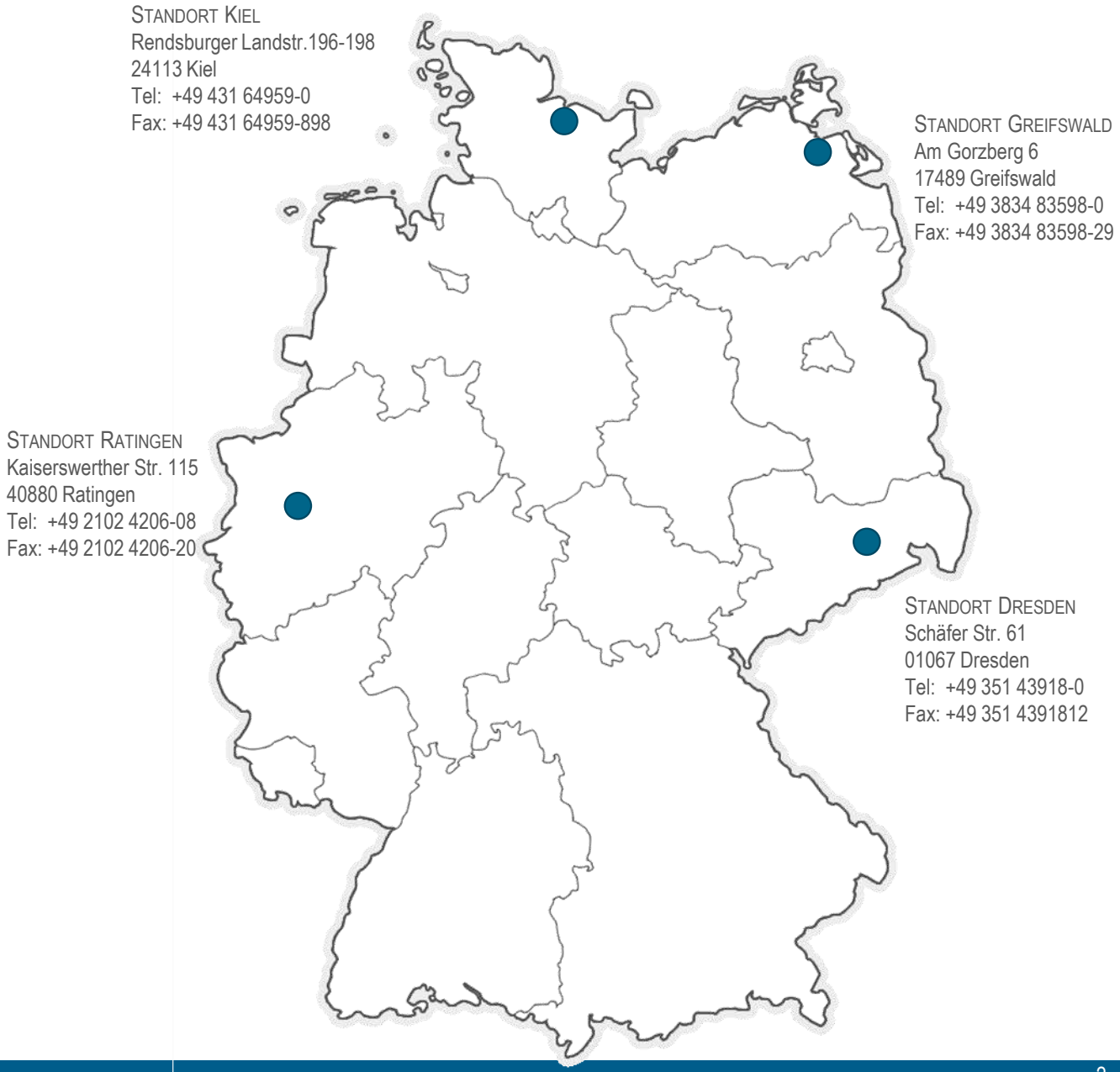
ZUKUNFT WASSERSTOFF-WIRTSCHAFT

Landkreis Elbe-Elster
Elektromobilitätstag

Bad Liebenwerda, 18. September 2019

WER WIR SIND …

- Planung Technische Ausrüstung
- Planung Energieerzeugungsanlagen
- Leitungsplanung
- Energiewirtschaftliche Beratung
  - Klimaschutzkonzepte
  - Energiekonzepte
  - Quartierskonzepte („KfW 432“)
  - Energieaudits / -managementsysteme
  - Sektorenkopplung erneuerbarer Energien
  - Elektromobilität
  - Wasserstoffwirtschaft
  - …



STANDORT KIEL
Rendsburger Landstr.196-198
24113 Kiel
Tel: +49 431 64959-0
Fax: +49 431 64959-898

STANDORT GREIFSWALD
Am Gorzberg 6
17489 Greifswald
Tel: +49 3834 83598-0
Fax: +49 3834 83598-29

STANDORT RATINGEN
Kaiserswerther Str. 115
40880 Ratingen
Tel: +49 2102 4206-08
Fax: +49 2102 4206-20

STANDORT DRESDEN
Schäfer Str. 61
01067 Dresden
Tel: +49 351 43918-0
Fax: +49 351 4391812

