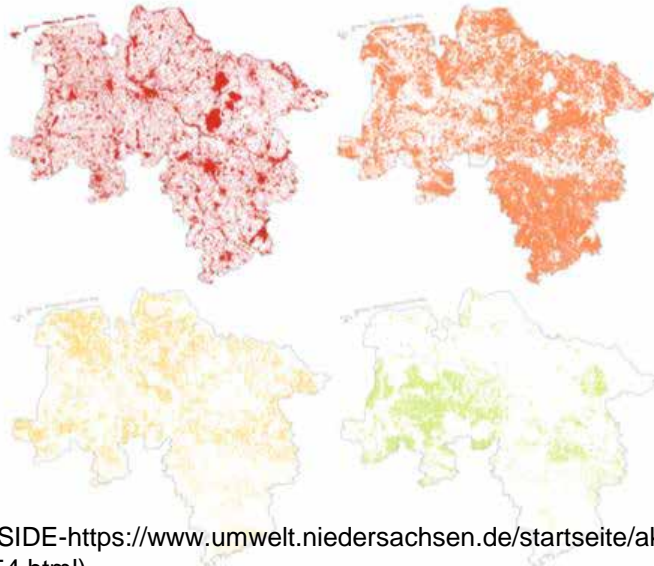


Figure 2: Relative distribution of vulnerability classes in Lower Saxony



Auf den Flächen mit geringem Raumwiderstand können theoretisch in Niedersachsen 673 TWh/a erzeugt werden

Datenveröffentlichung

Leibniz Universität Hannover

Datasets Organizations Groups About Legal Search

Organizations Institut für Umweltplanung Areas in Lower Saxony with...

Areas in Lower Saxony with low and medium spatial vulnerability to ground mounted photovoltaics

Dataset Groups Activity Stream

Followers 0

Organization

Areas in Lower Saxony with low and medium spatial vulnerability to ground mounted photovoltaics

Niedersächsische Flächen mit geringem und mittlerem Raumwiderstand gegenüber Photovoltaik-Freiflächenanlagen (English version below)

Die Shapefiles zeigen Flächen in Niedersachsen mit geringem und mittlerem Raumwiderstand gegenüber Photovoltaik-Freiflächenanlagen (Badelt et al. 2020), die als „räumliche Fahrmine“ für eine nachhaltige Energiewende dienen können. Es



Landschaftsintegrierte Konzepte als Lösungsansatz?



Bildquellen: next2sun.de; Scognamiglio 2016; Solarpark 'de Kwekerij'; Niemann et al. 2019





Quelle: Lenné3D in Badelt et al. 2020



Quelle: Lenné3D in Badelt et al. 2020



Quelle: Lenné3D in Badelt et al. 2020



Quelle: Lenné3D in Badelt et al. 2020

Die Ergebnisse aus EE100, EE100-konkret, INSIDE

- zeigen eine „Fahrrinne“ für eine nachhaltige Energiewende im Raum: Bedürfnisse der Menschen, der Natur und resultierende Erzeugungspotentiale, Netze sowie Speicher.
- können genutzt werden um lokale Mindest-EE Erzeugungsziele abzuleiten.
- zeigen Freiräume für die lokale Beteiligung und Teilhabe auf.



**„Sobald wir Mengenziele
[des Bundes] haben,
können viele Konflikte
über die räumliche
Steuerung durch
Eignungsgebiete und
Ausschlussgebiete auf
der planerischen Ebene
vermieden werden.“**

*So Jochen Flasbarth auf die Frage
nach einer stärkeren Bund-Länder-Koordination
bei der Energiewende.*



Vision:En 2040

Unsere Ideen, unsere Energiewende

Jahrbuch für
naturverträgliche
Energiewende KNE 2021:
31



Regionalplanung

Allgemein

Ansprechpartner

[Teilregionalplan Energie Mittelhessen](#)**[Genehmigte Fassung \(2020\)](#)**

Ergänzendes Verfahren (2019)

In 2017 genehmigte Fassung

Zweite Offenlegung (2015)

Entwurf Teilregionalplan (2015)

TEILREGIONALPLAN ENERGIE

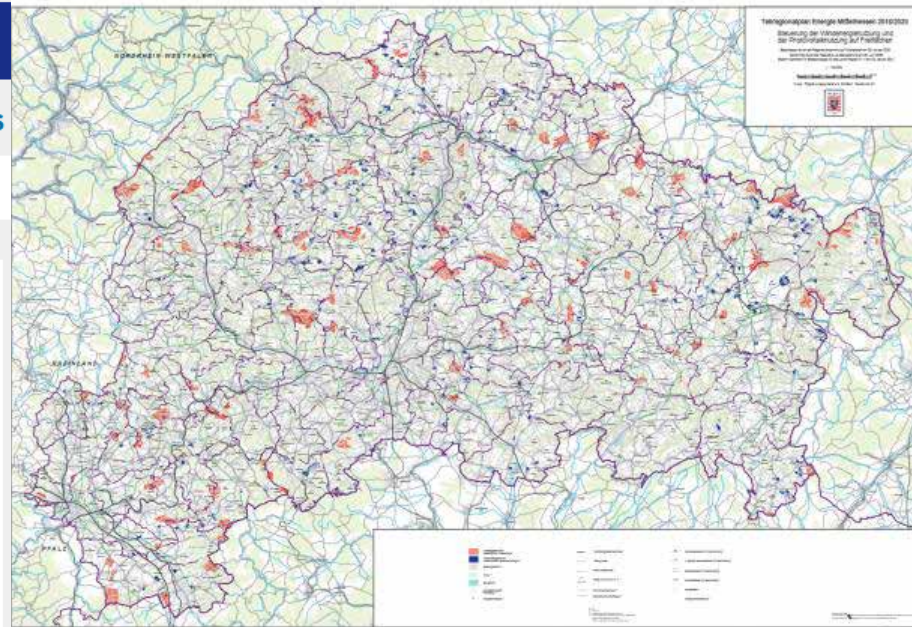
Genehmigte Fassung 2020

Der Teilregionalplan Energie Mittelhessen wurde mit der Bekanntmachung im Staatsanzeiger für das Land Hessen am 18. Dezember 2017 (Seite 1483) wirksam.

Nach Durchführung eines ergänzenden Verfahrens im Jahr 2019 und der darauffolgenden Bekanntmachung am 25. Januar 2021 (S. 171 des Staatsanzeigers) wurde der Teilregionalplan Energie Mittelhessen rückwirkend zum 18. Dezember 2017 – unter Korrektur von evtl. Verfahrensfehlern – erneut in Kraft gesetzt (siehe auch Menüpunkt „Ergänzendes Verfahren (2019)“).

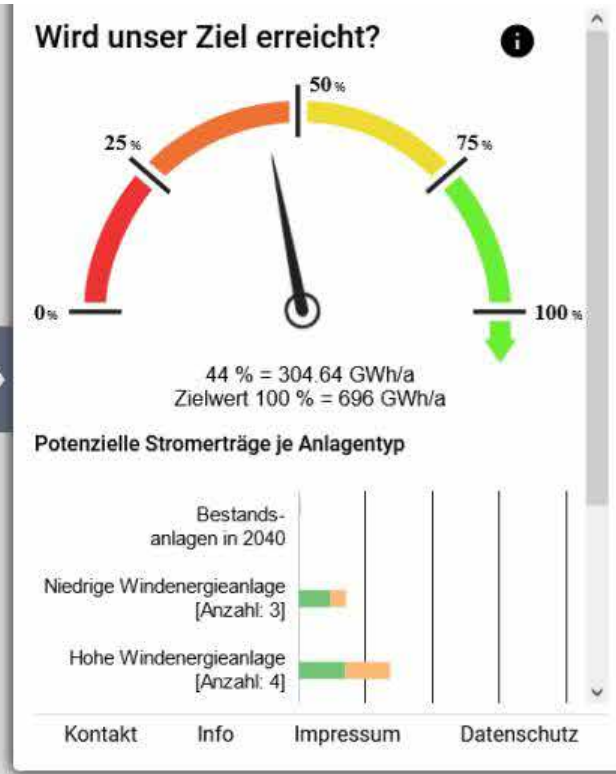
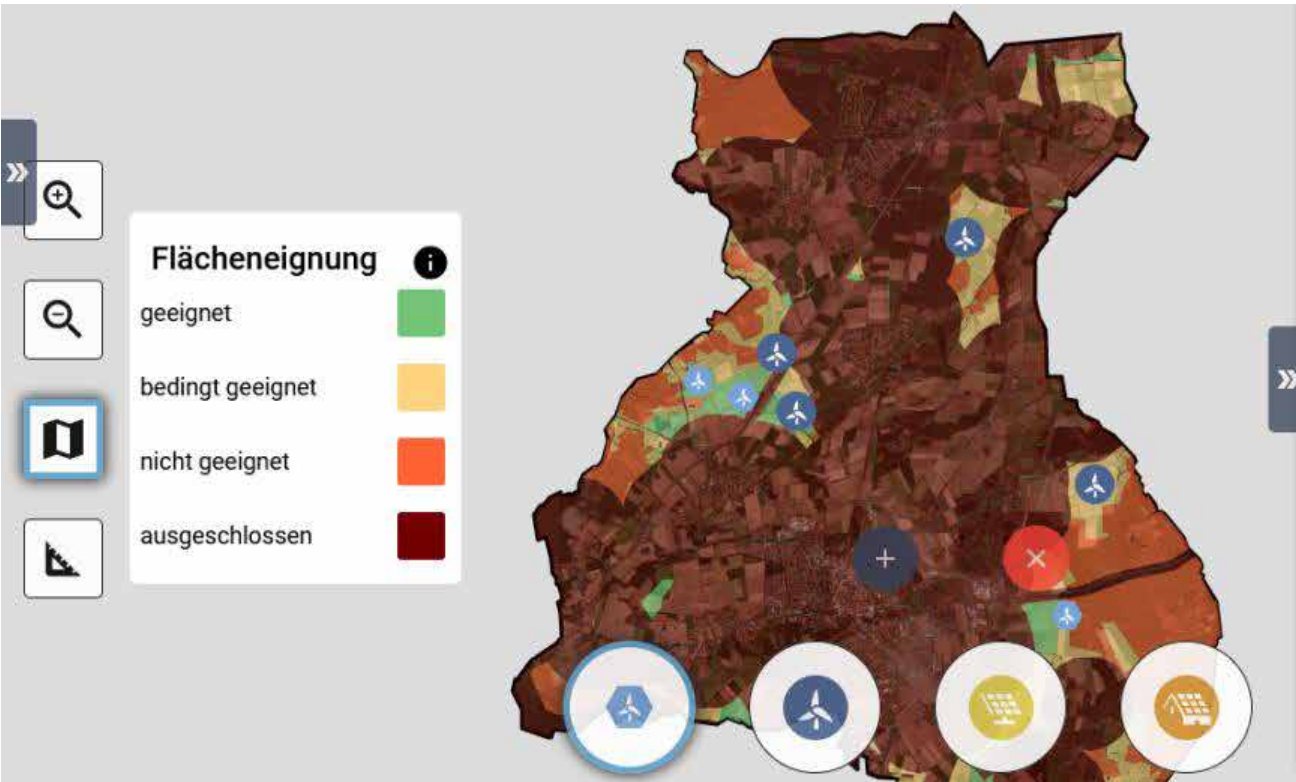
Die Unterlagen der genehmigten Fassung (2020) stehen Ihnen hier zur Einsichtnahme und zum Download zur Verfügung:

- » [Textteil Teilregionalplan Energie Mittelhessen](#)
- » [Umweltbericht zum Teilregionalplan Energie Mittelhessen](#)
- » [Karte 1: Windenergie und Photovoltaik](#)
- » [Karte 2: Energetische Biomassenutzung](#)
- » [Steckbriefe zu den Vorranggebieten zur Nutzung der Windenergie](#)

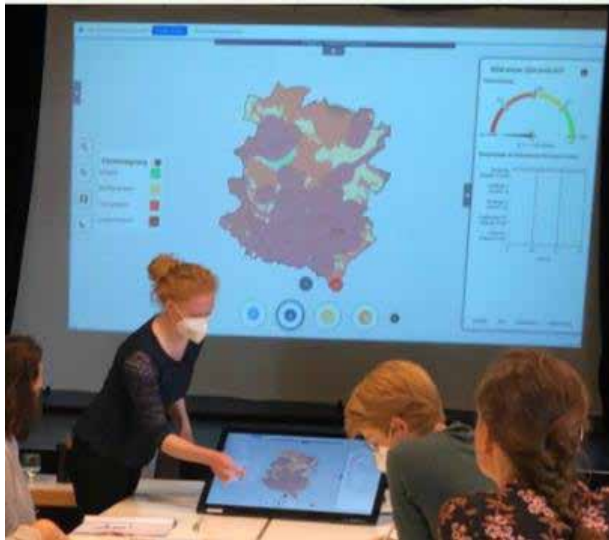


<https://rp-giessen.hessen.de/planung/regionalplanung/teilregionalplan-energie-mittelhessen/genehmigte-fassung-2020>

Anwendungsmöglichkeiten der Flächenanalysen

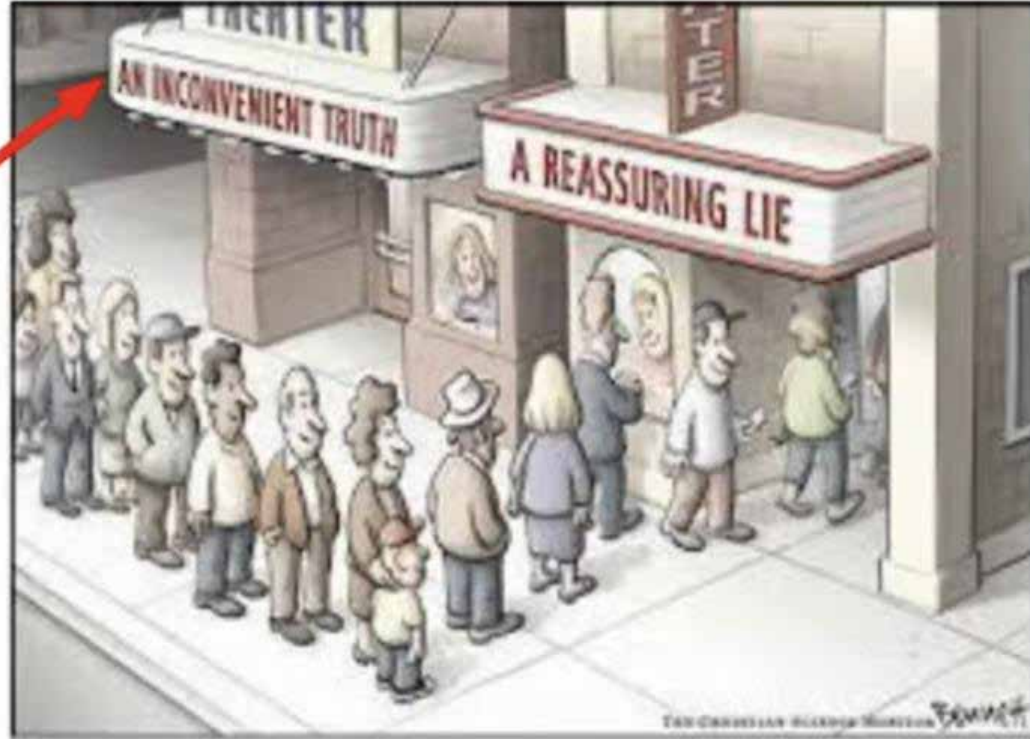


Anwendungsmöglichkeiten der Flächenanalysen



Warum wird das nicht umgesetzt?

1. Komplexität Modelle?
2. Einschränkung der Freiheit der Bürger, lokaler Politik inakzeptabel?
3. Föderales System?
4.



Antworten aus EE 100 u.a. im Kontext der politischen Diskussion

1. Rahmenbedingungen schaffen: vor allem **CO2 Abgabe; Kostennachteile EE ausgleichen**
2. Aufzeigen einer „**Fahrrinne**“ für eine nachhaltige Energiewende im Raum: Bedürfnisse der Menschen, der Natur und resultierende Erzeugungspotentiale, Netze, Speicher
3. **Lokale Mindest-EE Erzeugungs-/Einsparziele** vorgeben
4. Freiräume für die **lokale Beteiligung und Teilhabe** aufzeigen (Energemix, Räume, Einsparpotentiale: Bürger + regionale /lokale Politik)



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**



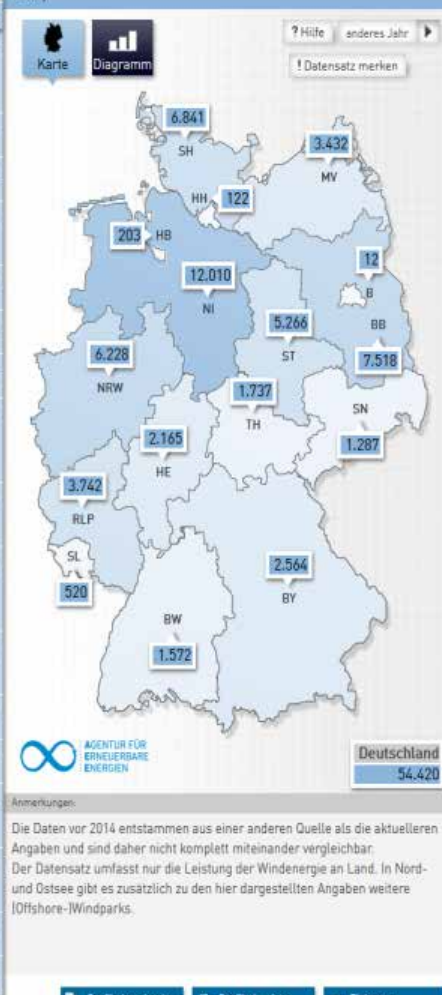
<http://45.80.152.152>



Installierte Leistung Windenergie (MW)

Bundesland	Jahr		
	2018	2019	2020
Baden-Württemberg [BW]	1.514	1.541	1.572
Bayern [BY]	2.514	2.532	2.564
Berlin [B]	12	12	12
Brandenburg [BB]	7.104	7.308	7.518
Bremen [HB]	203	203	203
Hamburg [HH]	122	122	122
Hessen [HE]	2.071	2.083	2.165
Mecklenburg-Vorpommern [MV]	3.245	3.332	3.432
Niedersachsen [NI]	11.080	11.761	12.010
Nordrhein-Westfalen [NRW]	5.825	5.950	6.228
Rheinland-Pfalz [RLP]	3.546	3.654	3.742
Saarland [SL]	486	495	520
Sachsen [SN]	1.268	1.283	1.287
Sachsen-Anhalt [ST]	5.122	5.149	5.266
Schleswig-Holstein [SH]	6.727	6.765	6.841
Thüringen [TH]	1.648	1.690	1.737
Deutschland [D]	52.328	53.193	54.420

Installierte Leistung Windenergie onshore [2020, in MW]



al-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW[BY][BB][HB][HH][HE][HMV][NI][NRW][RLP][SL][SN][ST][SH][TH][D]/kategorie/top_10/auswahl/769-neu_installierte_lei/#goto_769

Neu installierte Leistung Photovoltaik (MWp)

Bundesland	Jahr		
	2018	2019	2020
Baden-Württemberg [BW]	333	443	614
Bayern [BY]	662	886	1.317
Berlin [B]	8	10	19
Brandenburg [BB]	324	304	443
Bremen [HB]	2	4	4
Hamburg [HH]	3	6	9
Hessen [HE]	114	161	226
Mecklenburg-Vorpommern [MV]	217	221	378
Niedersachsen [NI]	193	338	411
Nordrhein-Westfalen [NRW]	279	487	600
Rheinland-Pfalz [RLP]	107	140	183
Saarland [SL]	15	23	37
Sachsen [SN]	164	242	247
Sachsen-Anhalt [ST]	261	338	308
Schleswig-Holstein [SH]	95	127	126
Thüringen [TH]	142	190	202
Deutschland [D]	2.865	3.889	4.801

