

Energiewende Niedersachsen mit Wind, Sonne und Wasserstoff

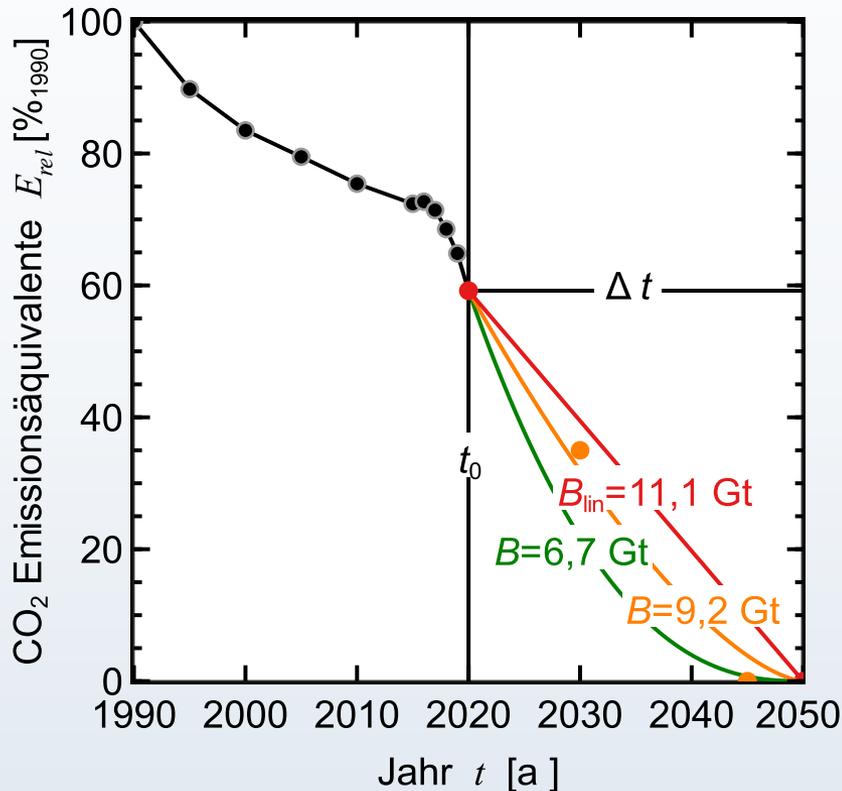
Prof. Dr.-Ing. Rolf Brendel^{1,2}

¹Institut für Solarenergieforschung Hameln

²Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover

r.brendel@isfh.de

www.isfh.de



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

- Linear: $B_{lin} = 11,1 \text{ Gt}$ (hier)
- 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

Großer Hoffnungsträger & Unbekannter: Grüner importierter Wasserstoff

→ Modellrechnungen für MWK und MU

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

<https://isfh.de/download/12035/>

oder

www.isfh.de/publikationen/berichte/

Empfehlungen

Modell-Annahmen

\\ Solidarisches Niedersachsen



- Flächen sind der Engpass des EE-Ausbaus!
- Große 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

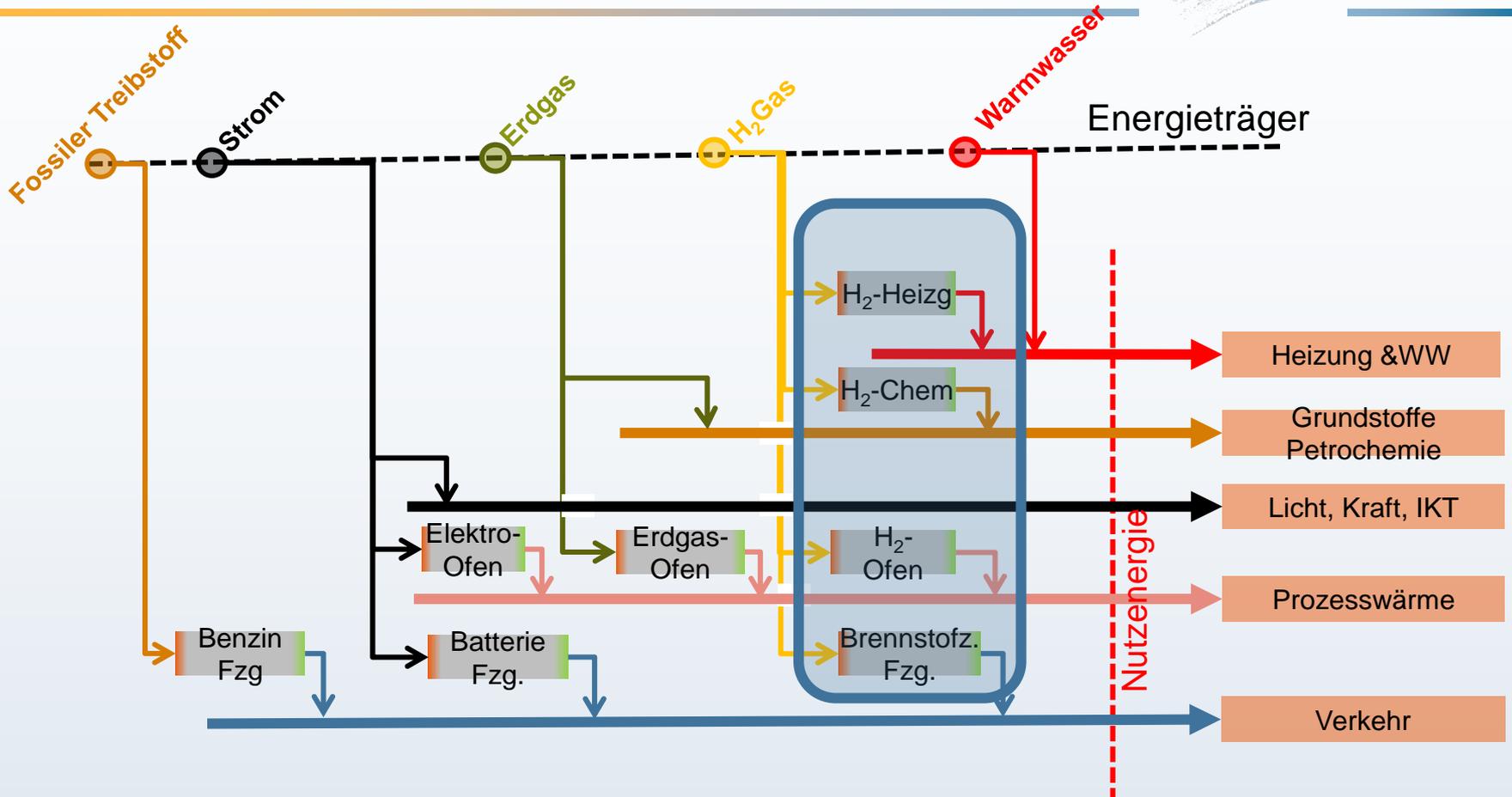
[RT2016] M. Faulstich et al, *Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050 - Gutachten*. (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, 2016).