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

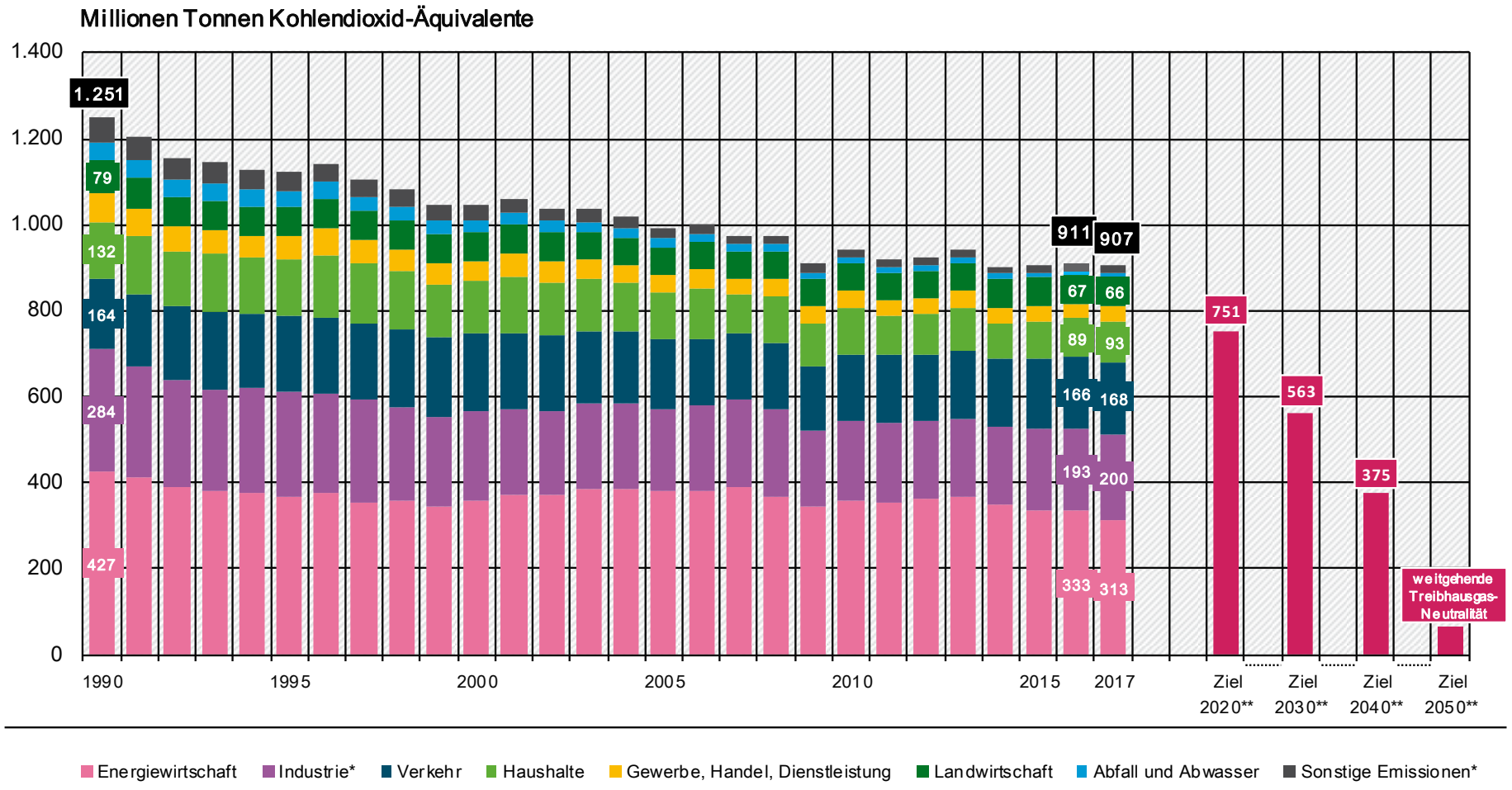
AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

WASSERSTOFF & KLIMASCHUTZ

DEUTSCHE CO_2-EMISSIONEN: SOLL & IST

Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase



Emissionen nach Kategorien der UN-Berichterstattung ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
* Industrie: Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie (1.A.2 & 2);
Sonstige Emissionen: Sonstige Feuerungen (CRF 1.A.4 Restposten, 1.A.5 Militär) & Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1.B)
** Ziele 2020 bis 2050: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Inventarberichte zum Deutscher Treibhausgasinventar 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)

WASSERSTOFF & KLIMASCHUTZ

AUFTEILUNG DES ENDENERGIEVERBRAUCHS

- Anteil erneuerbarer Energien
  - ↳ Strom: 36,2 %
  - ↳ Wärme / Kälte: 12,9 %
  - ↳ Verkehr: 5,2 %
  - ↳ Insgesamt: 15,5 %
- Handlungsbedarf besteht vor allem in den Bereichen Verkehr und Wärme!

Wasserstoff & Klimaschutz

Wasserstoff und seine Alternativen

Wärme:

- Wird EU-weit zu 40 % über das Erdgasnetz gedeckt.
- Umstellung auf Wasserstoff möglich.
- Wärmenetze erfordern dichtere Besiedlung,
  Biomasse-Potenziale begrenzt,
  Wärmepumpen im Gebäudebestand nur bedingt tauglich,
  vollständige Elektrifizierung korrespondiert nicht zur fluktuierenden Erzeugung.

Verkehr:

- Für durchschnittlichen PKW-Verkehr sind rein batterieelektrische Fahrzeuge effizienter.
- Bei längeren Fahrstrecken und höherem Energiebedarf (Busse, LKW, …) stoßen Batterien an Grenzen. Zudem bewirken dort Ladevorgänge u. U. extreme Netzbelastungen.
- Wasserstoff ist hier eine probate Alternative.

WASSERSTOFF & KLIMASCHUTZ

WASSERSTOFF UND SEINE ALTERNATIVEN

Grundstoffe:

- Wasserstoff wird heute i. W. aus Erdgasreformation erzeugt (CO_2-Belastung!).
- