

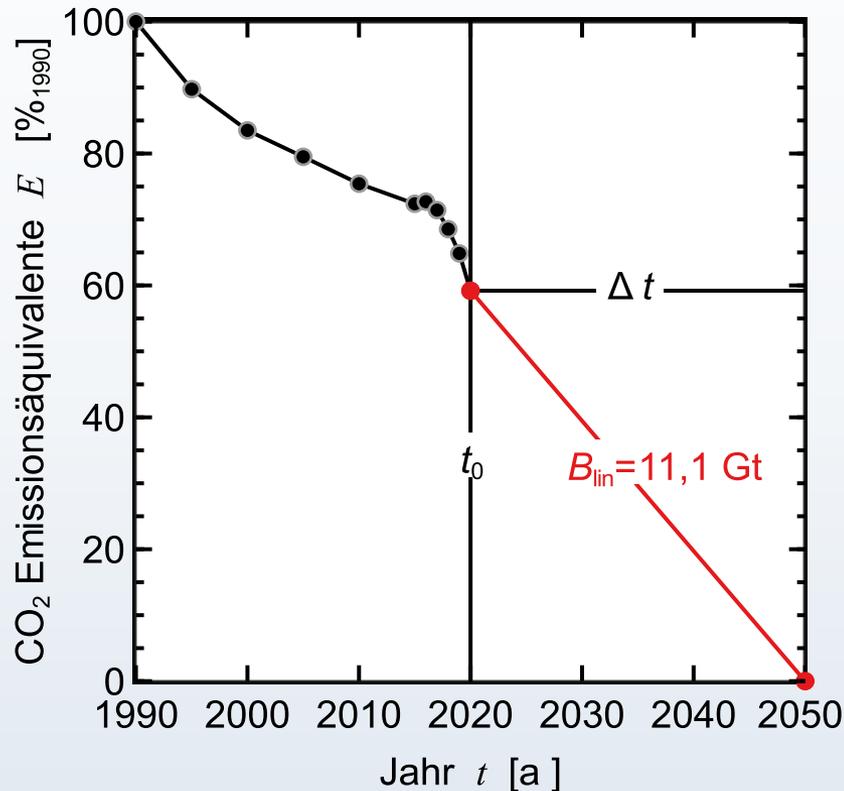
Photovoltaik in der Transformation des niedersächsischen Energiesystems

Prof. Dr.-Ing. Rolf Brendel^{1,2}, Dr. Raphael Niepelt^{1,2}

¹Institut für Solarenergieforschung Hameln

²Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover

r.brendel@isfh.de
www.isfh.de



- Linear sinkende Emissionen

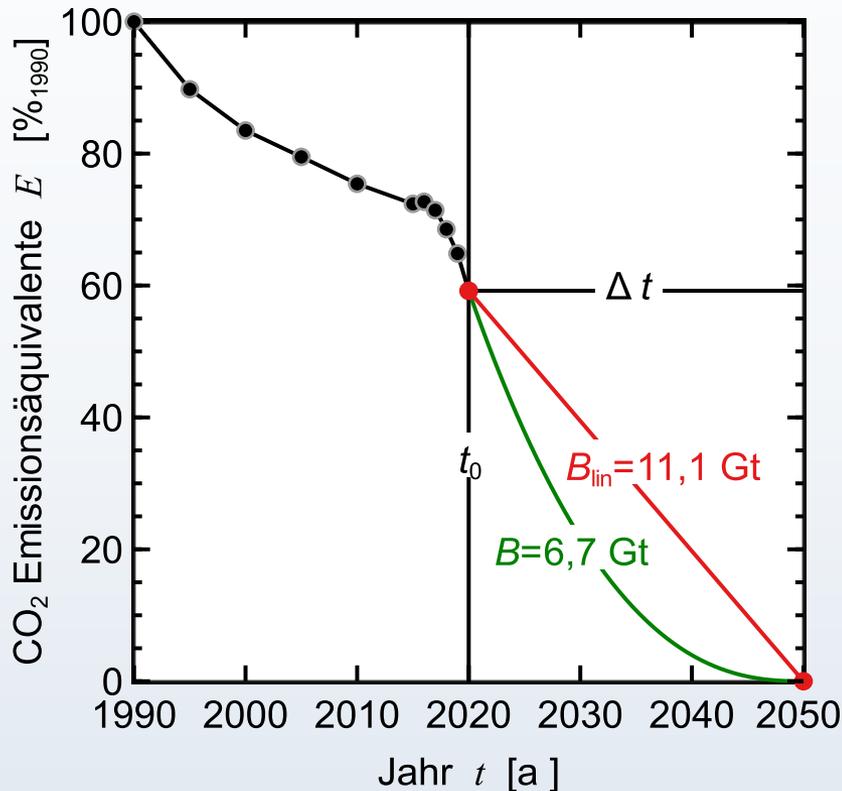
$$E(t) = E(t_0) \left(1 - \frac{t - t_0}{\Delta t} \right)$$

- Budget

$$B_{lin} = \int_{t=2020}^{2050} E(t) dt = 11,1 \text{ Gt}$$

Quelle historischer Daten: BMU 2020, <https://www.bmu.de/media/infografiken-zur-klimabilanz/>, geladen 15.5.2021

CO₂-Emissionen und Budgets des Bundes



- CO₂-Budget-abhängige Reduktion

$$E(t) = E(t_0) \left(1 - \frac{t - t_0}{\Delta t}\right)^{\left(2 \frac{B_{lin}}{B} - 1\right)}$$

- **Linear:** $B_{lin} = 11,1 \text{ Gt}$
- **SRU:** $B = 6,7 \text{ Gt}$ [SRU2020]

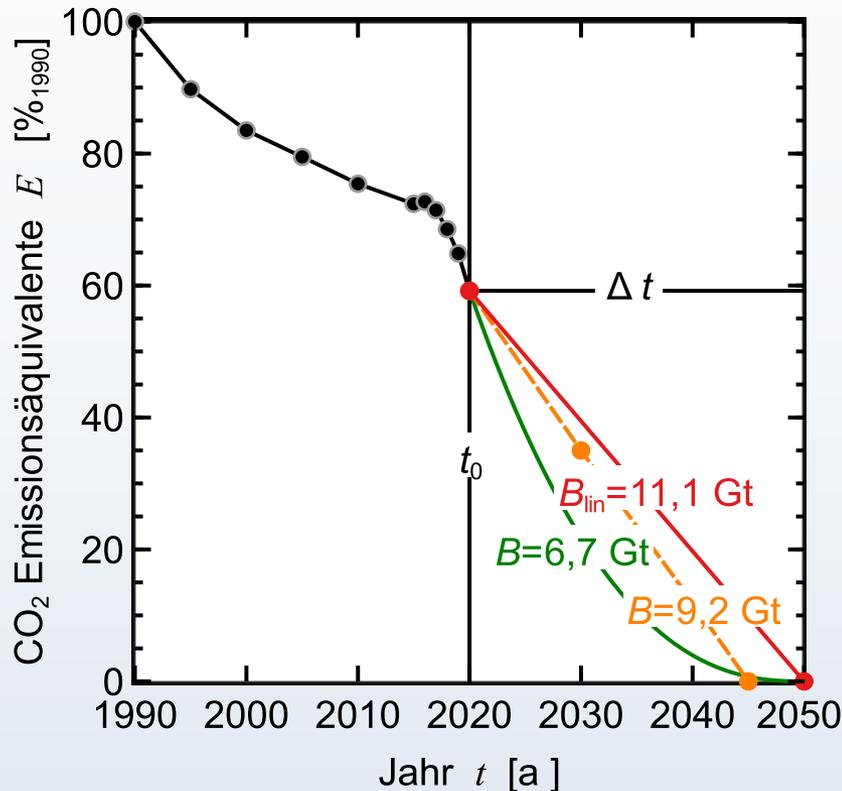
[BMU 2020] Quelle historischer Daten: <https://www.bmu.de/media/infografiken-zur-klimabilanz/>, geladen 15.5.2021

[SRU 2021] Sachverständigenrat für Umweltfragen, „Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa“, Umweltgutachten 2020.

https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html,

geladen 16.5.2021

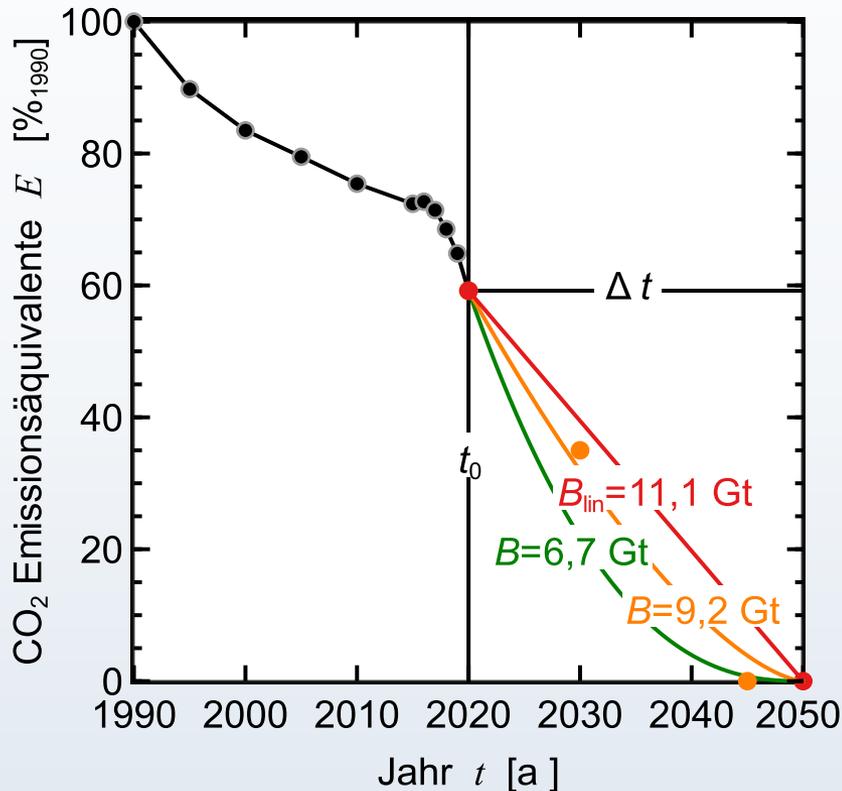
CO₂-Emissionen und Budgets des Bundes



- **Linear:** $B_{lin} = 11,1 \text{ Gt}$
- **BR:** $B = 9,2 \text{ Gt}$ [KSG 2021]
- **SRU:** $B = 6,7 \text{ Gt}$

[KSG 2021] Quelle für zwei gelbe Datenpunkte: <https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-ersten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes/> , geladen 15.5.2021

CO₂-Emissionen und Budgets des Bundes

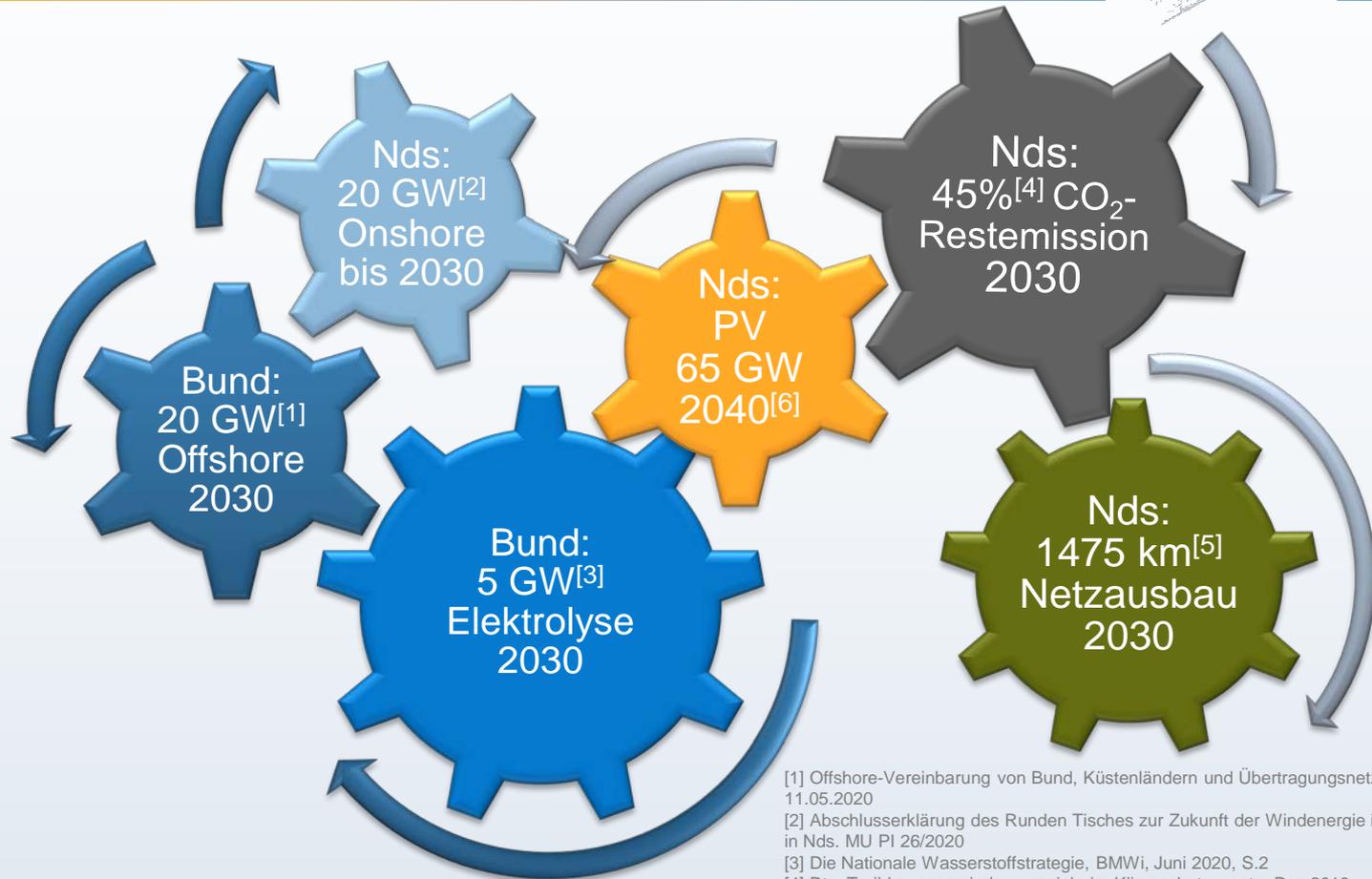


$$E(t) = E(t_0) \left(1 - \frac{t - t_0}{\Delta t}\right)^2 \frac{B_{lin}}{B} - 1$$

- Linear: $B_{lin} = 11,1 \text{ Gt}$
- BR: $B = 9,2 \text{ Gt}$ [KSG 2021]
- SRU: $B = 6,7 \text{ Gt}$
- Restemissionen in 2030:
40%, 32%, 20%

[KSG 2021] Quelle für zwei gelbe Datenpunkte: <https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-ersten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes/>, geladen 15.5.2021

Maschinenraum der niedersächsischen Energiewende



[1] Offshore-Vereinbarung von Bund, Küstenländern und Übertragungsnetzbetreiber vom 11.05.2020

[2] Abschlusserklärung des Runden Tisches zur Zukunft der Windenergie in Niedersachsen, Link in Nds. MU PI 26/2020

[3] Die Nationale Wasserstoffstrategie, BMWi, Juni 2020, S.2

[4] Dts. Treibhausgaserminderungsziele im Klimaschutzgesetz, Dez.2019

[5] Ergebnisse des Treffens am 24. Mai 2019 in Hannover von Bundesminister Altmaier mit den Länderminister/innen, dem Präsidenten der Bundesnetzagentur sowie den Geschäftsführern der Übertragungsnetzbetreiber zum vorausschauenden Controlling des Netzausbaus

[6] <https://www.stk.niedersachsen.de/startseite/presseinformationen/andong-niedersaechsischen-bauordnung-bau-und-energieminister-olaf-lies-photovoltaik-auf-allen-groesseren-dachern-von-gewerboneubauten-kunftig-pflicht-198754.html>

Grüner importierter Wasserstoff statt Photovoltaik?