Eigenbedarfsdeckung nach Solidaritätsansatz



| | Bedarfsdeckung relativ zum Eigenbedarf [%] |
|------------------------|---|
| Mecklenburg-Vorpommern | 336 |
| Brandenburg | 274 |
| Sachsen-Anhalt | 217 |
| Thüringen | 177 |
| Niedersachsen | 138 |
| Schleswig-Holstein | 127 |
| Bayern | 125 |
| Sachsen | 105 |
| Hessen | 78 |
| Baden-Württemberg | 75 |
| Saarland | 61 |
| Nordrhein-Westfalen | 44 |
| Bremen | 14 |
| Rheinland-Pfalz | 13 |
| Hamburg | 10 |
| Berlin | 6 |

Modell: Renewable Lower Saxony (ReLoS) \\ Strom, Wärme, Verkehr und Grundstoffe



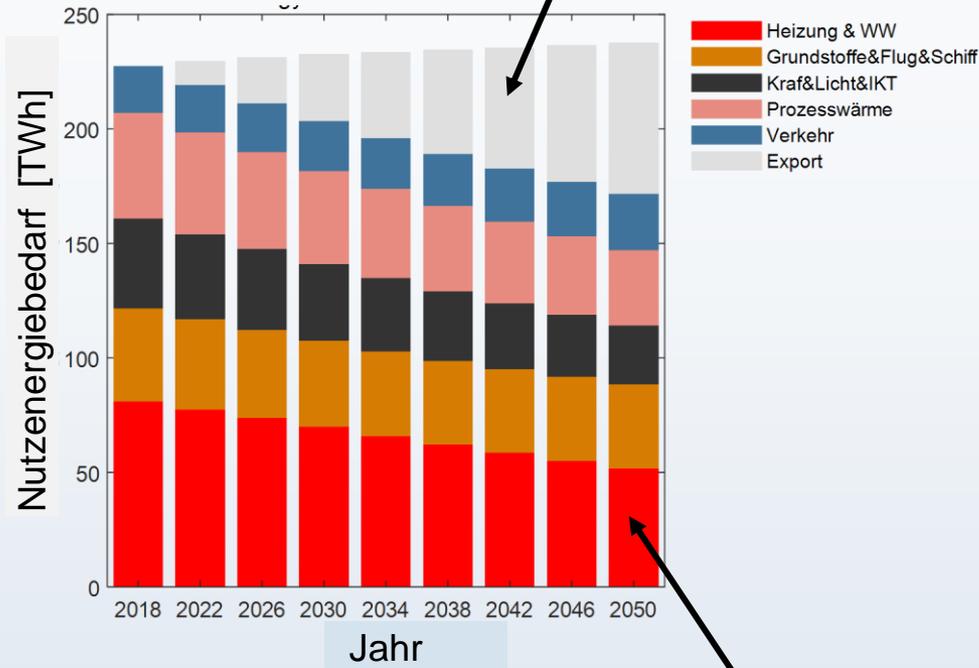
- Wettbewerb verschiedener Wandler zur Bedarfsdeckung, z.B. beim Verkehr

Modell-Annahmen

\\ Nutzenergiebedarf Niedersachsen



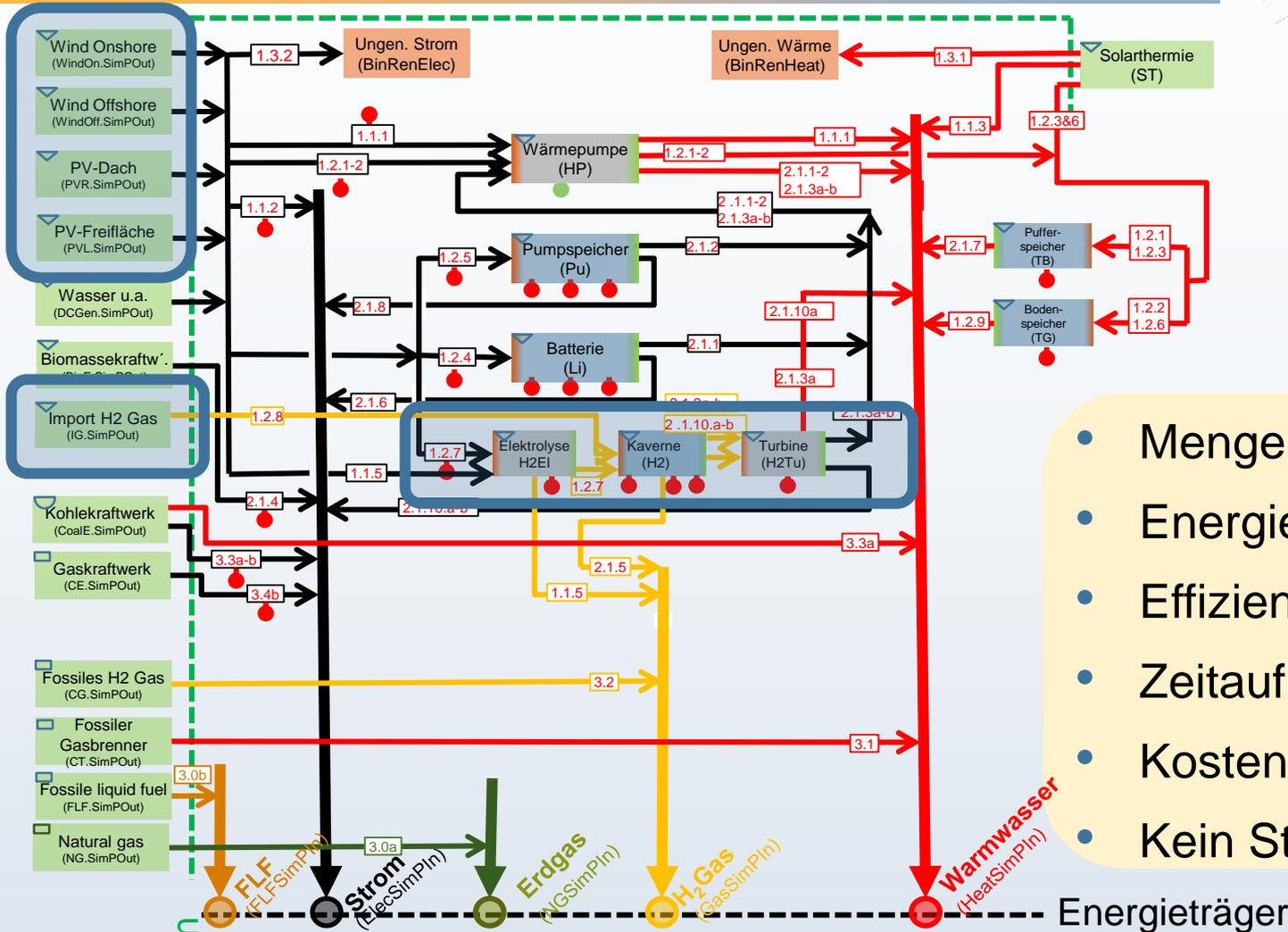
Grau: Mitversorgung
anderer Bundesländer



Farbig: Eigenbedarf

- Nutzenergiebedarf in jeder Stunde 2018 bis 2050 gedeckt
- Niedersächsische Wetterjahre 2011 bis 2014
- Betriebsführung: Effiziente Prozesse zuerst
- Kostenminimierung

Modell: Renewable Lower Saxony (ReLoS) \\ Kostenoptimierte Bereitst. der Energieträger



- Mengengerüst
- Energieflusketten
- Effizienteste zuerst
- Zeitauflösung 1h
- Kostenminimierung
- Kein Stromimport



- Wind Onshore: Optimiert, < 20 GW in 2030
< 30 GW in 2050
- Wind Offshore: Ausbau auf 54 GW



- PV-Dach: Optimiert, < 60 GW
- PV-Freifläche: Ausbau auf 15 GW in 2050



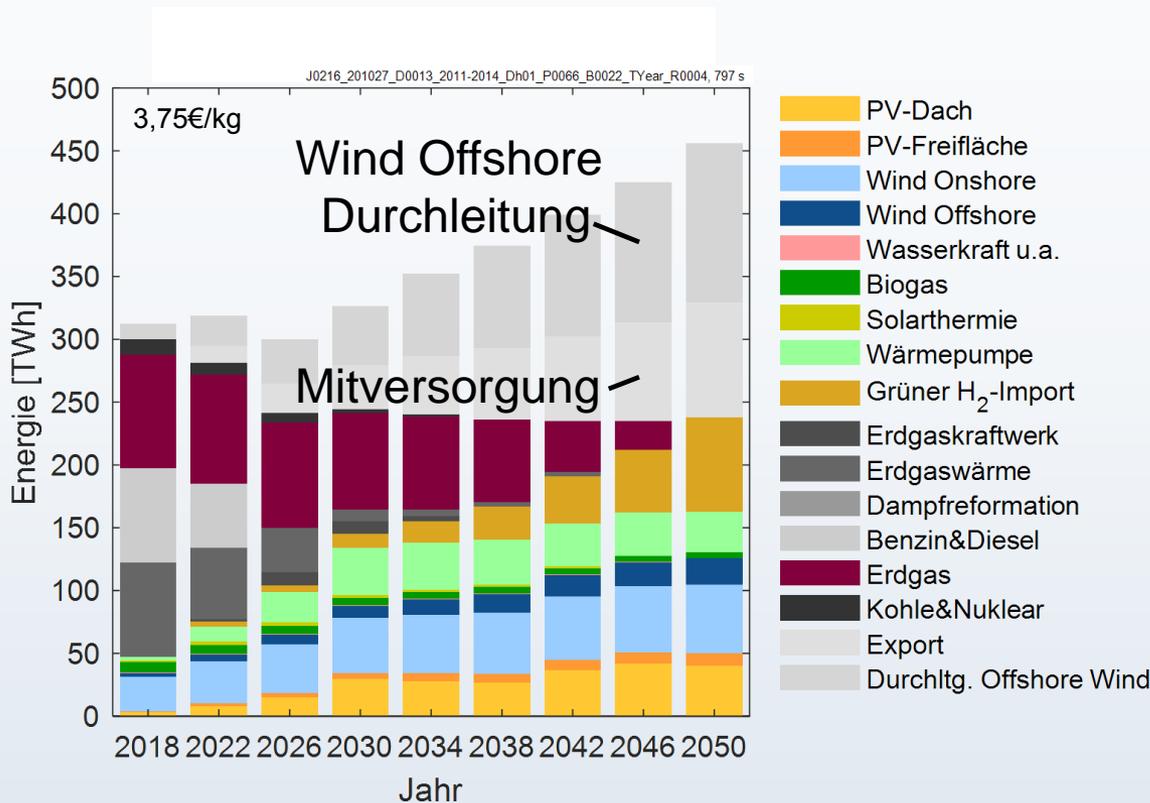
- Leistung H₂-Import: Optimiert

Grüner

5,00 €/kg

- H₂-Importpreis: 5 €/kg in 2018 → 3,75 €/kg in 2050
2,50 €/kg

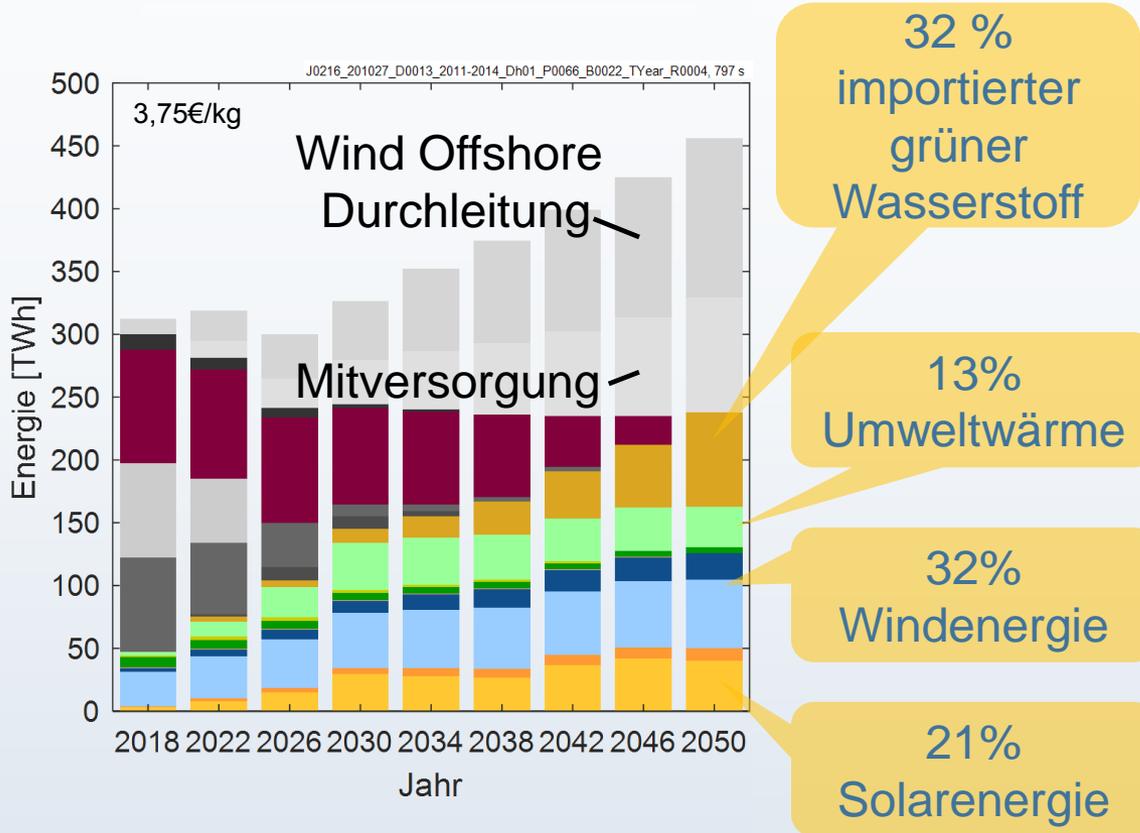
Ergebnis der Modellrechnung \\ Energiequellen



- Rückgang Eigenbedarf wegen Effizienz
- Wechsel von importdominiertem zu selbstversorgtem Energiesystem
- **Niedersachsen: Ein Motor der Energiewende!**

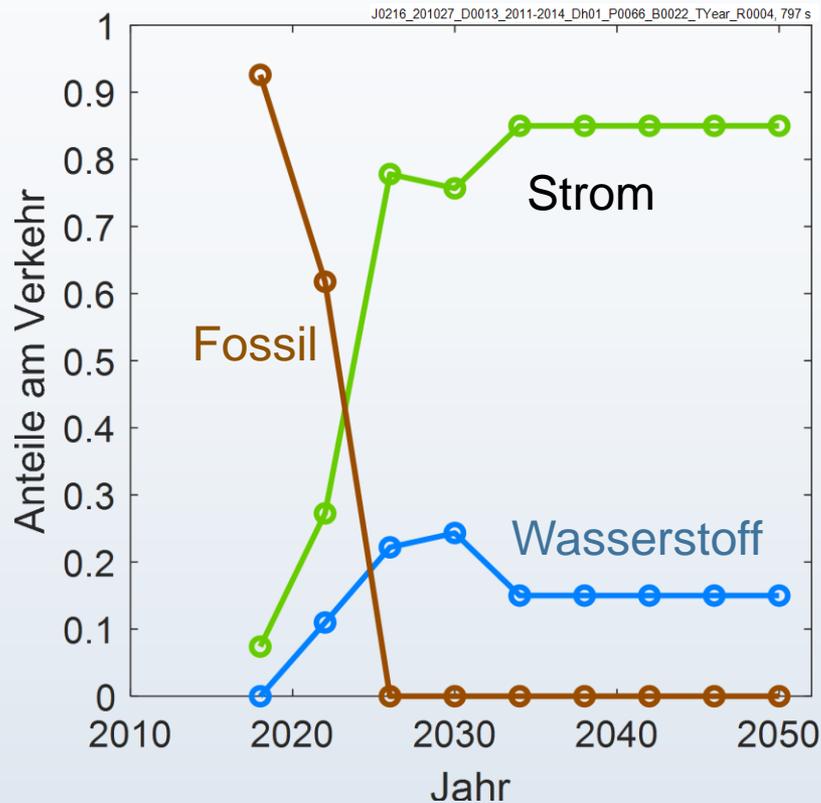
Hinweis: Kostenminimierung ohne Berücksichtigung von Transportkosten, Verkehrsinfrastruktur, Gebäudesanierungskosten, und Investitionen in Energieverbraucher. Emissionen ohne Berücksichtigung der Emissionen bei der Herstellung der Komponenten.

Ergebnis der Modellrechnung \\ Solarenergie leistet großen Beitrag



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

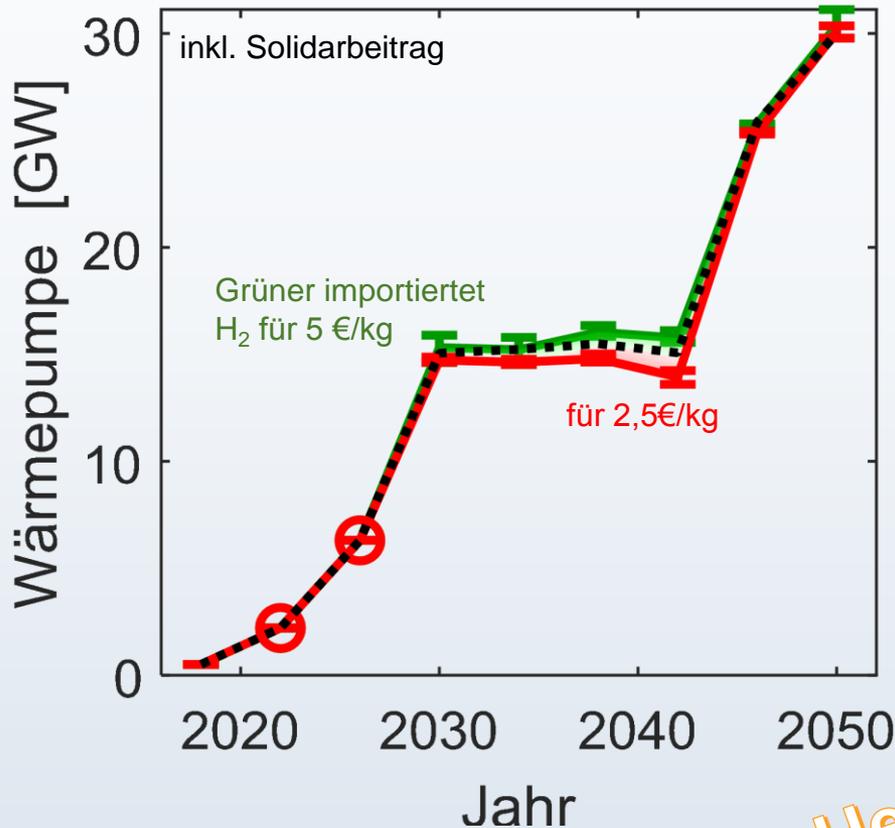
Ergebnis der Modellrechnung \\ Energieträger im Transport



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

**Elektromobilität
voran bringen!**

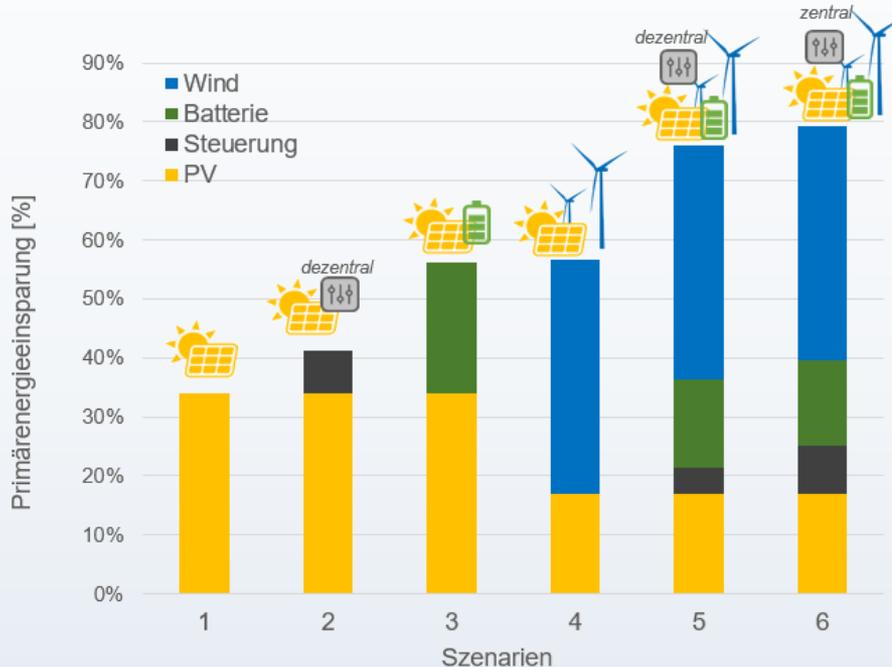
Ergebnis der Modellrechnung \\ Heizung mit Wärmepumpe (WP)



- WP hohe Effizienz im Vergleich zum Verbrennen von H_2
- 31 GW WP in 2050
- Jährliches Wachstum 1 GW/a also >10 GW in 2030

Heizen mit Wärmepumpen
voran bringen!

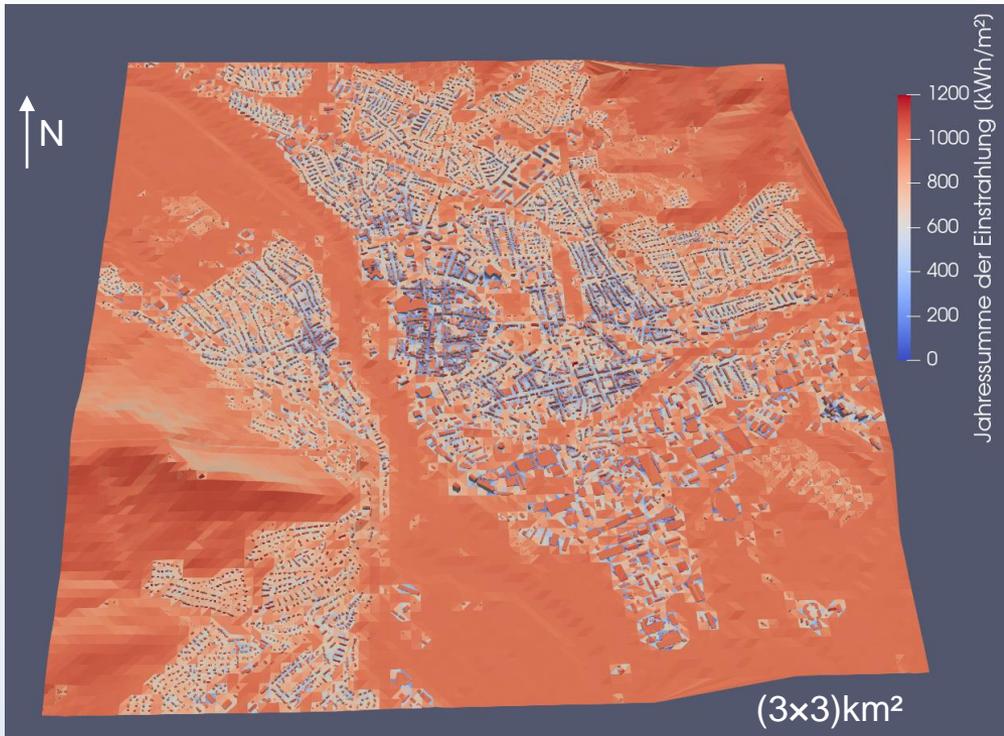
Betriebsführung von Wärmepumpensystemen



- 40% Primärenergie-Einsparung bei dezentraler Steuerung von Solaranlagen
- 80% Einsparung bei zentraler Steuerung und Nutzung von Wind, Sonne, und Batterie

