



Simulative Kurzstudie zum Einsatz von Wasserstofftechnologie in Niedersachsen (SiKuWa)

R. Brendel^{1,2)}, F. Peterssen^{1,3)}, M. Schlemminger²⁾, R. Niepelt^{1,2)}, R. Hanke-Rauschenbach³⁾

¹⁾ Institut für Solarenergieforschung (ISFH)

²⁾ Institut für Festkörperphysik (FKP), LUH

³⁾ Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES), LUH

r.brendel@isfh.de

www.isfh.de

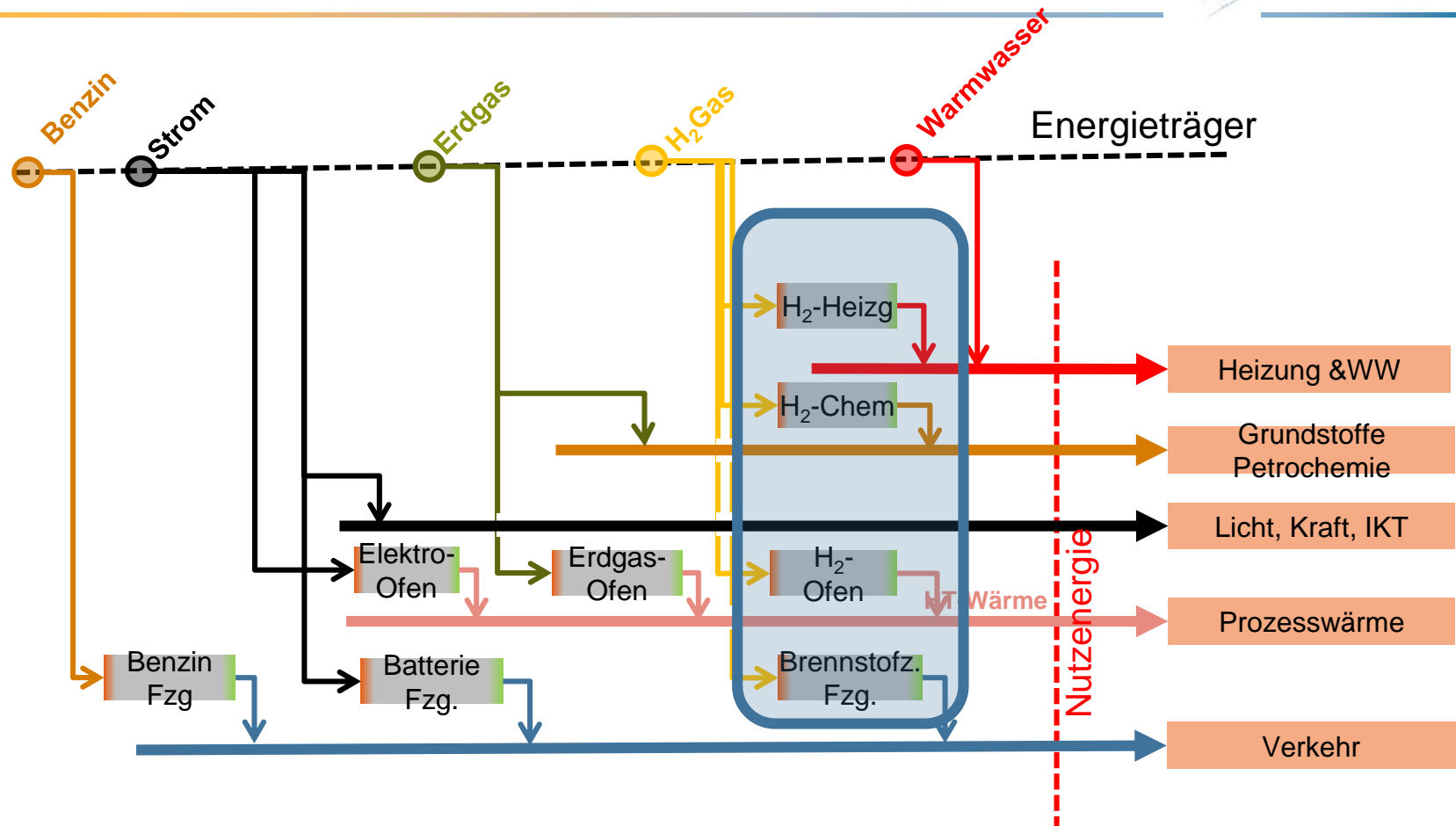
- Fragen:
 - Wieviel H₂ braucht die Energiewende in Nds.?
 - Wieviel davon im Land hergestellt?
 - Wann wird wieviel H₂ für was gebraucht?
 - Wieviel erneuerbare Energie aus Nds.?
- Vorgehen:
 1. Modell für das Energiesystem
 2. Annahmen
 3. Kostenfunktion

Minimieren der Kosten
Ergebnis Szenario x

Veränderung von
Annahmen führt zu
Szenario $x = 1, 2, 3 \dots$

- ↓
4. Ergebnis
 5. Zusammenfassung

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



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

2. Annahmen

\ Solidaritätsprinzip [RT2016]



- 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
38% für Export in andere BL
- Offshore Wind reduziert Flächendruck
13,3% Niedersachsen zugerechnet

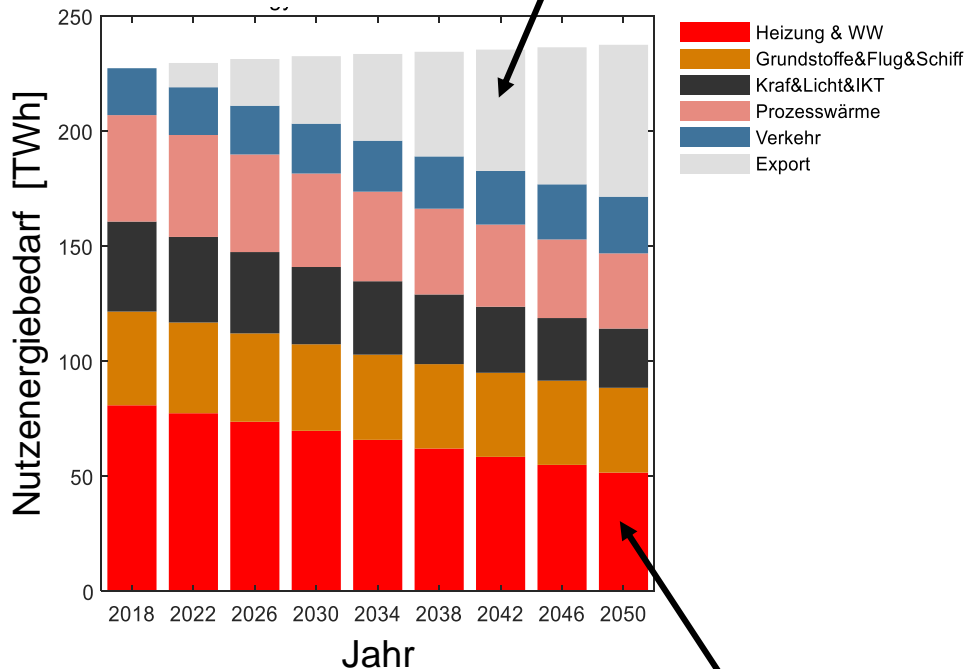
Eigenbedarfsdeckung anderer BL zum Vergleich: Baden-Württemberg 75,0%; Bayern 125,1%; Berlin 5,7%; Brandenburg 273,6%; Bremen 14,3%; Hamburg 9,5%; Hessen 78,1%; Mecklenburg-Vorpommern 335,9%; Niedersachsen 138,6%; Nordrhein-Westfalen 44,2%; Rheinland-Pfalz 112,9%; Saarland 60,6%; Sachsen 105,4%; Sachsen-Anhalt 216,9%; Schleswig-Holstein 126,6%; Thüringen 176,7%;

2. Annahmen

\\ Nutzenergiebedarf Niedersachsen



Grau: Mitversorgung
anderer Bundesländer



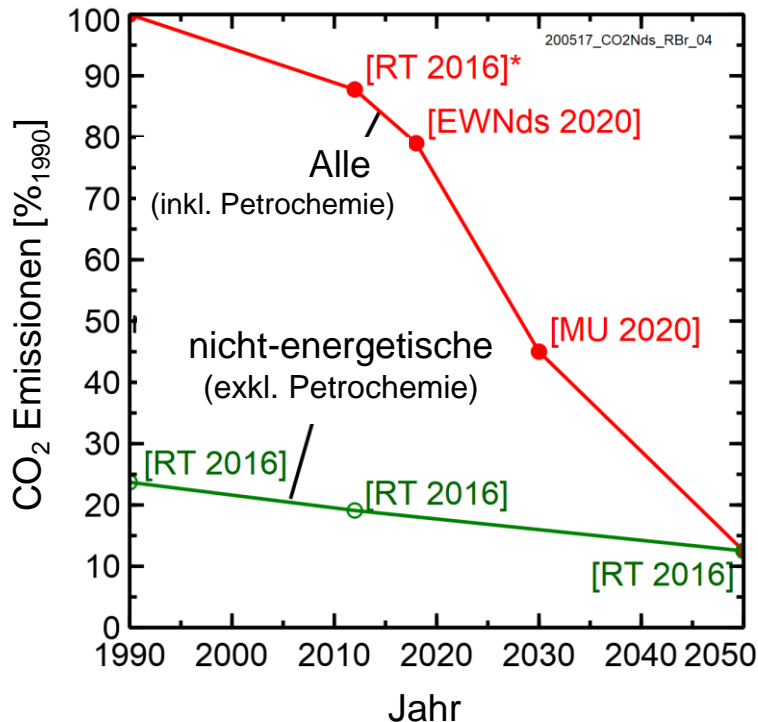
Farbig: Eigenbedarf

- Volle Deckung des heutigen und zukünftigen nds. Bedarfes inkl. Solidaritätsbeitrag
- Reduzierte Gebäudesanierungsrate im Vergleich zu anderen Modellen [RT 2016]

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

2. Annahmen

\\ Reduktion der CO₂-Emissionsäq.



- CO₂-Restemissionen relativ zu 1990 (101 Mt/a) vorgegeben
- Keine CO₂-Emissionen aus dem Energiesystem in 2050 (inkl. nichtenergetische Emissionen für Grundstoffindustrie)
- 12,5% für nichtenergetische Emissionen [RT2016]

Überholt durch Neuplanungen der Bundesregierung nach BVG-Urteil!

2. Annahmen

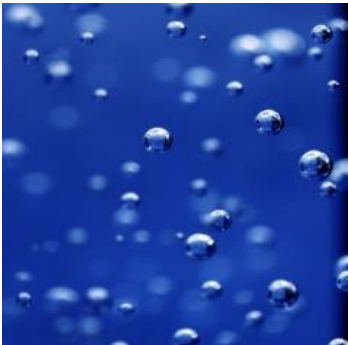
\\ Ersatz nach Abschreibung, Zubau < 30%/a



- 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

- H₂-Importpreis: 5 €/kg in 2018 → 3,75 €/kg in 2050
5,00 €/kg
2,50 €/kg

3. Kostenfunktion und Emissionsfunktion



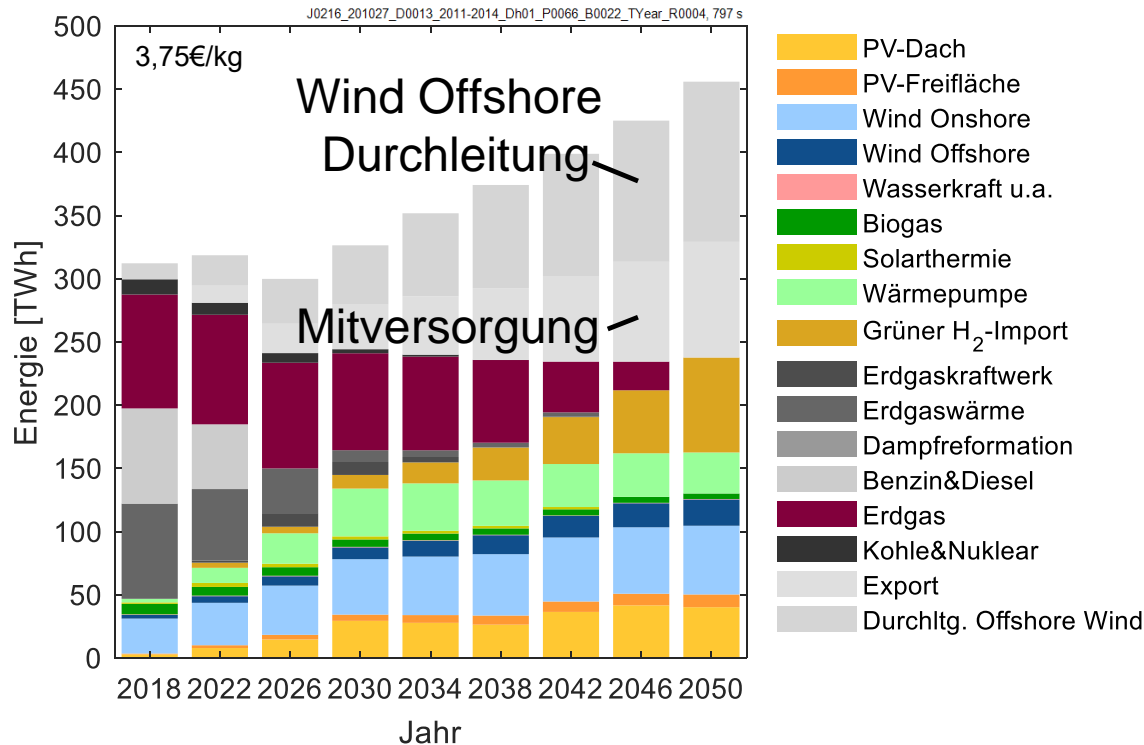
- **Volkswirtschaftliche Kosten:** Investitionen und Betriebskosten aller Komponenten, myopische Kostenminimierung
- **Unberücksichtigt:** Kosten für Energietransport, Verkehrsinfrastruktur, Gebäudesanierung, Endverbraucher (z. B. Autos)



- **CO₂-Emissionen:** Addiere Emissionen aller Komponenten des Energiesystems
- **Unberücksichtigt:** Emissionen bei der Herstellung der Anlagen

4. Ergebnis

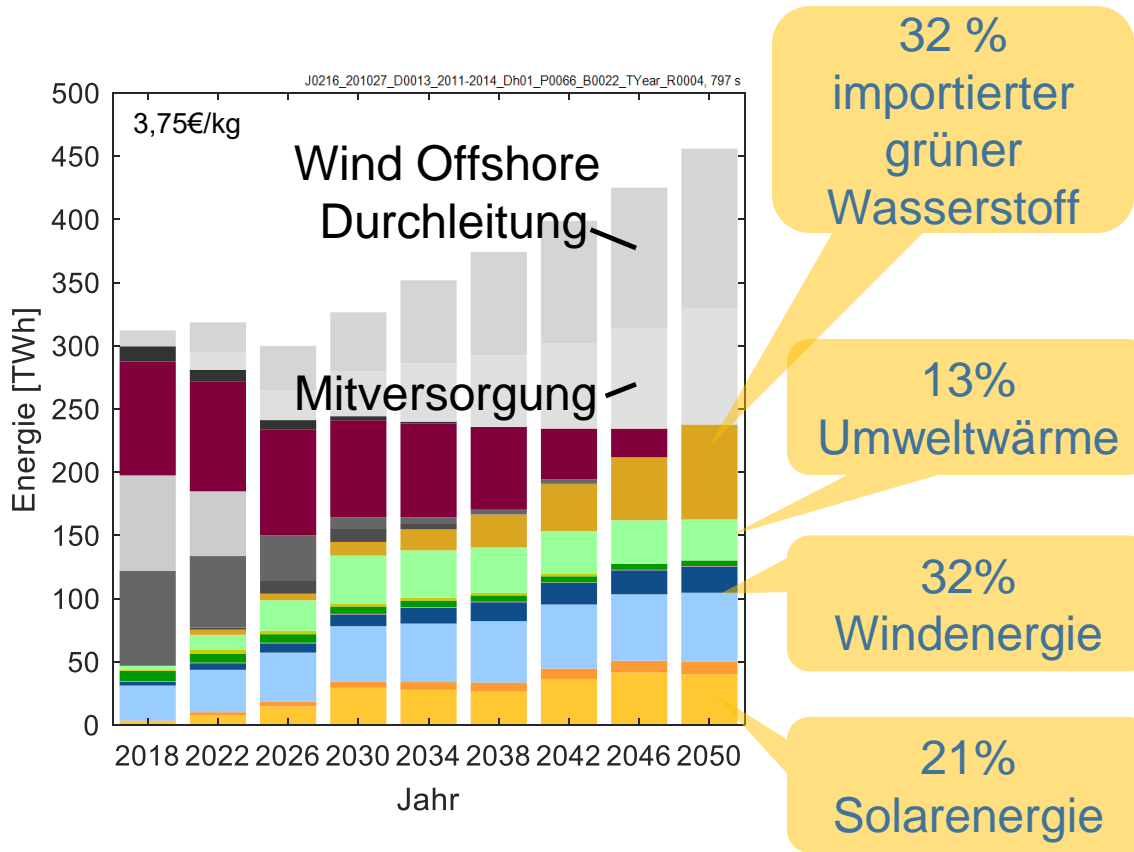
\\ Energiequellen



- Rückgang Energieaufwand wg. Effizienzgewinnen
- Wechsel von importdominiertem zu selbstversorgtem Energiesystem
- Niedersachsen ist Motor der Energiewende DE!

4. Ergebnis

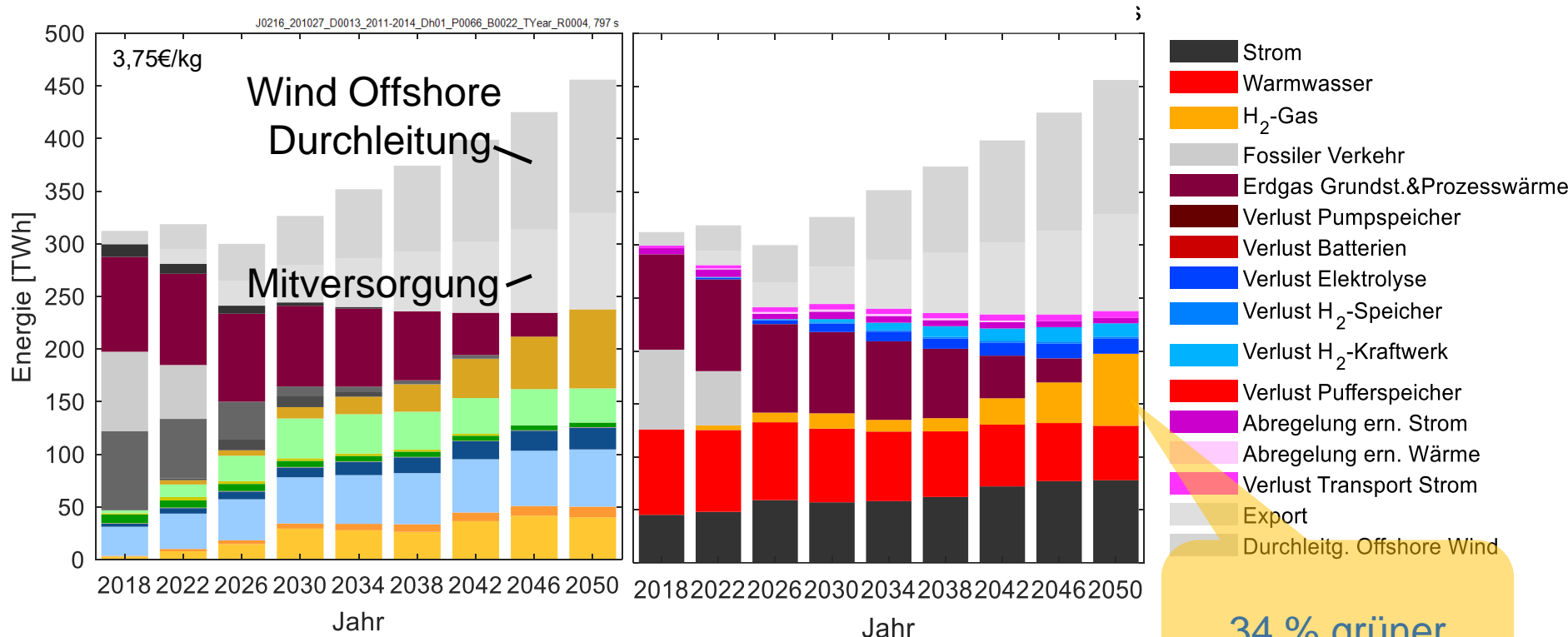
\\ Energiequellen



- Rückgang Energieaufwand wg. Effizienzgewinnen
- Wechsel von importdominiertem zu selbstversorgtem Energiesystem
- Niedersachsen ist Motor der Energiewende DE!

4. Ergebnis

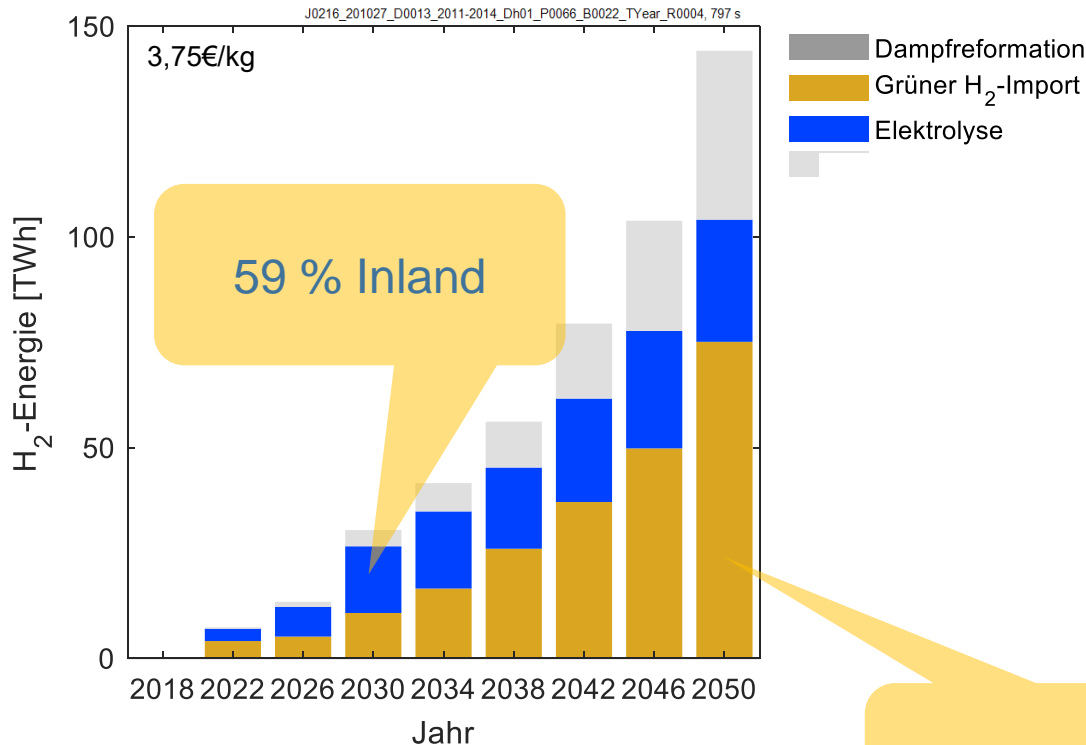
\\ Energiequellen



34 % grüner Wasserstoff

4. Ergebnis

\\ Wo kommt der grüne Wasserstoff her?



Eigenbedarf:

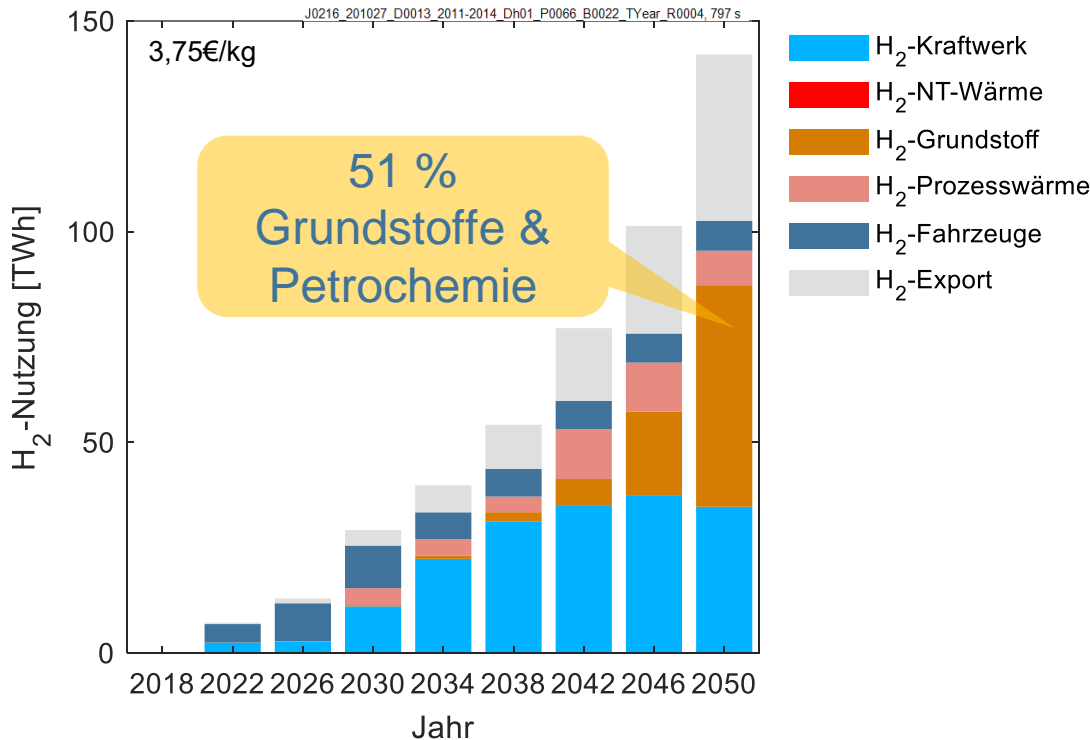
- 27 TWh in 2030
- 104 TWh in 2050

Dazu kommen:

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

4. Ergebnis

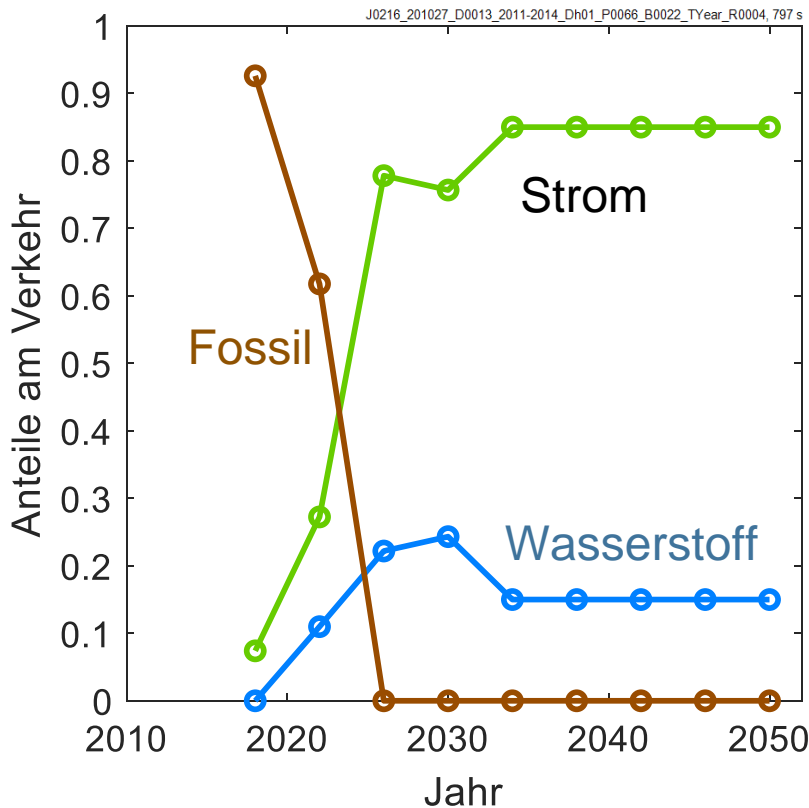
\\ Wasserstoffverwendung



- Grundstoffindustrie und Rückverstromung langfristig wichtigste Anwendungen.
- Optimierer wählt das als letzte Option. Früher beginnen.
- H₂ im Verkehr kurzfristig die wichtigste Anwendung
- Kein H₂ für Heizung und WW
- H₂ für Eigenbedarf steigt auf 104 TWh in 2050

4. Ergebnis

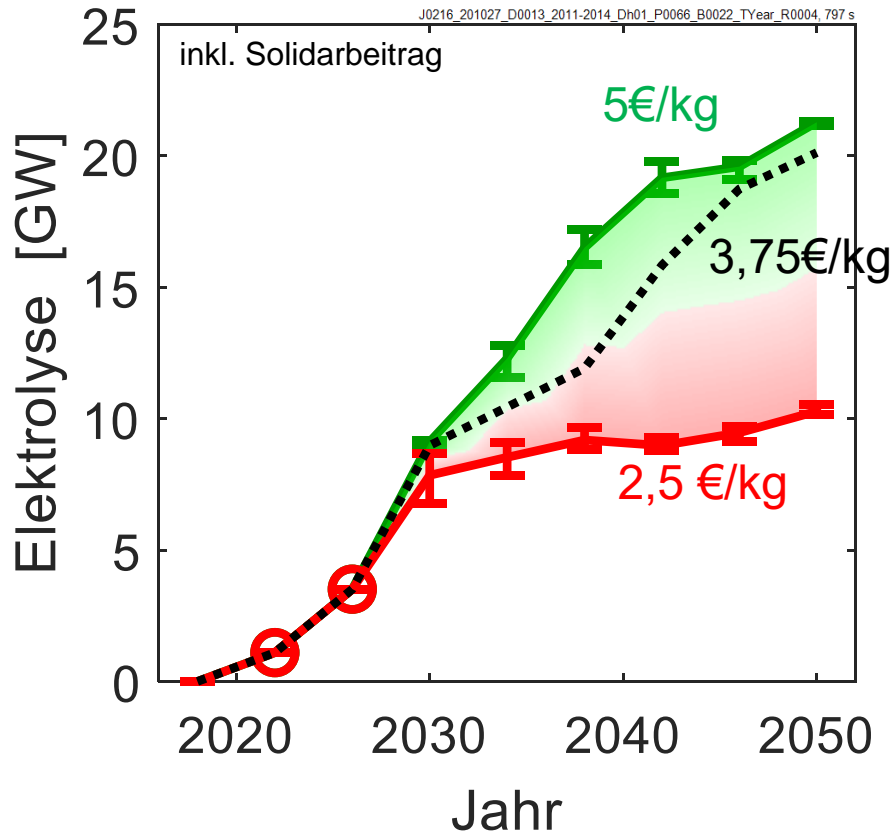
\\ Energieträger im Transport



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

4. Ergebnis

\\ H₂O-Elektrolyse und H₂-Speicher

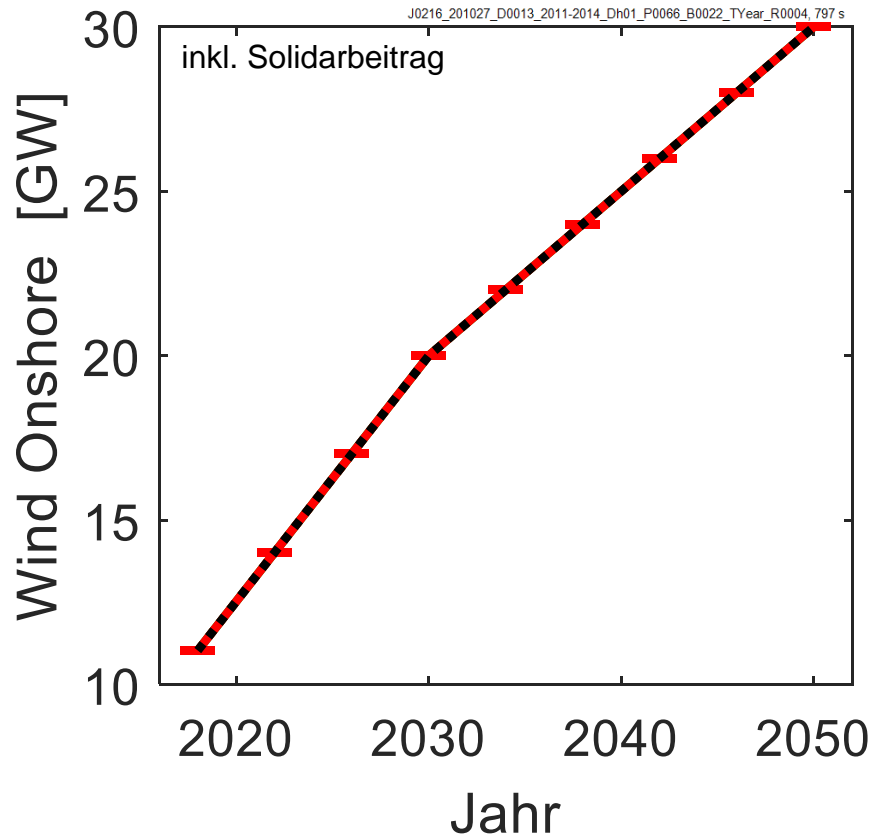


- Elektrolyseleistungen bei 3,75€/kg
2030: 8,9 (12,8) GW
2050: 20 (29) GW
- Wachstum von 1,4 GW/a
- Nationale Wasserstoffstrategie sieht 3,5 (5) GW in 2030 für ganz Deutschland vor

Leistungen sind hier H₂-Ausgangsleistungen (Elektr. Eingangsleistung in Klammern)
- H₂-Speicher bei 3,75€/kg & statischer Ladung
2030: 7 TWh
2050: 19 TWh
- Wachstum vom 0,6 GW/a