→ Modellrechnung

SiKuWa-Studie, F. Peterssen, M. Schlemminger, R. Niepelt, R. Hanke-
Rauschenbach, R. Brendel, Veröffentlichung am 1.7.2021 hier:

www.isfh.de/publikationen/berichte/

Modell-Annahmen

\\ Solidarisches Niedersachsen



- Flächen sind der Engpass der EE!
- Landesfläche gibt Raum für EE
Nds. 13,3% von DE
- Bevölkerung erhöht Energiebedarf
Nds. 9,64% von DE
- Niedersachsen deckt in 2050
138% des Eigenbedarfs [RT2016]
38% für Export in andere BL

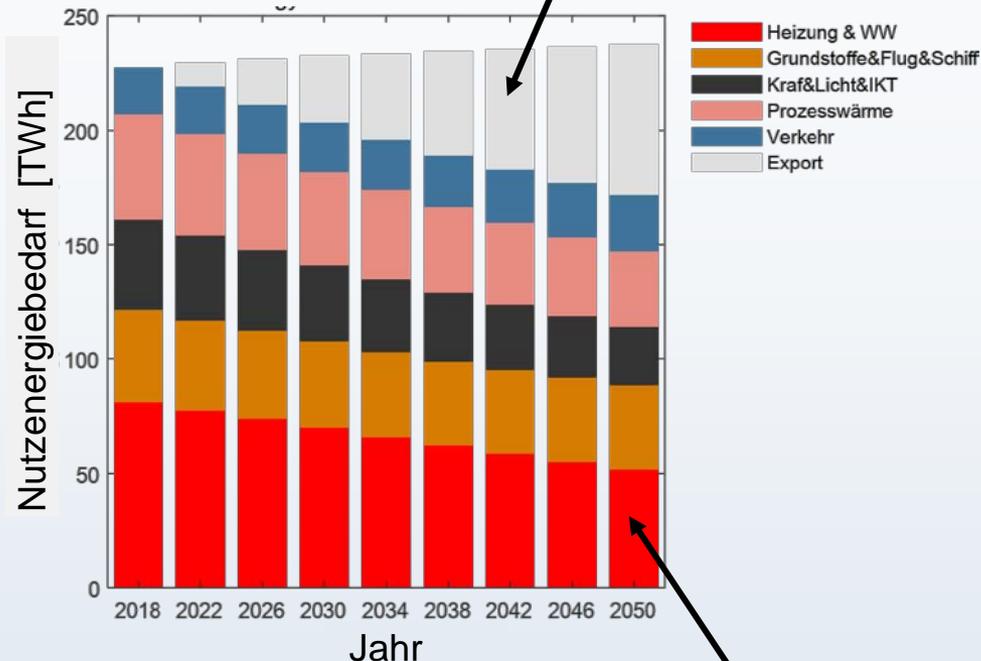
[RT2016] M. Faulstich et al, *Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050 - Gutachten*. (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, 2016).

Modell-Annahmen

\\ Nutzenergiebedarf Niedersachsen



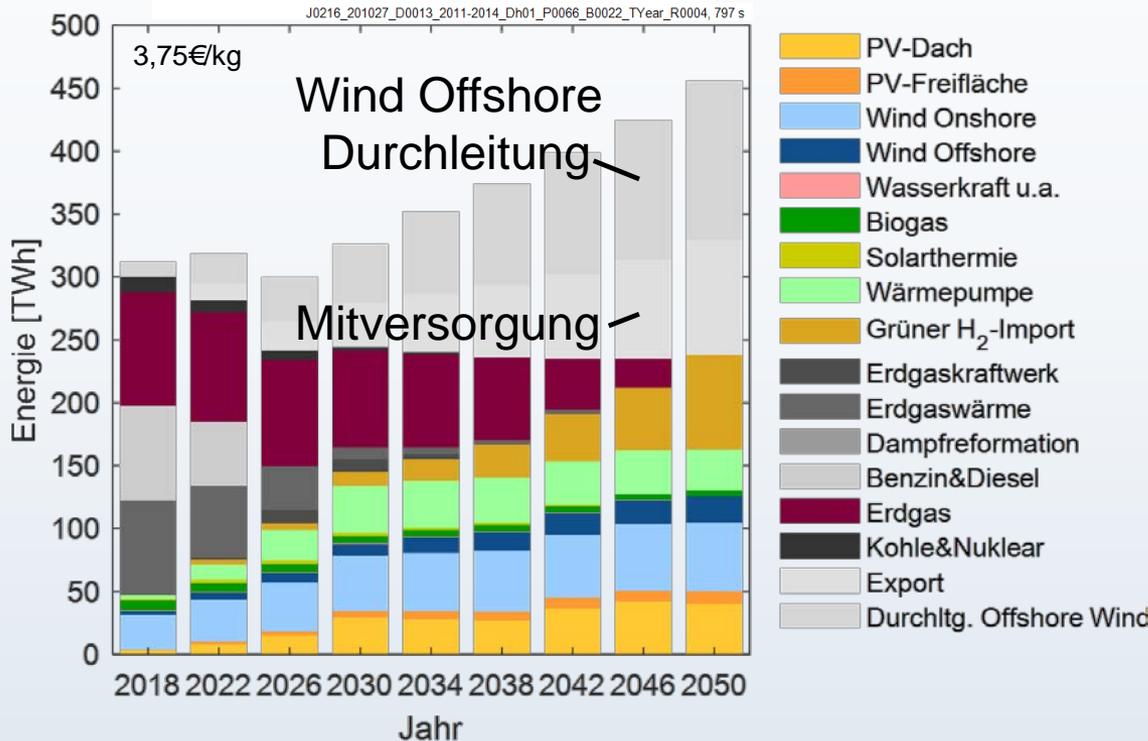
Grau: Mitversorgung
anderer Bundesländer



Farbig: Eigenbedarf

- Nutzenergiebedarf in jeder Stunde 2018 bis 2050 gedeckt
- Niedersächsische Wetterjahre 2011 bis 2014
- Verschiedene Arten der Deckung im Wettbewerb. Verkehr: Fossil, Strom, H₂
- Betriebsführung: Effiziente Prozesse zuerst
- Kostenminimierung

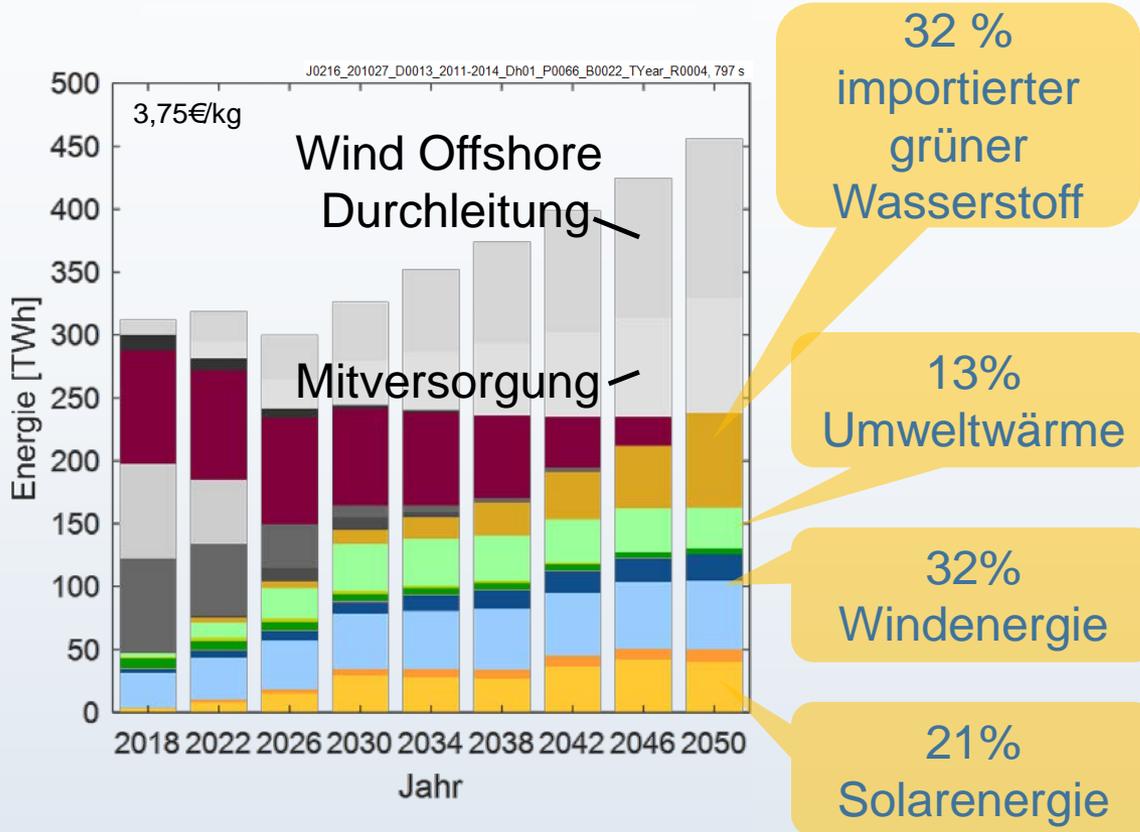
Ergebnis der Modellrechnung \\ Energiequellen



- Rückgang Energieaufwand
- Wechsel von importdominiertem zu selbstversorgtem Energiesystem
- Niedersachsen: Ein Motor der Energiewende!

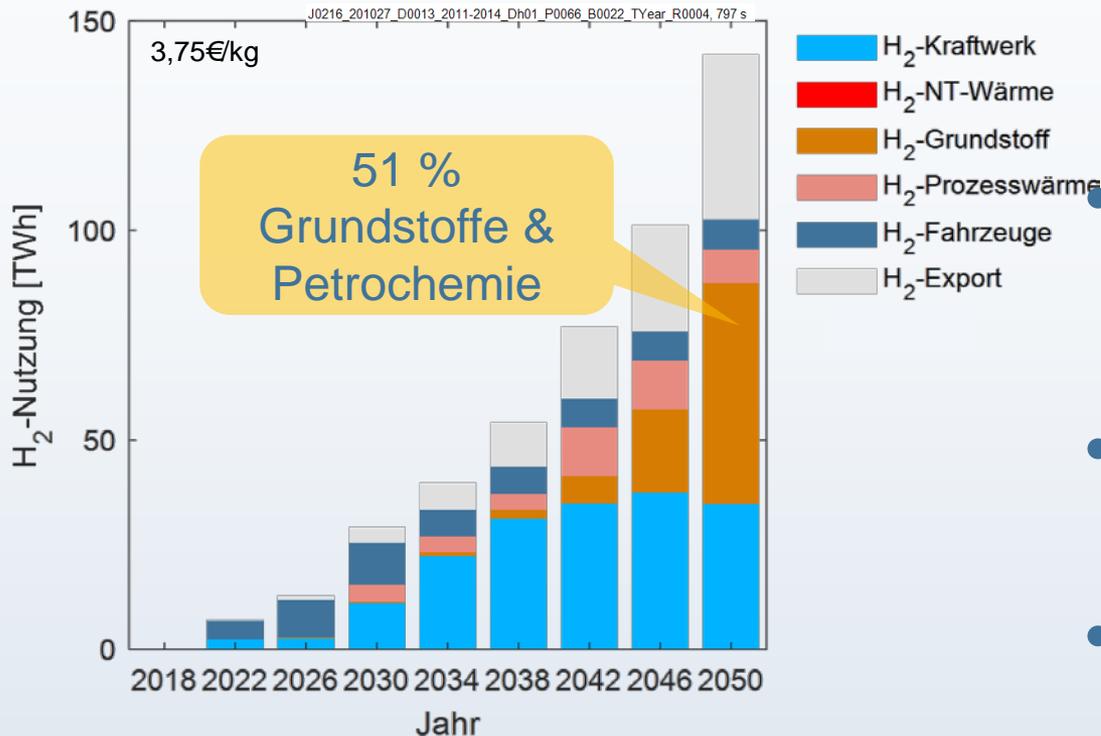
Hinweis: Kostenminimierung ohne Berücksichtigung von Transportkosten, Verkehrsinfrastruktur, Gebäudesanierungskosten, und Investitionen in Energieverbraucher. Emissionen ohne Berücksichtigung der Emissionen bei der Herstellung der Komponenten.

