



Institut für Angewandte Bauforschung
Weimar gemeinnützige GmbH

Energieeffizienzstudie der Stadtwerke Nordhausen



Thüringer Aufbaubank

ESF 
EUROPA FÜR THÜRINGEN
EUROPÄISCHER SOZIALFONDS


EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Sozialfonds

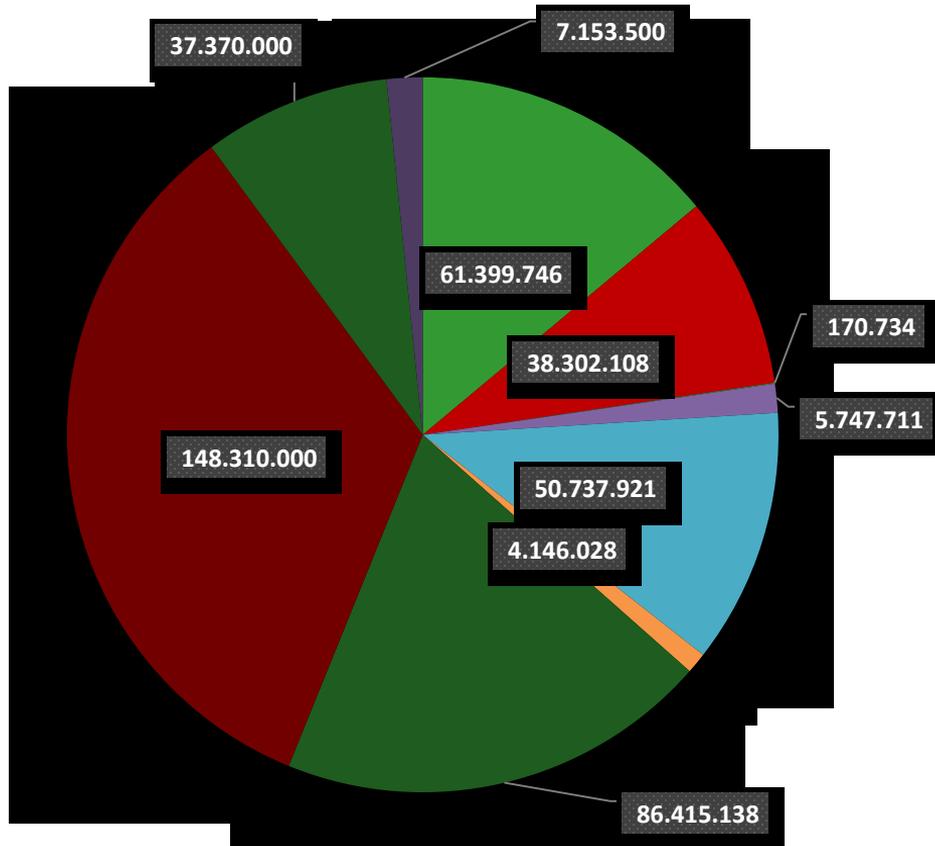
26.11.2021

Vorhabens-Nr.: 2019 DMO 0008



- 3 Spannungsebenen in der Stadt (Mittelspannung, Umspannung MS-NS, Niederspannung)
- dezentrale Einspeisequellen innerhalb der Stadt (Wasserkraft, BHKW, PV + 2 x 3MW + 4,6 MW -Windkraftanlagen)
- 3 BHKW (je 1 pro Wärmenetz Mitte, Nord, Ost) der SW NDH
- 3 Wärmenetze
- Biomethananlage NDH-Bielen
- ÖPNV + Entsorgungs- und Reinigungsfahrzeuge dieselbetrieben
- Hackschnitzel für Grünschnitt

Energieverbrauchsdeckung



- BHKW Stromerzeugung (bereits im Erdgasbezug enthalten)
- dez. Stromeinspeisung exkl. BHKW (MS) in kWh
- dez. Stromeinspeisung (MS-NS) in kWh
- dez. Stromeinspeisung (NS) in kWh
- Strombezug (MS) in kWh
- Strombezug (MS-NS) in kWh
- Strombezug (NS) in kWh
- Erdgas für Fernwärme inkl. BHKW in kWh
- Biomethan für Fernwärme inkl. BHKW in kWh
- Diesel in kWh