4. Ergebnis

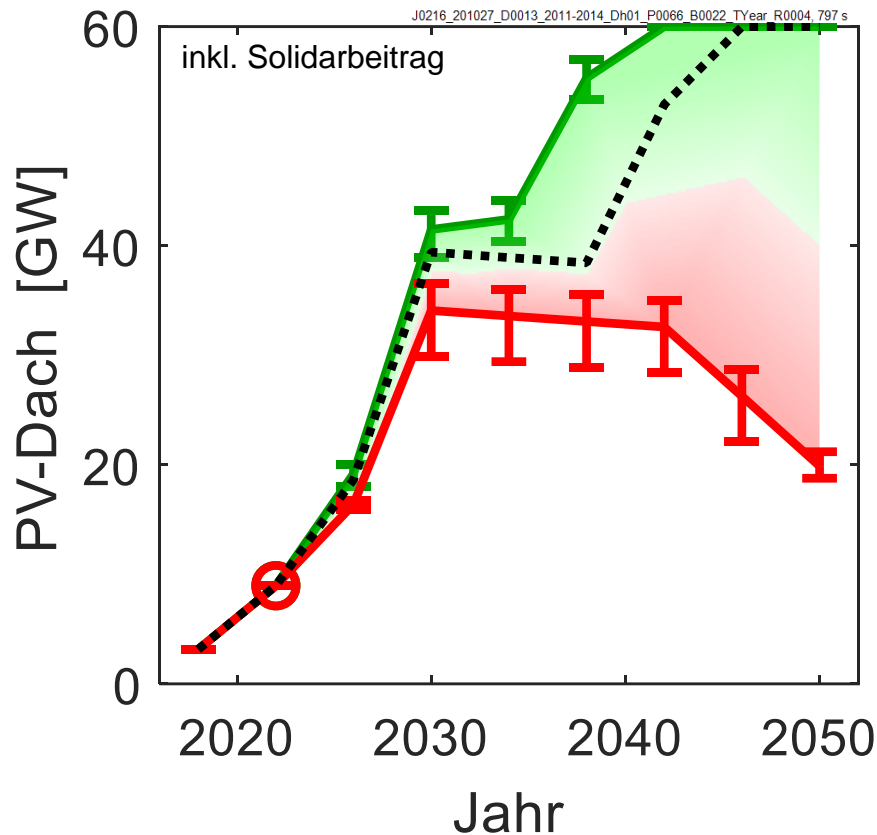
\\ Ausbau Wind Onshore



- In jedem 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

4. Ergebnisse

\\ Ausbau Dach-Photovoltaik



- Bis 2030 extrem hoher PV-Bedarf und Ausbau
- In 2050 starke Abhängigkeit vom H₂-Importpreis
- Günstiger H₂-Import kann PV verdrängen
- 20 bis 60 GW PV in 2050
- Ausbau 1,8 GW/a für 3,75 €/kg

5. Zusammenfassung

\\ Ergebnisse für mittleres H₂-Preisszenario

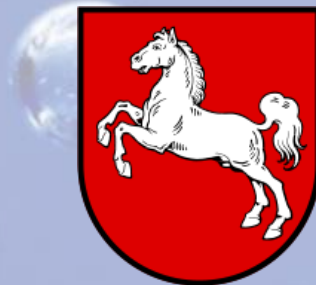
- 2030 werden ca. 27 TWh H₂ für Eigenbedarf von Niedersachsen eingesetzt
- Der H₂ Import-Anteil beträgt in 2030 40% und steigt auf 66% in 2050
- Die installierte H₂-Elektrolyseleistung beträgt 2030 8,5 GW_{H₂} (12 GW_{el}) allein in Niedersachsen
- Der H₂-Anteil bei mobilen Anwendungen beträgt 2030 22% und sinkt danach auf 15%
- Der Speicherbedarf für H₂ beträgt 7 TWh in 2030
- Niedertemperaturwärme wird durch Wärmepumpen bereitgestellt: 15 GW_{therm} in 2030
- Erneuerbare Energien werden soweit ausgebaut wie erlaubt
 - Wind Onshore: 20 GW in 2030
 - PV-Dach: 36 GW in 2030
- Die politisch gesetzte Grenzen für Wind- und Solarausbau in der Freifläche lassen eine Energiedeckungslücke in Niedersachsen, die mit importierter grüner Energie gedeckt werden muss. Das vorliegende Modell nimmt hierfür alleine H₂ als Option an.
- Es ist heute noch nicht klar, wieviel grüner H₂ wann und zu welchen Kosten importierbar sein wird.
- Import von grünem Strom ist eine weitere, hier noch nicht betrachtete wichtige Option.
- Die berechneten Größenordnungen zeigen: Windenergie, Solarenergie, grüner Energieimport, und Effizienz sind keine Alternativen sondern alle dringendst gebraucht.

Vielen Dank...

Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit,

dem MU für den offenen fachlichen Austausch,

und dem MWK sowie dem MU für die Förderung.



Endbericht der Studie ist ab 1.7.2020 abrufbar unter
www.isfh.de/publikationen/berichte/