Ergebnis der Modellrechnung \\ Solarenergie leistet großen Beitrag



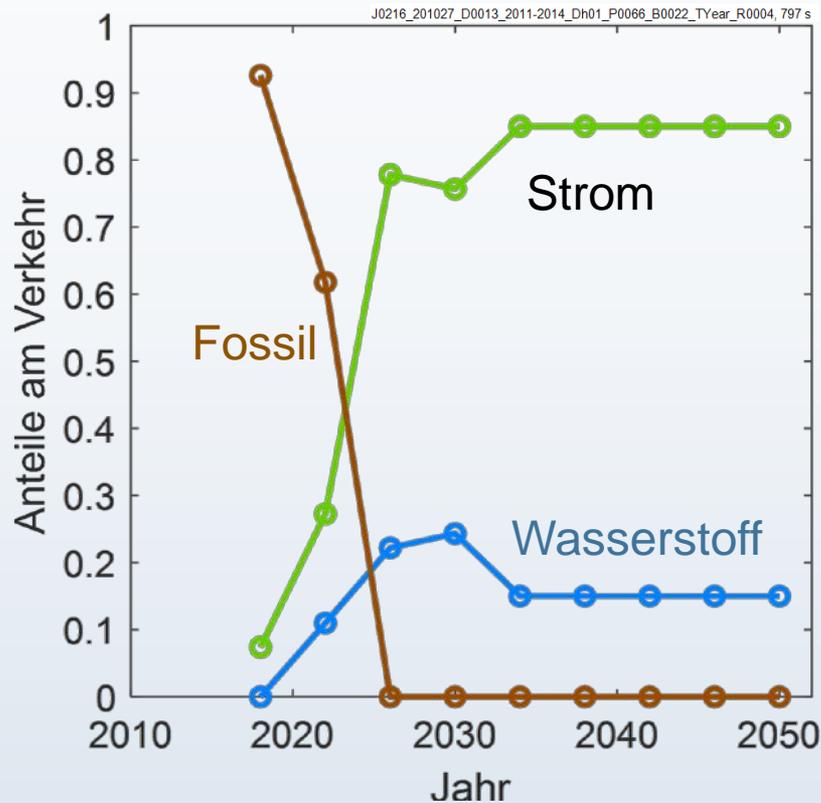
- Rückgang Energieaufwand
- Wechsel von importdominiertem zu selbstversorgtem Energiesystem
- Niedersachsen: Ein Motor der Energiewende!

Ergebnis der Modellrechnung \\ Wasserstoffverwendung



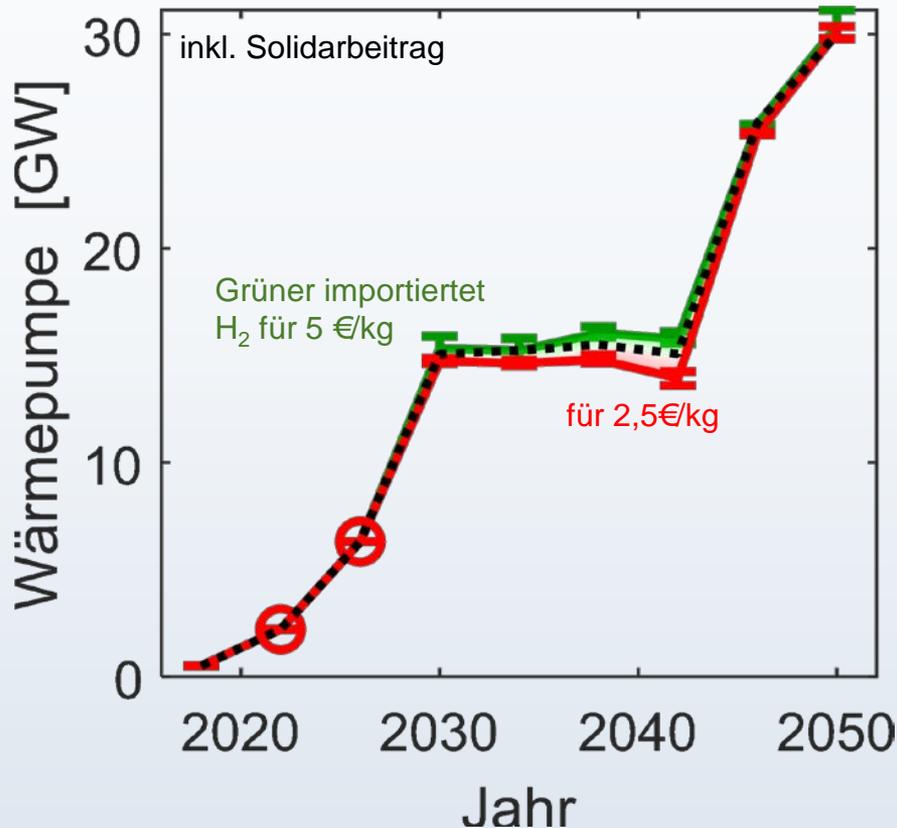
- Grundstoffindustrie und Rückverstromung langfristig größten Anwendungen.
- Optimierer wählt Grundstoffe als letzte Option. Früher beginnen.
- H₂ im Verkehr kurzfristig die größte Anwendung
- Keine H₂-Verbrennung für Heizung und WW
- H₂ für Eigenbedarf steigt auf 104 TWh in 2050

Ergebnis der Modellrechnung \\ Energieträger im Transport



- Energiesystem präferiert Elektromobilität
- H₂-Mobilität für den als nicht elektrifizierbar angenommenen Schwerlastverkehr (15%)

Ergebnis der Modellrechnung \\ Heizung mit Wärmepumpe (WP)



- WP hohe Effizienz im Vergleich zum Verbrennen von H₂
- 31 GW WP in 2050
- Jährliches Wachstum 1 GW/a also >10 GW in 2030

Wärmepumpen-Initiative Niedersachsen (WIN)



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



WIN

Wärmepumpen-Initiative
Niedersachsen

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



11
102
1004

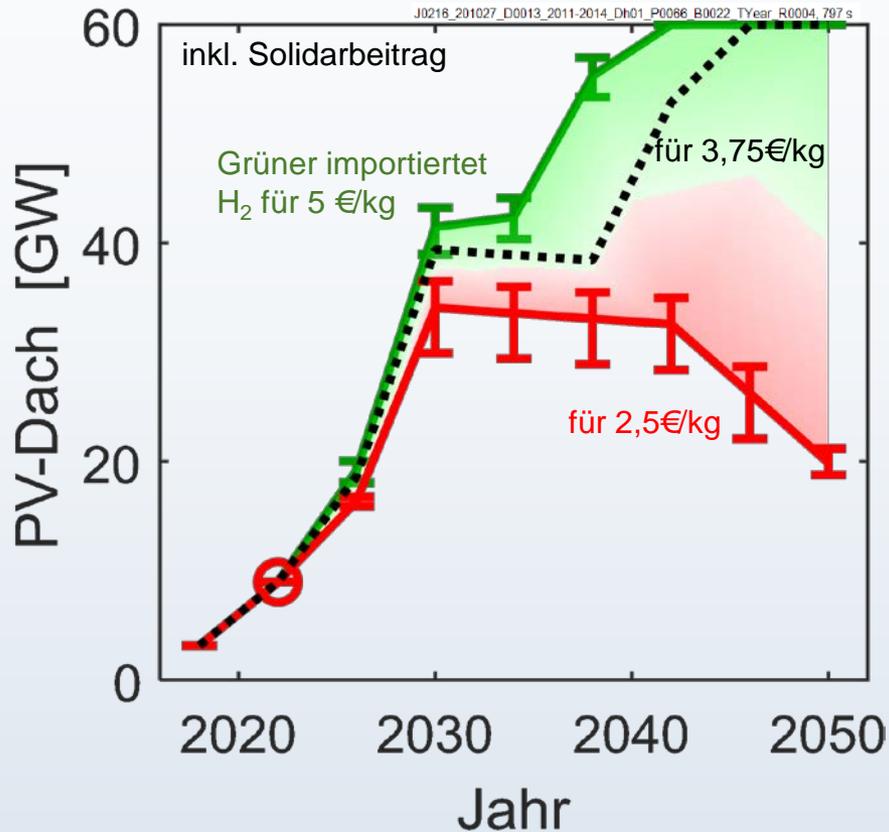
Leibniz
Universität
Hannover

Gründungsmitglieder

- Marktdurchdringung in Nds.
- Forschung und Entwicklung
 - Tests von Wärmepumpen und Systemen
 - Innovative Systeme
 - Monitoring & Betriebsoptimierung
- Know-how-Transfer