(Einsparungen relativ zum Brennwärtekessel)

Zeitaufgelöste Berechnung der solaren Einstrahlung für das gesamte Stadtgebiet für Hamelner Wetter

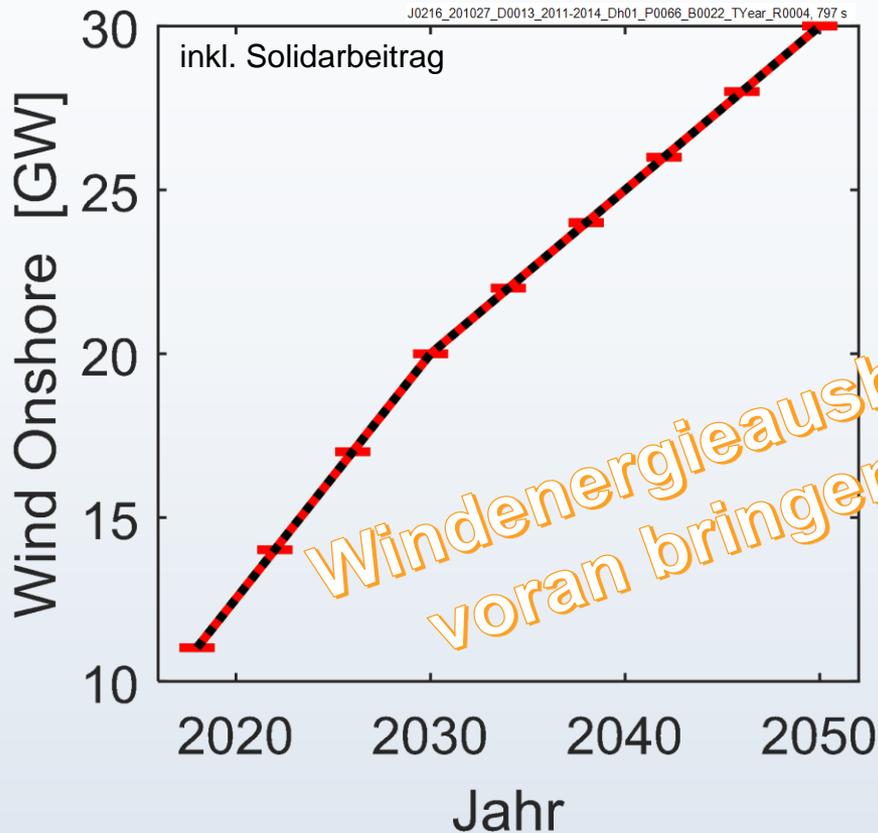


Quelle: Dennis Bredemeier, LUH

- Stundenwerte für jede Fläche: Dach, Fassade oder Freifläche
- Berücksichtigung von Gebäude und Geländeschatten und Reflexionen
- Es fehlen noch: Baumschatten
- Dank für gute Zusammenarbeit mit dem Sachgebiet 41.3 Geoinformation der Stadt Hameln!

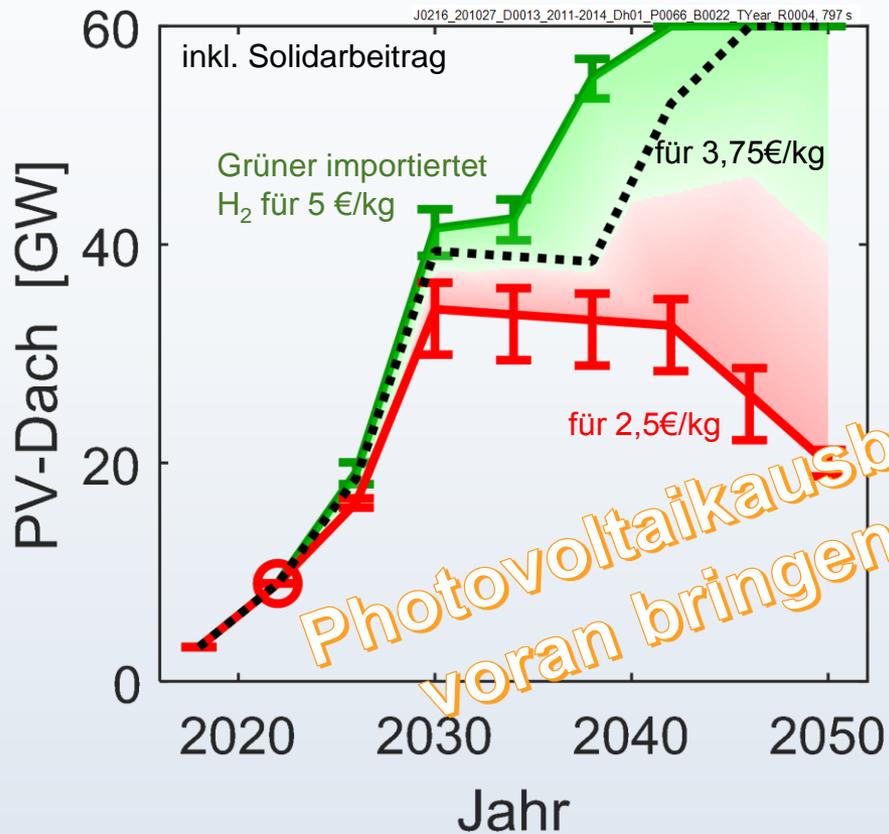
Zeitaufgelöstes Kataster für Hameln erarbeiten

Ergebnis der Modellrechnung \\ Ausbau Wind Onshore



- In jedem untersuchten H₂-Preiszenario wird Wind Onshore bis zur Obergrenze ausgebaut
- Wind ist systemisch bevorzugte Energiequelle
- 30 GW Wind Onshore in 2050
- Jährliches Wachstum 0,9 GW/a

Ergebnis der Modellrechnung \\ Ausbau Dach-Photovoltaik

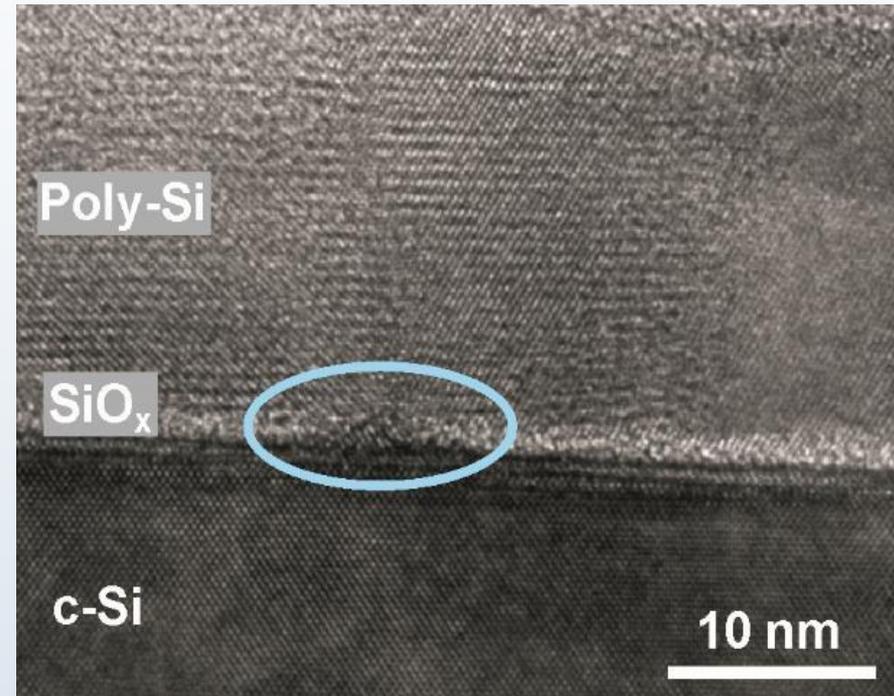
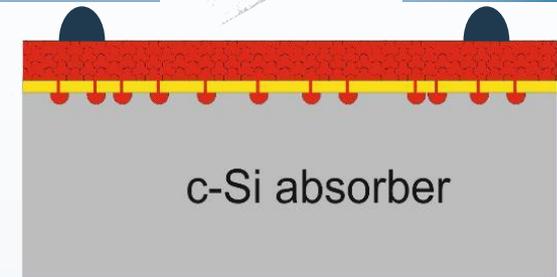


- Bis 2030 extrem hoher PV-Bedarf und Ausbau
- 35 GW PV in 2030 passt zu Landesziel 65 GW in 2040
- Ausbau 1,8 GW/a für 3,75 €/kg Sz. bis 2050
- Ab 2030 starke Abhängigkeit vom H₂-Importpreis
- Günstiger H₂-Import kann PV verdrängen

Schneller PV-Technologiefortschritt \ Hochselektive Poly-Si-Kontakte



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



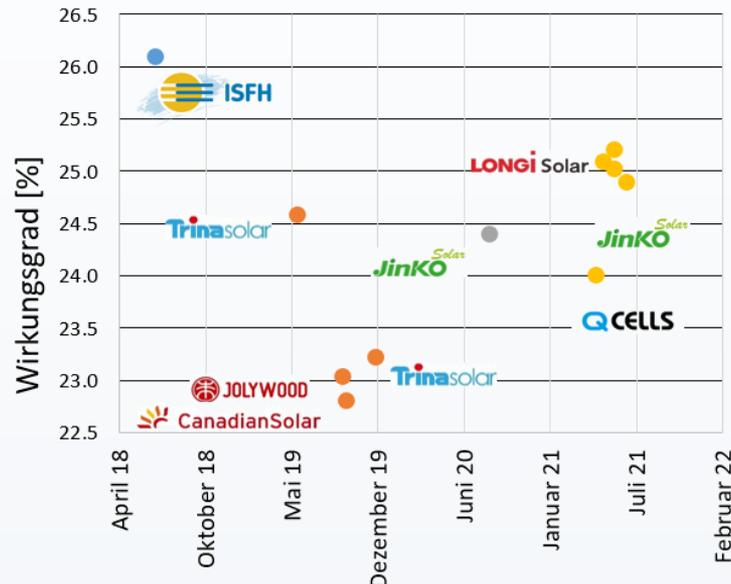
R. Brendel et al., 28th European Photovoltaic Solar Energy Conf. (WIP, Munich, 2013), pp. 676

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 treibt internationale Entwicklung an



- 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 technologische Verbesserungspotenziale welche den Platzbedarf deutlich senken werden

PV-Module sind derzeit knapp

\\ Transportpreise CN-EU jetzt 0,05 €/W!



Solarserver-Newsletter vom 19.08.2021

Steigende Photovoltaik-Modul-Preise lassen Markteinbruch befürchten

19.08.2021 / Solarserver / Photovoltaik / Top Solar News / Wirtschaft



Grafik: alarts – stock.adobe.com

Auch im August sind die Spotmarktpreise für Photovoltaik-Module weiter angestiegen. Das geht aus dem Photovoltaik-Modulpreisindex hervor, den der Solarserver in Zusammenarbeit mit der Handelsplattform pvXchange präsentiert.

[Weiterlesen...](#)

- Beschleunigte Energiewende vergrößert Nachfrage für PV in DE und EU

Quelle: https://www.solarserver.de/2021/08/19/steigende-photovoltaik-modul-preise-lassen-markteinbruch-befuerchten/?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter

Preisspirale droht

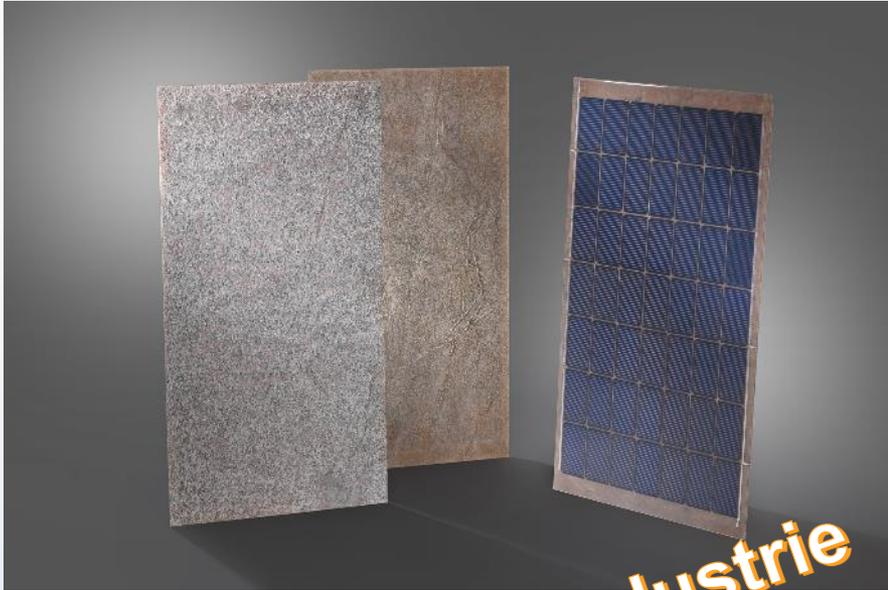
Hohe Transportkosten machen sich nicht nur beim unmittelbaren Wareneinkauf, sondern in der kompletten Wertschöpfungskette bemerkbar. Die ständige Verteuerung der Rohstoffe und Vorprodukte lassen die Margen der Herstellern und Händlern schmelzen. Wo die Kosten an die Verbraucher weitergegeben werden, heizen sie die Inflation an. Dies ist ein Teufelskreis, aus dem wir vermutlich nur durch verstärkte lokale Wertschöpfung und weniger internationalen Frachtverkehr ausbrechen können. Doch regionale Produkte sucht man in der Photovoltaikbranche, insbesondere bei Solarmodulen vergeblich – die wenigen existierenden Angebote können auf absehbare Zeit die ansteigende Nachfrage niemals decken. Eine schnelle Skalierung, insbesondere bei Silizium, Wafern und Zellen ist kapitalintensiv und zeitaufwändig, wurde bisher verschlafen. Ob die nach oben zeigende Preisspirale dann zwangsläufig zu einem baldigen Markteinbruch führt – es ist leider zu befürchten!

19.8.2021 | Quelle: [pvXchange](#) | solarserver.de © Solarthemen Media GmbH

PV-Produktions & Ansiedlungs-Initiativen nötig: ISFH bietet Technologie!

Module können auch ganz anders aussehen!

