



Institut für Angewandte Bauforschung  
Weimar gemeinnützige GmbH

# Energieeffizienzstudie der Stadtwerke Nordhausen



Thüringer Aufbaubank

**ESF**   
EUROPA FÜR THÜRINGEN  
EUROPÄISCHER SOZIALFONDS

  
EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Sozialfonds

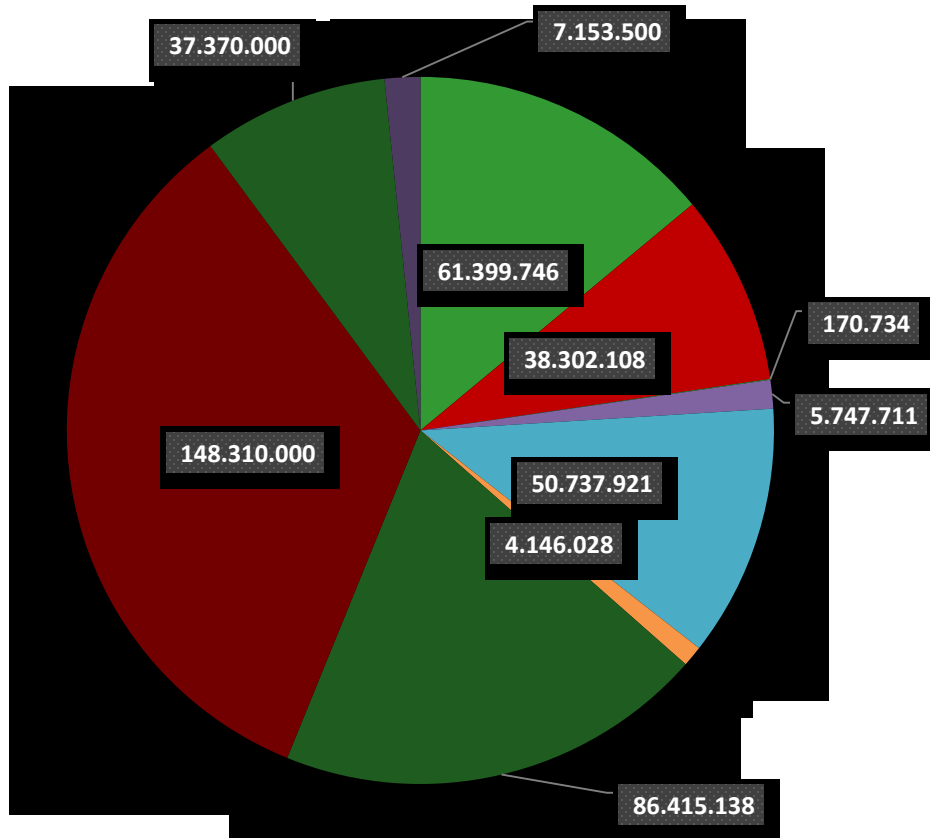
26.11.2021

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

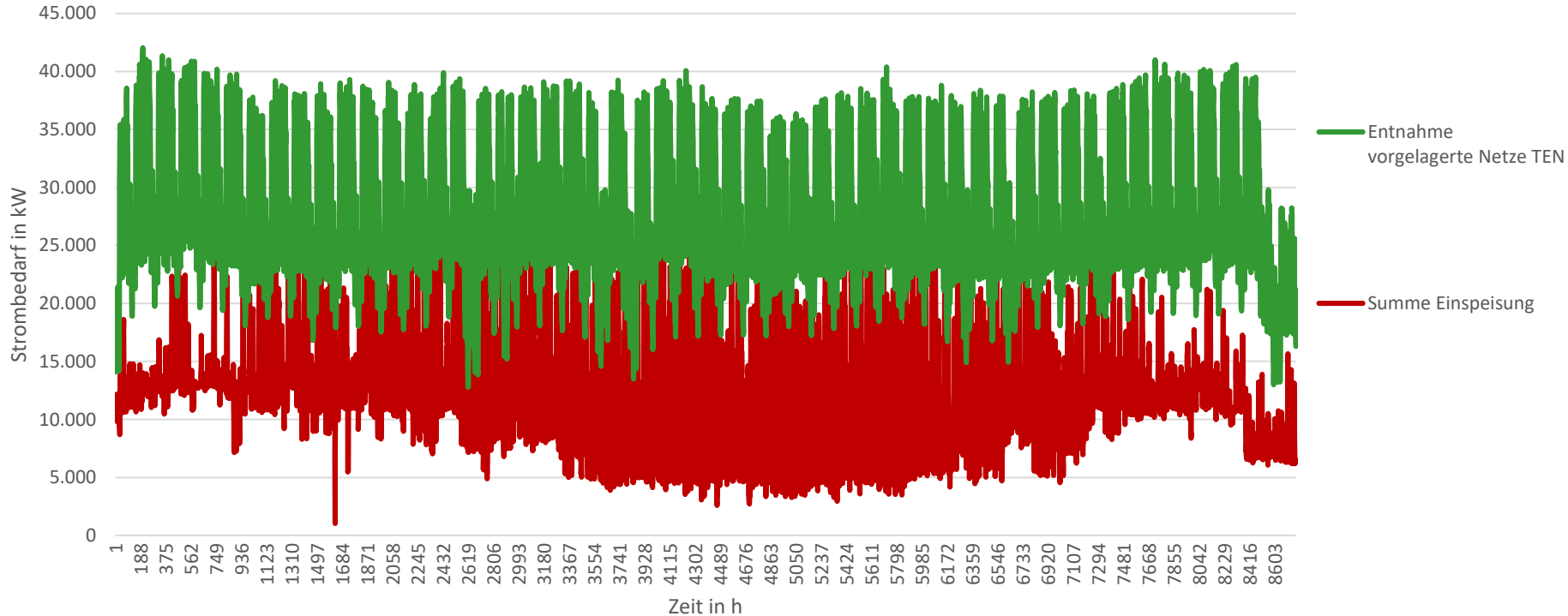


- BHKW Stromerzeugung (bereits im Erdgasbezug enthalten)
- dez. Stromeinspeisung exkl. BHKW (MS) in kWh
- dez. Stromeinspeisung (MS-NS) in kWh
- dez. Stromeinspeisung (NS) in kWh
- Strombezug (MS) in kWh
- Strombezug (MS-NS) in kWh
- Strombezug (NS) in kWh
- Erdgas für Fernwärme inkl. BHKW in kWh
- Biomethan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

# Stromentnahme & -erzeugung



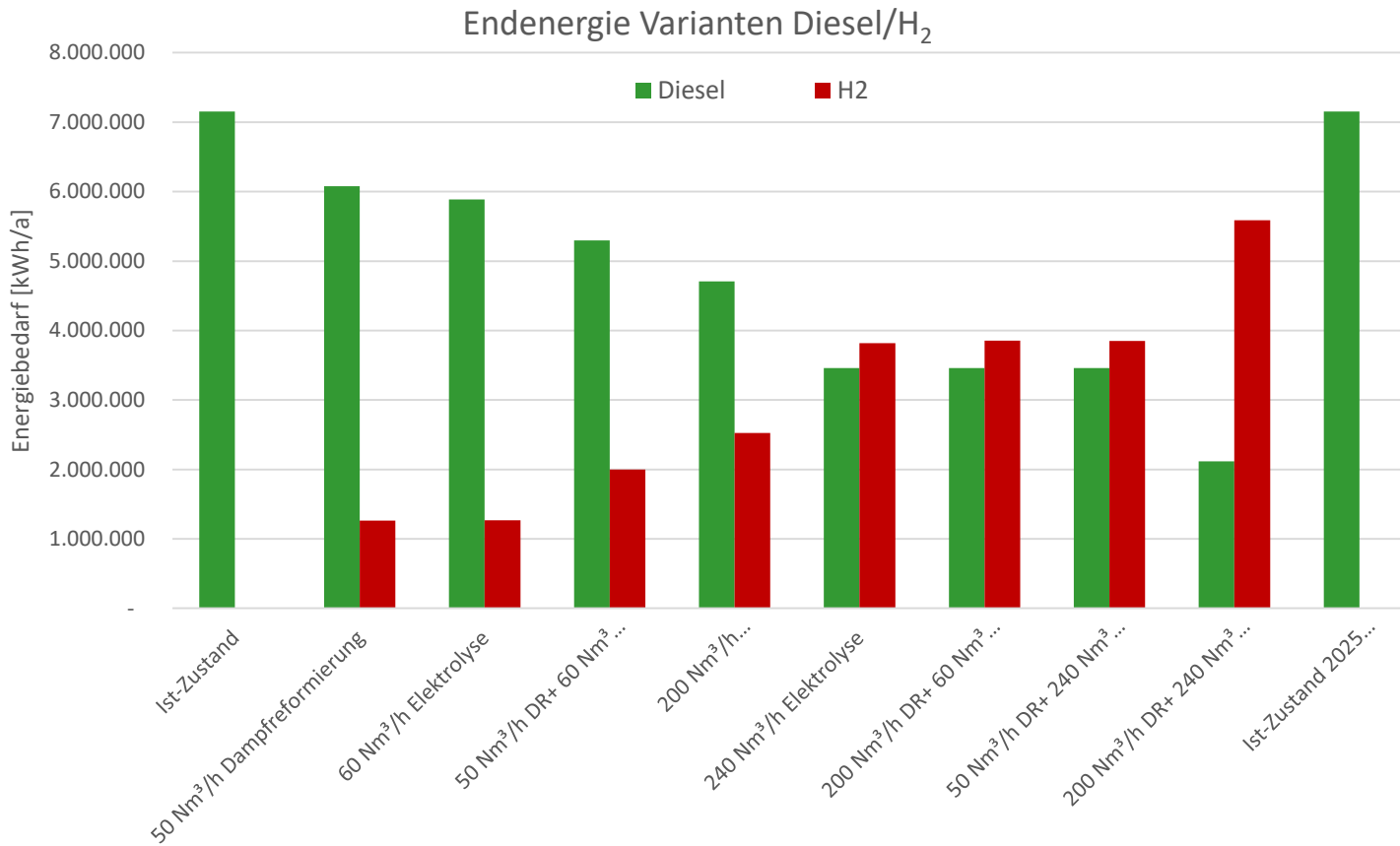
Gesamtentnahme aus vorgelagerten Netzen und Einspeisung als gestapelte Linie





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

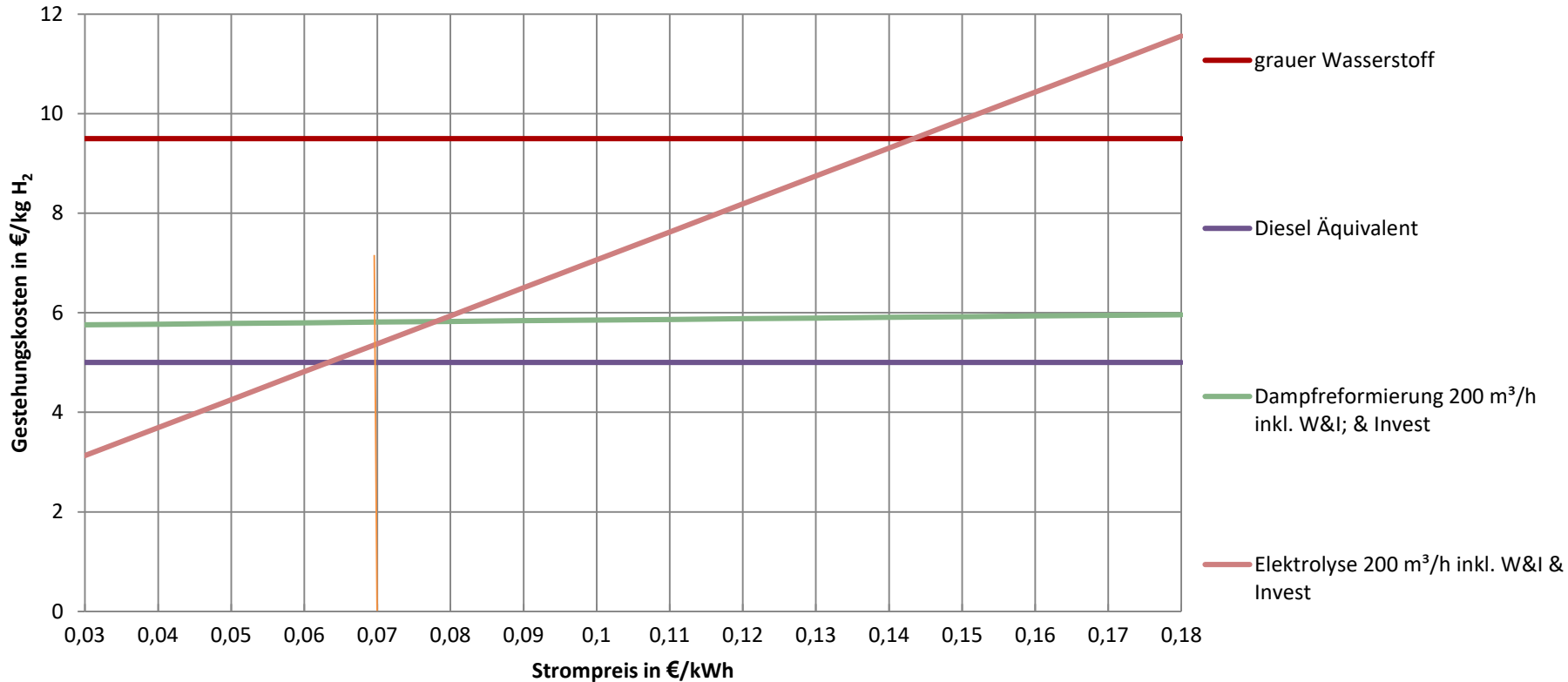
# Endenergie Varianten Diesel/H<sub>2</sub>



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



## Gestehungskosten H<sub>2</sub> in Abhängigkeit des Strompreises





## Ergebnis

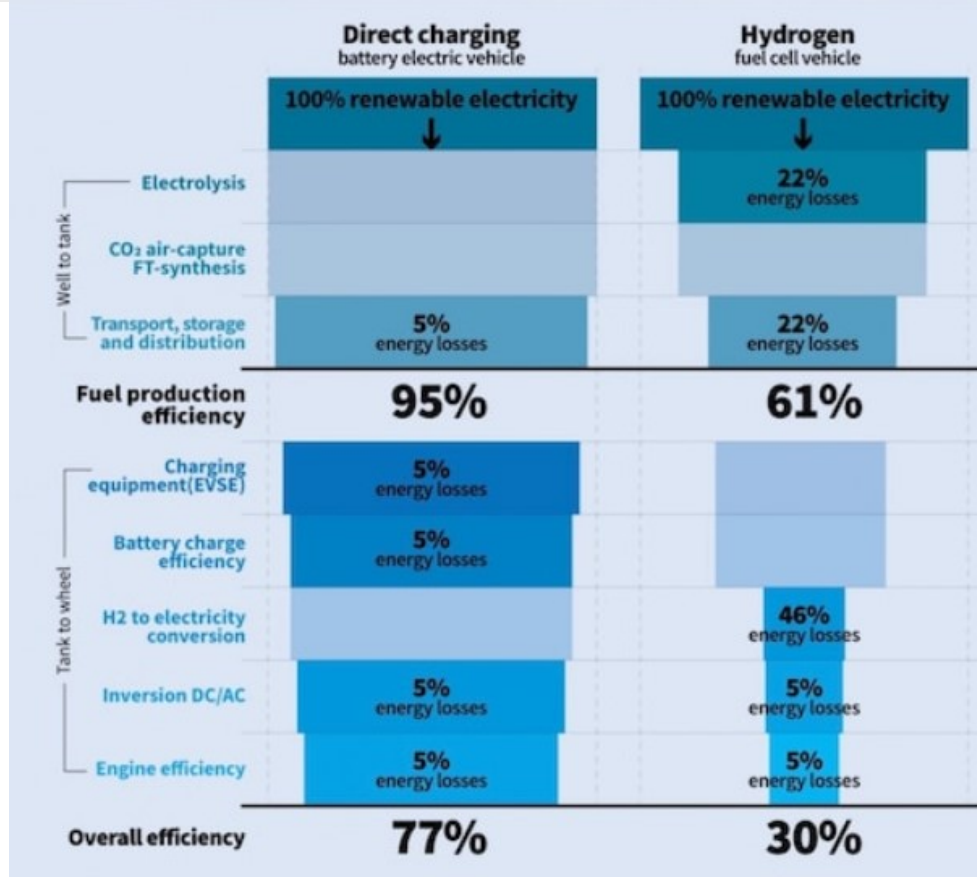
- Steigerung CO<sub>2</sub>-Emissionen & Primärenergie
- Steigerung Betriebskosten

## Ursachen

- Wirkungsgrad H<sub>2</sub>-Erzeugung bei ca. 50...65 %
- Biomethan wird vollständig in FW-Netzen genutzt
  - Nutzung zur H<sub>2</sub>-Erzeugung zwar möglich, aber Substitution von Biomethan in der FW durch Erdgas notwendig
- Kaum regenerativer Stromüberschuss
  - Nutzung zur H<sub>2</sub>-Erzeugung zwar möglich, aber Substitution von regenerativem Strom in Nordhausen durch Strom aus vorgelagerten Netzen notwendig
- Diesel ist günstig



# Wirkungsgrad Strom / H<sub>2</sub> 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



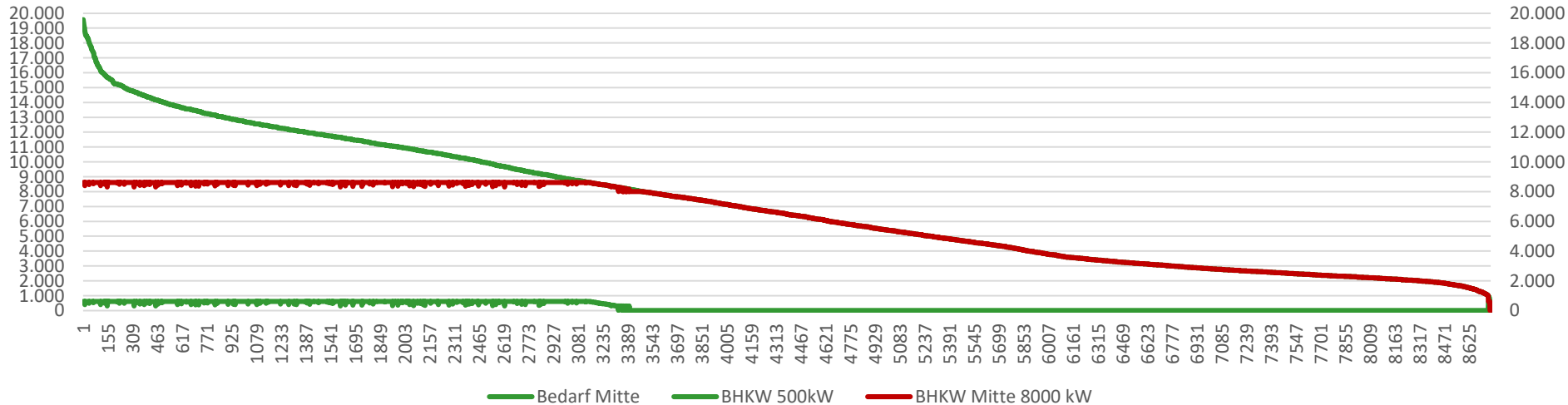
- Erdgassubstitution des Netzes Mitte durch Solarthermie
  - ABER: Laufzeitreduzierung BHKW

	2.800 m <sup>2</sup>	16.000 m <sup>2</sup>
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 CO<sub>2</sub>
- Betriebskostensenkung um ca. 315.000 €/a

geordnete Jahresdauerlinie Wärmenetz Mitte



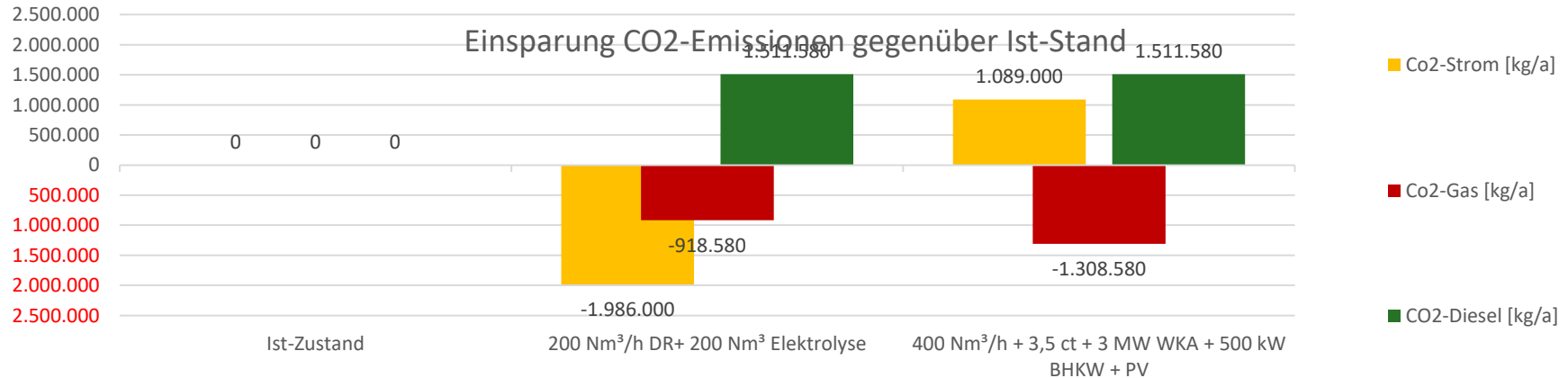
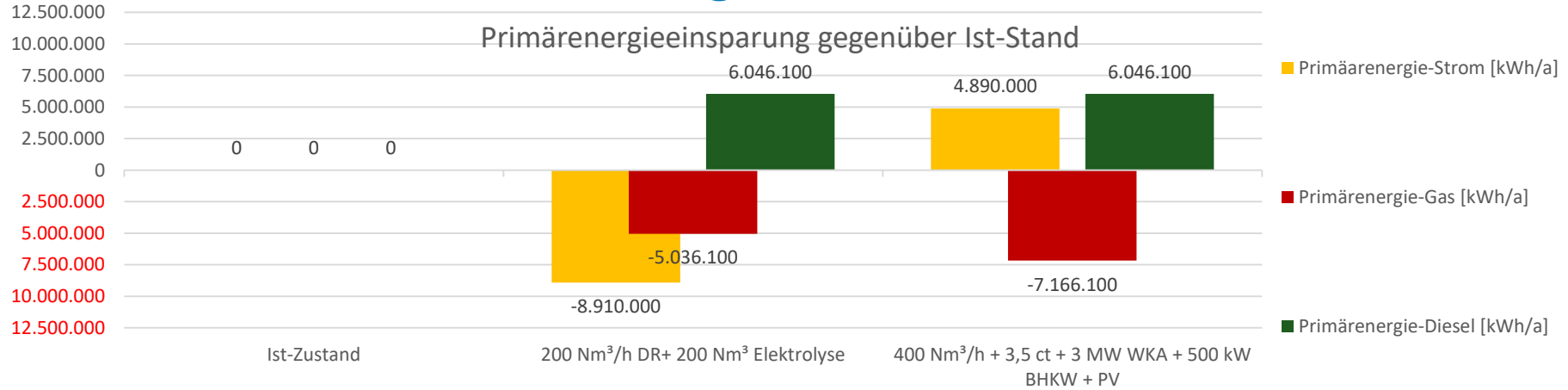


- 3 MW Windkraftanlage für Elektrolyseur
- 5,1 GWh/a Jahresertrag → bilanziell vollständige Deckung Bedarf Elektrolyseur
- Senkung um 9.150.000 kWh/a Primärenergie & 2.050.000 kg/a CO<sub>2</sub>
- ABER: immer noch 2.200.000 kWh/a Primärenergie und 660.000 kg/a CO<sub>2</sub> mehr als Ist-Stand
- Betriebskostenreduzierung 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 Nm<sup>3</sup>/h Elektrolyse + 200 Nm<sup>3</sup>/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 CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber Ist-Stand!!!
- Betriebskosten noch ca. 70.000 €/a höher als Ist-Stand
  - Zusätzliche Vermarktung H<sub>2</sub> 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](mailto:f.zunkel@iab-weimar.de)

---

Weitere Infos unter: [www.iab-weimar.de/energie](http://www.iab-weimar.de/energie)