ISFH/efzn-Ansprechpartner:
Dr. Raphael Niepelt, niepelt@isfh.de

Ergebnis der Modellrechnung \\ Ausbau Dach-Photovoltaik

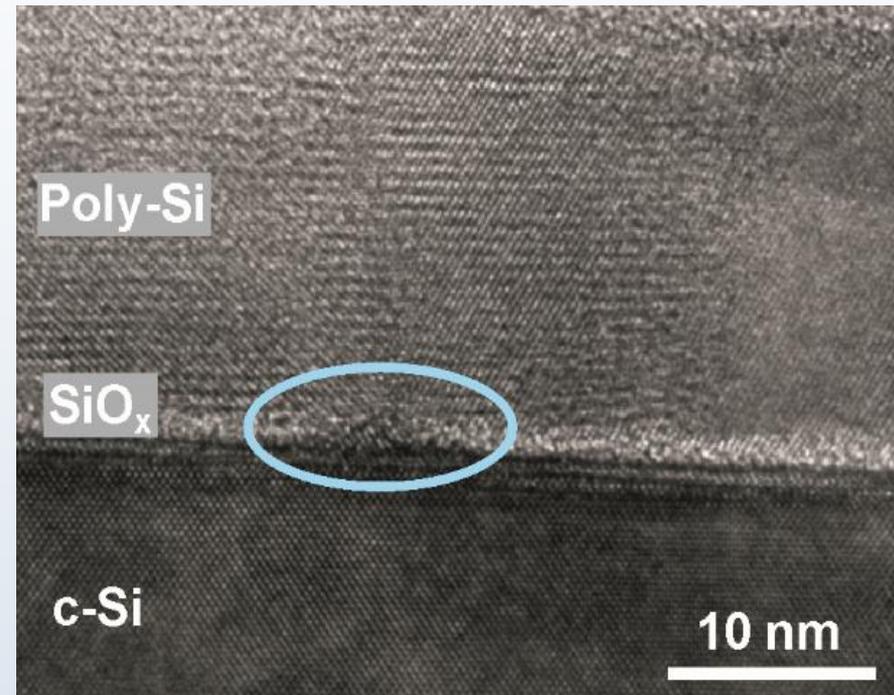
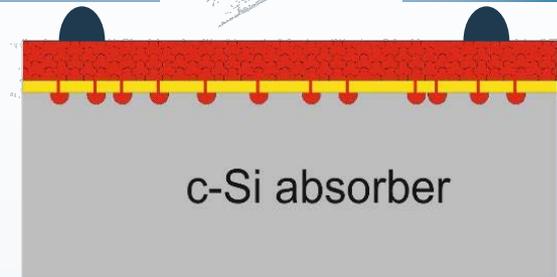


- Bis 2030 extrem hoher PV-Bedarf und Ausbau
- 35 GW PV in 2030 passt zu Landesziel 65 GW in 2040
- Ausbau 1,8 GW/a für 3,75 €/kg Sz. bis 2050
- Ab 2030 starke Abhängigkeit vom H₂-Importpreis
- Günstiger H₂-Import kann PV verdrängen

PV-Technologiefortschritt \\ Hochselektive Poly-Si-Kontakte



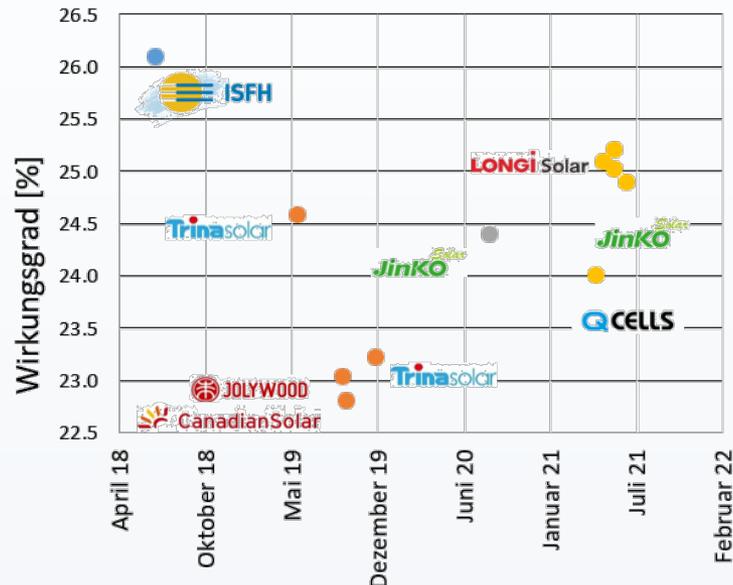
- base
- SiO_x
- n⁺ poly-Si
- n⁺ c-Si



R. Brendel et al., 28th European Photovoltaic Solar Energy Conf. (WIP, Munich, 2013), pp. 676
F. Feldmann et al., European Photovoltaic Solar Energy Conf. (WIP, Munich, 2013), pp. 988.
R. Peibst et al., IEEE Journal of Photovoltaics 4 (3), pp. 841–850 (2014)

PV-Technologiefortschritt

\\ ISFH-CalTeC zertifizierte Poly-Si-Zellen



- 2013: ISFH & ISE demonstrieren Poly-Si-Kontakt
- 2018: ISFH & LUH demonstrieren 26,1% Laborzelle (4 cm²)
- 2021: Longi (CN) demonstriert 25,2% Produktionszelle (243 cm²)

PV-Technologie hat weiterhin große technologische Verbesserungspotenziale welche den Platzbedarf deutlich senken werden

- Bundesregierung wählt nach BVG-Urteil Restbudget zwischen Bevölkerungsansatz und Emissionsansatz
- Modellrechnung vorgestellt mit der Niedersachsen seine ambitionierten Klimaziele erreicht. PV-Landesziele stimmen.
- Ein solidarisches Niedersachsen (mittleres H₂-Preisszenario)...
 - ...exportiert in 2050 38% der heimischen EE
 - ...importiert in 2050 32% grünen H₂
 - ...baut die Photovoltaik bis 2050 um +1,8 GW/a aus
Erfordert PV-Boden statt PV-Deckel!
 - ...baut Windkraft wie geplant aus
 - ...baut die Wärmepumpenheizung um 1 GW/a aus
 - ...baut die Elektrolyse um 0,6 GW/a aus
- Im Angesicht solcher Ausbaupläne: Versorgungssicherheit mit preiswerter Energiewendetechnologie heute so wichtig wie früher Gas und Öl!

Niedersachsen in die Sonne!

Herzlichen Dank

- BMWi, MWK & MU für Projektförderung
- M. Schlemminger, F. Peterssen
- R. Hanke-Rauschenbach
- M. Breitner
- C. v. Haaren
- EFZN & KEAN

Kontakt:
r.brendel@isfh.de
www.isfh.de

15.6.2021

4. Nds. Forum Solarenergie – R. Brendel & R. Niepelt