\\ Hier: Spezialmodul aus Naturschiefer



**Fertigende Industrie
und Ausbildung
voran bringen!**

- Links: Vorderseite aus Naturschiefer. Solarzellen unsichtbar
- Rechts: Rückseite m
- 10% Wirkungsgrad
- „Mass-Customization“ für Fassadenintegration
- Demo-Fertigung im Aufbau
- Umsetzer aus der Region?

- 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 in andere Bundesländer
 - ...importiert in 2050 32% grünen H₂ aus dem Ausland
 - ...baut die Photovoltaik bis 2050 um +1,8 GW/a aus
 - ...baut Windkraft wie geplant um +0,9 GW/a aus
 - ...baut die Wärmepumpenheizung um +1 GW/a aus
 - ...baut die Elektrolyse um +0,6 GW/a aus
- Angesichts solcher Notwendigkeiten: Versorgungssicherheit mit höherwertiger Energiewendetechnologie sicherstellen! (Produkte, Planung, Handwerk, Mass-Customization)!

Größenordnung regionaler
Beiträge ableitbar

Niedersachsen: Stark mit Wind und Sonne!

Herzlichen Dank

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

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

Reserve

Wind und Sonne \\ Bruder und Schwester

Windkraftanlage
Nordex N131 3300



Photovoltaikanlage
QCells Q.PEAK DUO-G5



| | | |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Leistung pro Produktfläche | 240 W/m ² | 199 W/m ² |
| Vollaststunden | 2700 h | 930 h |
| Energie pro Landesfläche | 556 $\frac{\text{MWh}}{\text{ha a}}$ | 1400 $\frac{\text{MWh}}{\text{ha a}}$ |

Notwendigkeit von mehr PV in Niedersachsen wird (endlich) gesehen



DeWezet 25.8.21

Erleichterung für Solarenergie auf Freiflächen

HANNOVER. Das Land Niedersachsen erleichtert den Bau von Solarparks auf Freiflächen. Wie in anderen Bundesländern werden sogenannte benachteiligte Gebiete für Fotovoltaik freigegeben. Das beschloss das Landeskabinett am Dienstag in Hannover. Gemeint sind schlecht nutzbare Ränder an Autobahnen oder auch ertragsschwache Ackerflächen. So bekämen niedersächsische Projekte bessere Chancen bei den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur für Solaranlagen auf Freiflächen, sagte Energieminister Olaf Lies (SPD). „Bis 2040 brauchen wir 65 Gigawatt installierte Fotovoltaikleistung, davon 15 Gigawatt auf Freiflächen“, sagte er. Landwirte befürchten, dass ihnen Flächen verloren gehen oder die Pacht steigt.

NIEDERSACHSEN

Kampf ums Land für Solarparks?

Investoren bieten hohe Summen für große Flächen – damit können Bauern nicht mithalten

VON SEBASTIAN STEIN

Seite 16

BAD PYRMONT · LÜGDE

Solarenergie richtig nutzen

Die Verbraucherzentrale und der Klimapakt des Kreises Lippe zeigen wie es geht

LÜGDE/KREIS LIPPE. Im Zuge der wachsenden Bedeutung erneuerbarer Energien, wie zum Beispiel der Photovoltaik, ist die Nutzung von Freiflächen für Solaranlagen ein Thema, das in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat. Die Verbraucherzentrale und der Klimapakt des Kreises Lippe zeigen, wie es geht.

Wirtschaft für Ausbau der Erneuerbaren Energien

IHK Lippe befragt Unternehmen

KREIS LIPPE. Neun von zehn Unternehmen unterstützen die Umstellung auf eine weitgehend erneuerbare Stromerzeugung. In Paderborn, Hildesheim und Hannover sind es nur noch 58 Prozent Zustimmung. Für mehr Windenergieanlagen auf See sind 73 Prozent, während der Ausbau von Windenergie an Land 63 Prozent Zustimmung auf was weniger Gegenliebe ist.

TOPRATE Siekmann

DEWEZET

DIE TAGESZEITUNG FÜR DAS WESERBERGLAND 1848

Montag, 23. August 2021

Deister- und Weserzeitung

Nr. 195 • 174. Jahrgang • 1,70 €

HEUTE REGEN 22° 22° 17°

DER TAG HEUTE

- Der bundesweite Lichter-Strahl legt seit 21 Uhr bei der Gießerei Hiltl für zwei Tage auch wieder Teile des Hiltl-Werkes still.
- Gesundheit wird auch in Bremer Kliniken Die bei Virensorgen über Paderborn und Hildesheim sind im Mittelnachmittag Teilzeit der Bremer Charité, bei Virensorgen im Späteren nachmittags beeinträchtigt.
- Der Sozialverband VDK will die Suche, die Vergewaltigten über Paderborn und Hildesheim zu unterstützen.
- Das Heilen-Konzept der Linken ist für die Spitzengewerkschaften der Arbeiter und Arbeiterinnen.
- Hildesheim-Westfalen führt 100.000-jähriges Bestehen mit 100-jähriger Geschichte der Hildesheimer Hiltl-Werke in die Zukunft.

Tödliches Gedränge in Kabul

Niedersachsen will Bau von Solarparks forcieren

Größlichste Nutzung von Agrarflächen – Landvolk skeptisch

Wieder Zugausfälle
Bahn scheitert trotz Ja zu Corona-Prämie

Über die Elze - Nordstemmen
Bad Münder - Westzen
Hannover Hbf
Hildesheim Hbf

Ziel: Zugausfälle
Hildesheim Hbf
Paderborn
Hannover ↑
Hannover Hbf
Hildesheim Hbf

fällt aus!
fällt aus!

Fern- u

Mit den Online-Vorträgen erhalten Bürger wichtige Kenntnisse über technische Details und Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik, um sich im Idealfall für die Installation einer Anlage zu entscheiden.