Stromentnahme & -erzeugung



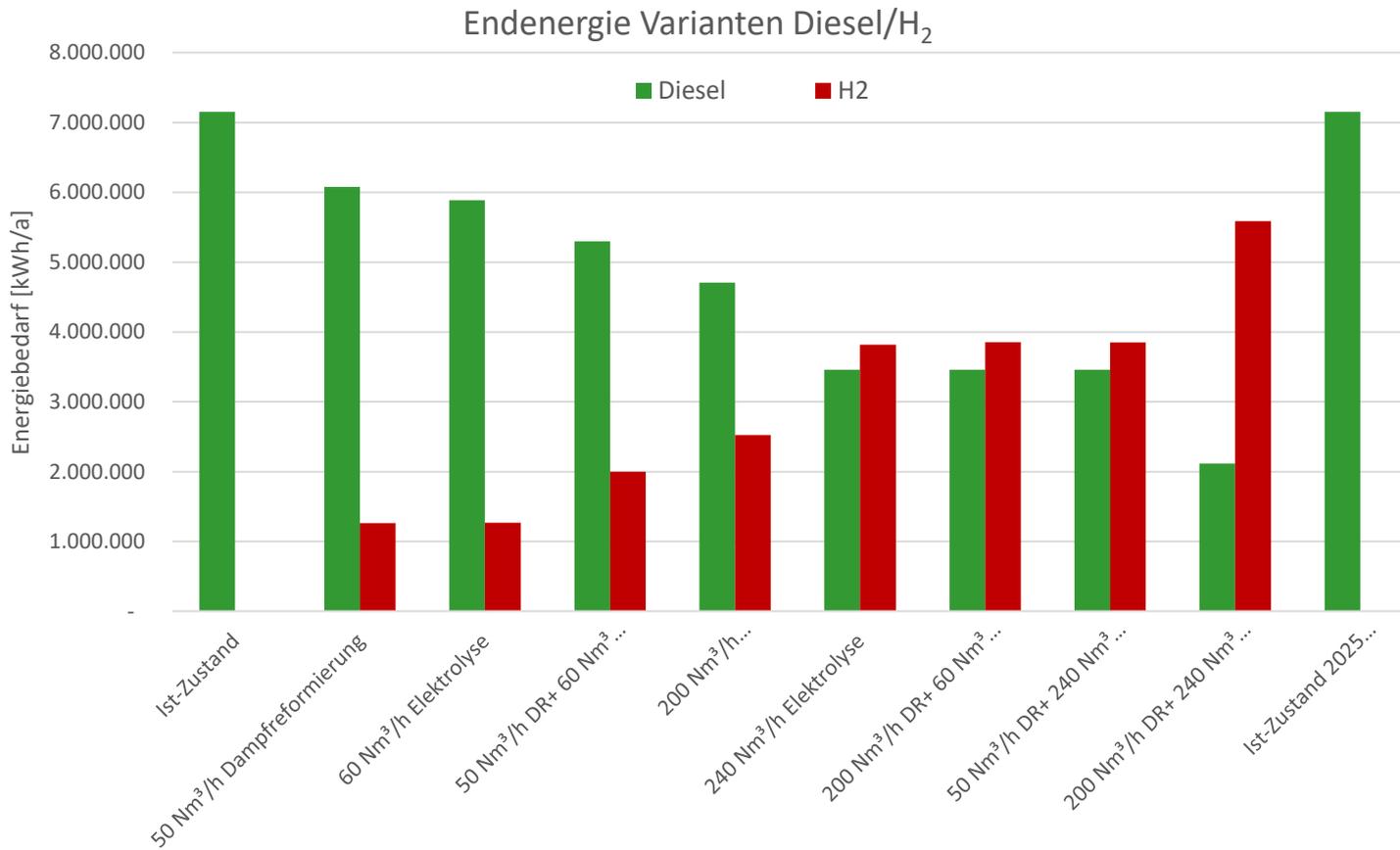
Gesamtentnahme aus vorgelagerten Netzen und Einspeisung als gestapelte Linie





- H₂ - Erzeugung
 - Dampfreformer (12bar) 50 (5,4 kg/h) / 200 Nm³/h (18 kg/h) H₂ (Fa. WS Reformer)
 - Elektrolyseur (40 bar) 60 (4,5 kg/h) / 200 Nm³/h (18 kg/h) H₂ (Fa. Kumatec)
- Speicher- und Tankstellen-System: Fa. Maximator
 - Speicherung erfolgt als Druckspeicherung bei 500 bar
 - H₂-Speichergröße für 400 Nm³/h: 2 x 3,75 m³
 - Betankung von Bussen und LKW bei 350 bar
- H₂ Brennstoffzellen-BHKW : Fa. inhouse Engineering
 - BHKW: inhouse 5000+ Hydrogen ca. 4,2 kW_{el} & 3,6 kW_{th}
- H₂ - Versorgung
 - 40 Busse
 - 10 Entsorgungsfahrzeuge

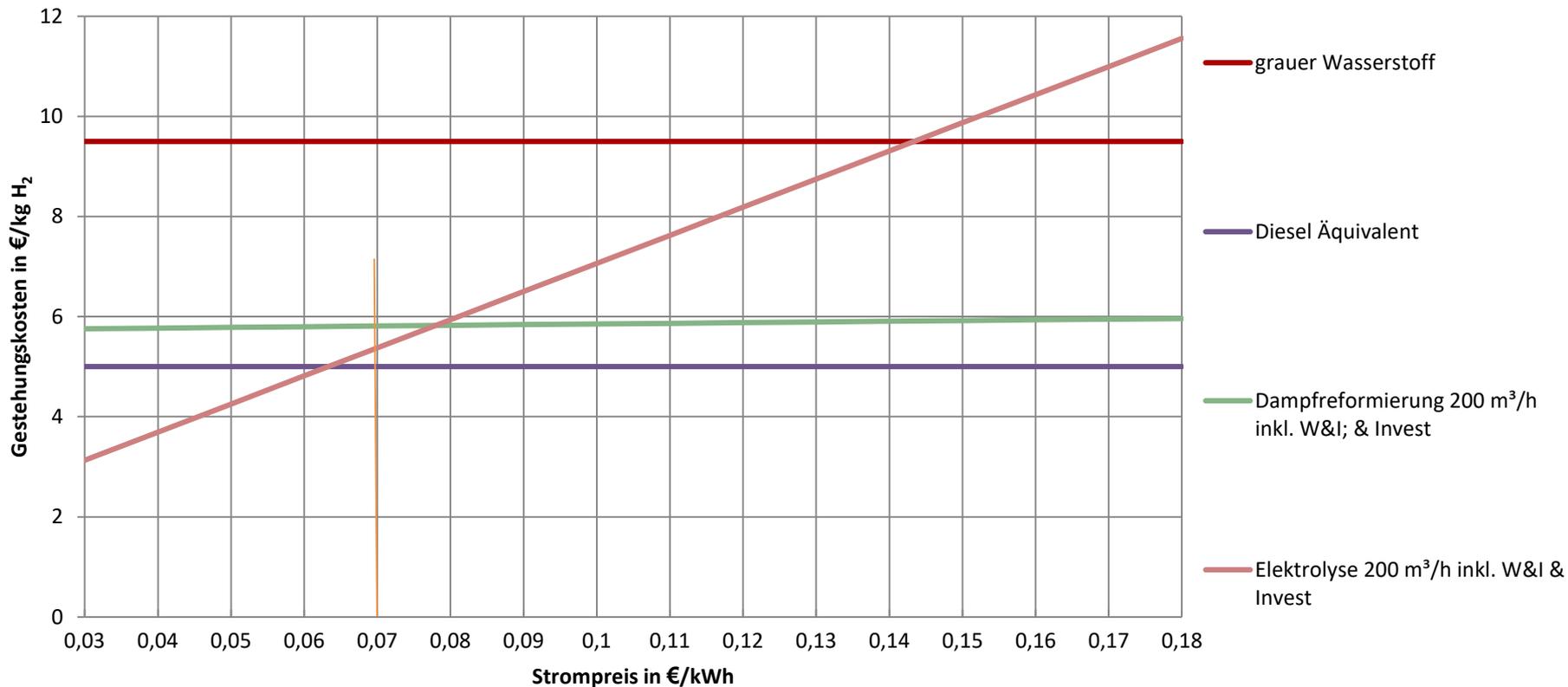
Endenergie Varianten Diesel/H₂



Anzahl H2 Busse/Müllfahrzeuge	
Ist-Zustand	0/0
50 Nm ³ /h Dampfreformierung	7/2
60 Nm ³ /h Elektrolyse	9/2
50 Nm ³ /h DR+ 60 Nm ³ /h Elektrolyse	12/4
200 Nm ³ /h Dampfreformierung	15/6
240 Nm ³ /h Elektrolyse	25/8
200 Nm ³ /h DR+ 60 Nm ³ /h Elektrolyse	25/8
50 Nm ³ /h DR+ 240 Nm ³ /h Elektrolyse	25/8
200 Nm ³ /h DR+ 240 Nm ³ /h Elektrolyse	40/10



Gestehungskosten H₂ in Abhängigkeit des Strompreises





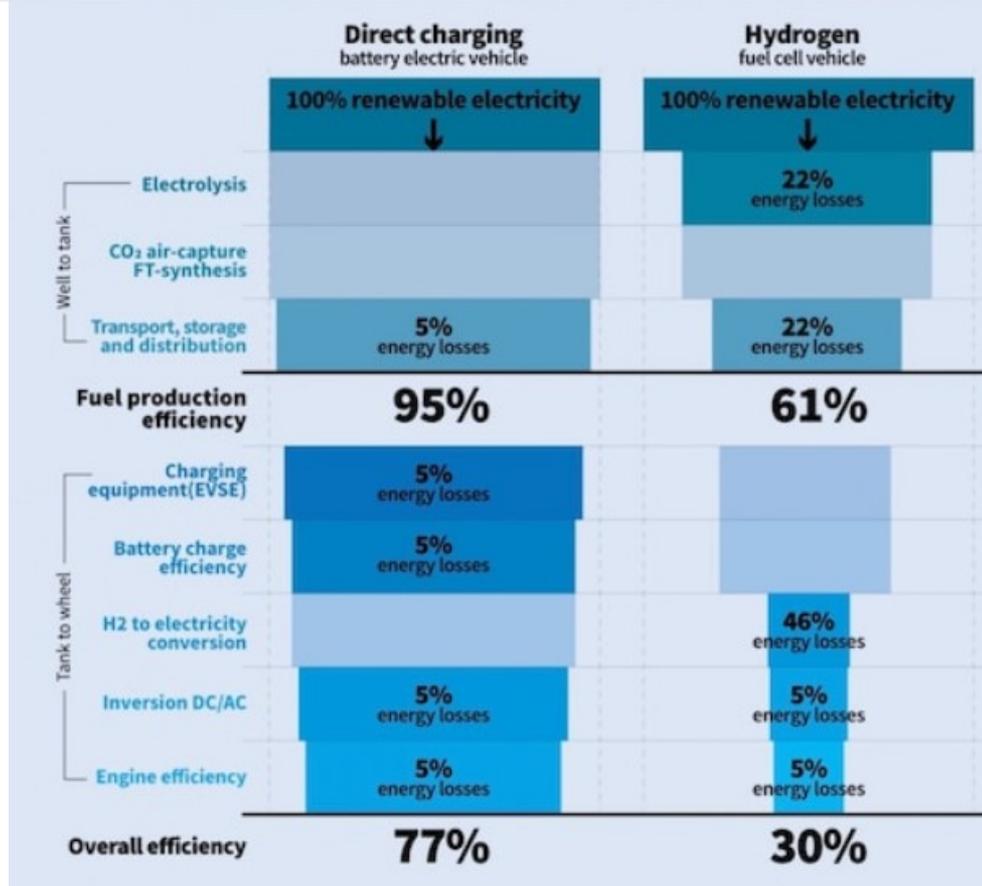
Ergebnis

- Steigerung CO₂-Emissionen & Primärenergie
- Steigerung Betriebskosten

Ursachen

- Wirkungsgrad H₂-Erzeugung bei ca. 50...65 %
- Biomethan wird vollständig in FW-Netzen genutzt
 - Nutzung zur H₂-Erzeugung zwar möglich, aber Substitution von Biomethan in der FW durch Erdgas notwendig
- Kaum regenerativer Stromüberschuss
 - Nutzung zur H₂-Erzeugung zwar möglich, aber Substitution von regenerativem Strom in Nordhausen durch Strom aus vorgelagerten Netzen notwendig
- Diesel ist günstig

Wirkungsgrad Strom / H₂ Fahrzeug





- Nutzung Post-EEG-Anlagen
 - zu 3,5 ct/kWh statt 6,99 ct/kWh
 - QuattroSolar 0,699 GWh/a
 - BIO NDH GmbH 1,9 GWh/a
 - Keine ökologische Änderung, da bereits in Gesamtbilanz enthalten
 - = 93% der Energiemenge der 33 Post-EEG-Anlagen bis 2025
 - Ca. 91.000 €/a Einsparung



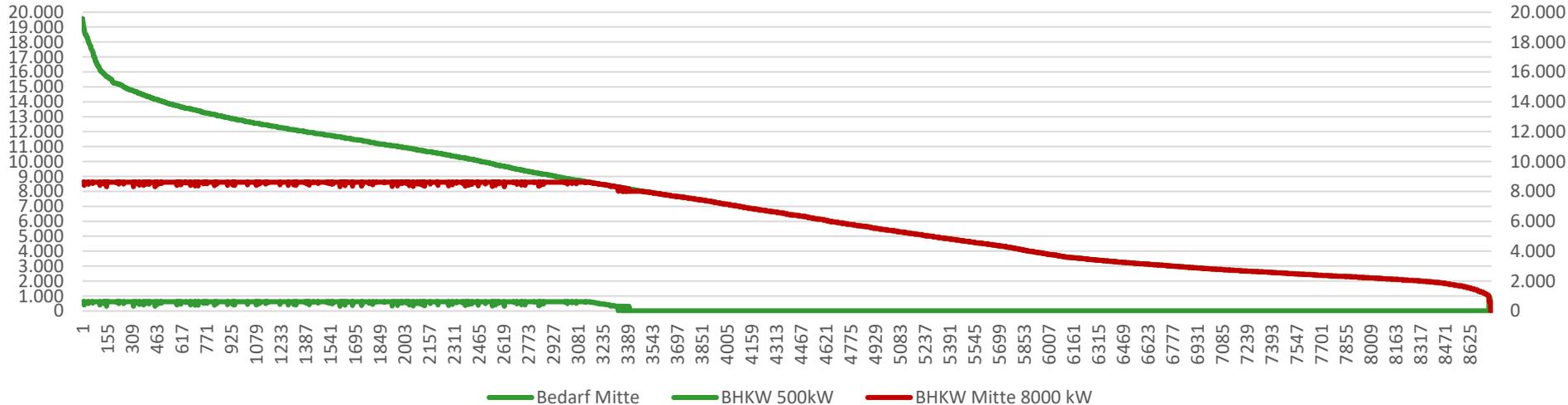
- Erdgassubstitution des Netzes Mitte durch Solarthermie
 - ABER: Laufzeitreduzierung BHKW

	2.800 m ²	16.000 m ²
Solarer Ertrag	900.000 kWh/a	9.400.000 kWh/a
Primärenergieeinsparung Erdgas	2.300.000 kWh/a	21.560.000 kWh/a
Primärenergiegutschrift Strom BHKW	1.600.000 kWh/a	15.360.000 kWh/a
Primärenergieeinsparung gesamt	680.000 kWh/a	6.280.000 kWh/a
Betriebskosten	+ 5.000 €/a	+ 1.657.000 €/a



- Zusätzliches 500 kW BHKW Netz Mitte
- 1.640.000 kWh/a Elektroenergie → Senkung um 950.000 kWh/a Primärenergie & 300.000 kg/a CO₂
- Betriebskostensenkung um ca. 315.000 €/a

geordnete Jahresdauerlinie Wärmenetz Mitte



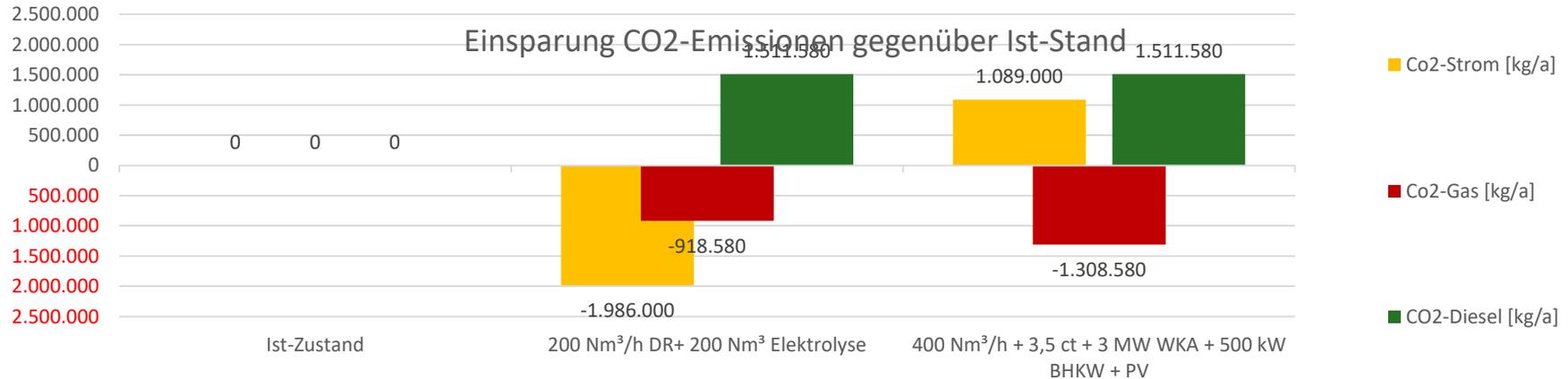
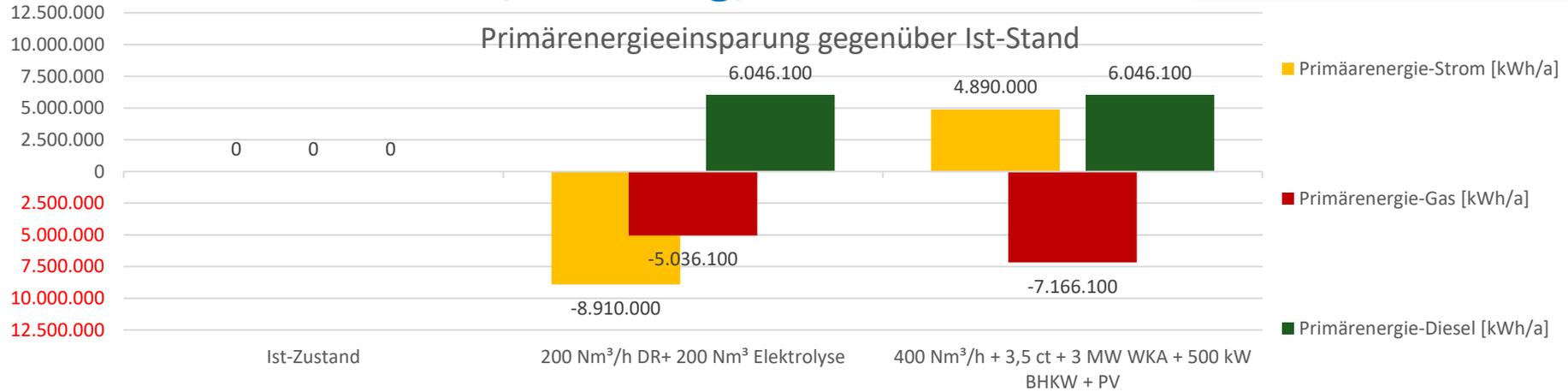


- 3 MW Windkraftanlage für Elektrolyseur
- 5,1 GWh/a Jahresertrag → bilanziell vollständige Deckung Bedarf Elektrolyseur
- Senkung um 9.150.000 kWh/a Primärenergie & 2.050.000 kg/a CO₂
- ABER: immer noch 2.200.000 kWh/a Primärenergie und 660.000 kg/a CO₂ mehr als Ist-Stand
- Betriebskostenreduzierung um ca. 780.000 €/a
- ABER: immer noch 340.000 €/a mehr als Ist-Stand
- Kosten ca. 1.567 €/kW = 4,7 Mio. € ohne Förderung



- 200 Nm³/h Elektrolyse + 200 Nm³/h Dampfreformierung
- Nutzung Post-EEG-Anlagen in NDH zu 3,5 ct/kWh
- 500 kW BHKW Netz Mitte
- 3 MW Windkraftanlage für Elektrolyseur
- Nutzung PV-Anlage Nentzelsrode (2025)
- Senkung um 3.770.000 kWh/a Primärenergie & 1.292.000 kg/a CO₂-Emissionen gegenüber Ist-Stand!!!
- Betriebskosten noch ca. 70.000 €/a höher als Ist-Stand
 - Zusätzliche Vermarktung H₂ an PKW/LKW
- Gesamte Investitionskosten bei 80 %iger Förderung noch ca. 2,15 Mio. €

Ökologie Einsparung gegenüber Ist-Stand 2025 in kWh/a bzw. kg/a





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Florian Zunkel M.Eng.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Forschungsbereich Technische Systeme
Fachbereich Energie

Telefon: 03643/8684-175

E-Mail: f.zunkel@iab-weimar.de

Weitere Infos unter: www.iab-weimar.de/energie