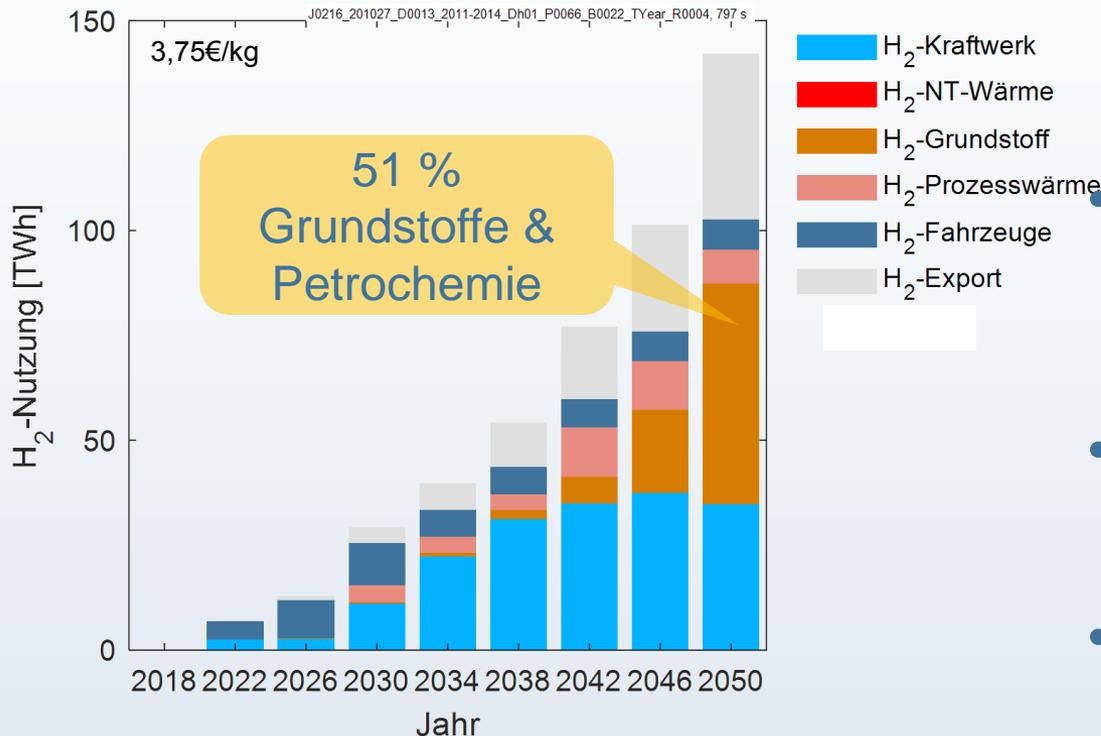
FOTO: SEBASTIAN GOLLNOW/DPA

Alle Ergebnisse der Umfrage: www.dietmold.de/5227582

17. August

- 10. September 2021 **The Johnny Cash Show** 20.00 Uhr Weserbergland
- 5. November 2021 **Dietmar Wischmeier Günther, der Trecker** 20.00 Uhr Rattenfänger-
- 7. November 2021 **Wolfgang Trepper** 20.00 Uhr Weserbergland

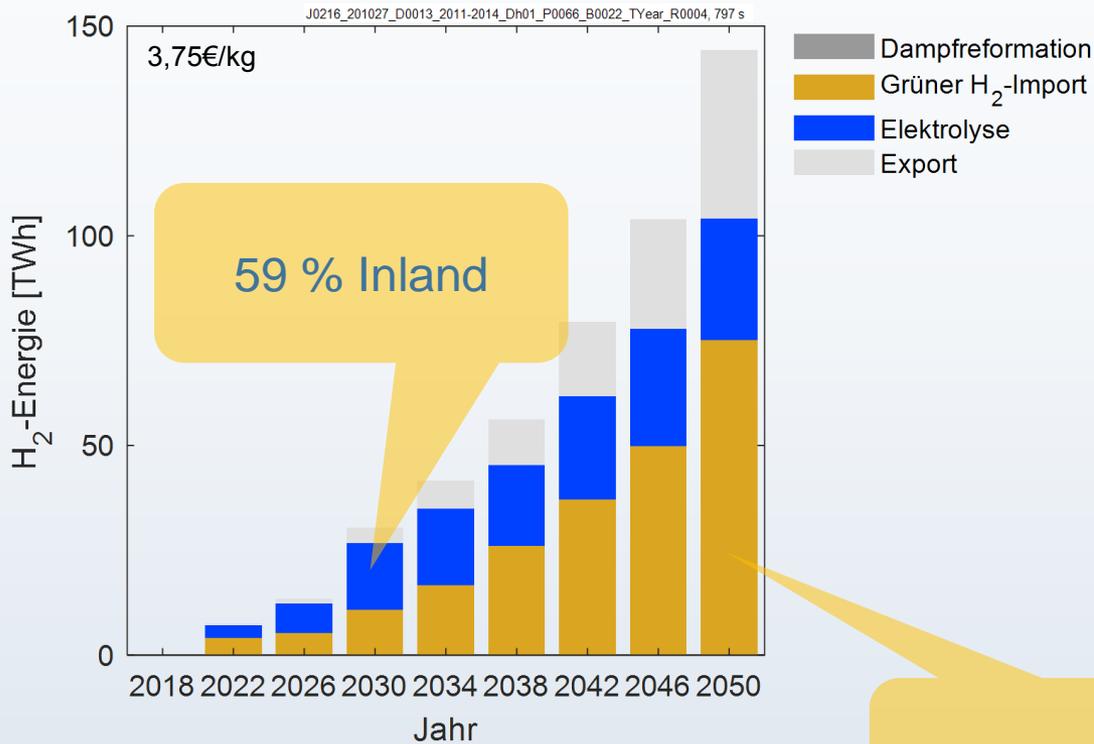
Ergebnis der Modellrechnung \\ Wasserstoffverwendung



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

Ergebnis der Modellrechnung

\\ Wo kommt der grüne Wasserstoff her?



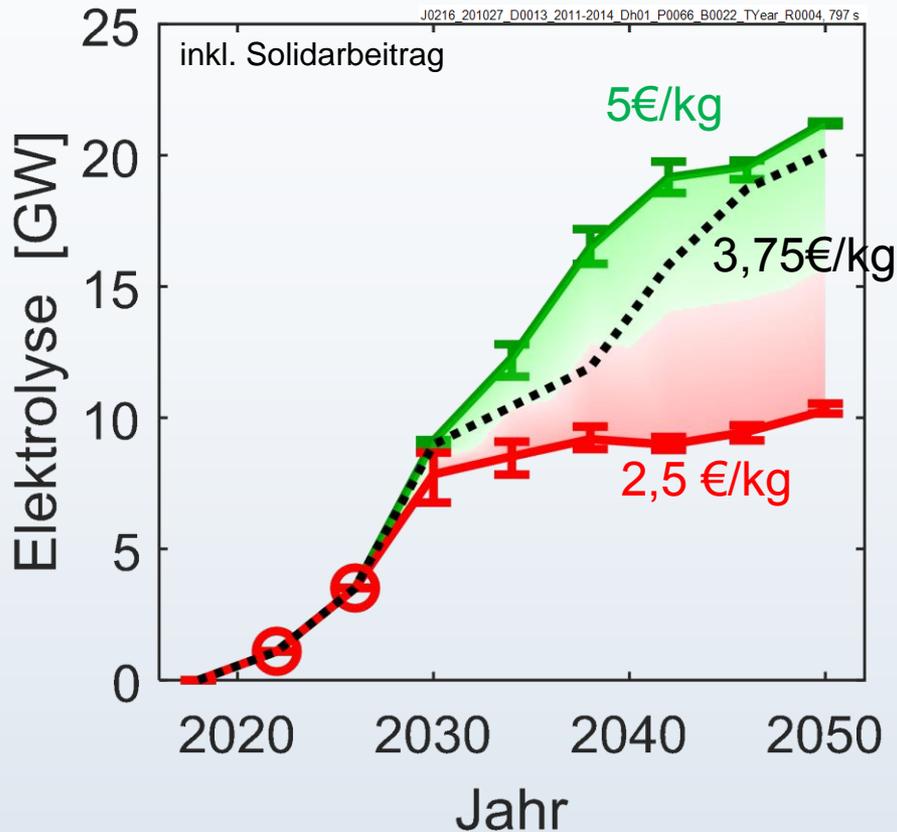
Eigenbedarf:

- 27 TWh in 2030
- 104 TWh in 2050

Dazu kommen:

- H₂ für Export
- H₂ aus Offshore-Wind für andere BL

Ergebnis der Modellrechnung \\ H₂O-Elektrolyse und H₂-Speicher



- Elektrolyseleistungen bei 3,75€/kg
2030: 8,9 GW
2050: 20 GW
 - Wachstum von 1,4 GW/a
 - Nationale Wasserstoffstrategie sieht nur 3,5 GW in 2030 für Deutschland vor
- Angegebenen Leistungen sind H₂-Ausgangsleistungen:
Elektr. Eingangsleistung = H₂-Ausgangsleistung x 1,4
- H₂-Speicher bei 3,75€/kg & statischer Ladung
2030: 7 TWh
2050: 19 TWh
 - Wachstum vom 0,6 TWh/a

Wärmepumpen-Initiative Niedersachsen (WIN)



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



WIN

Wärmepumpen-Initiative
Niedersachsen

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



Gründungsmitglieder

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

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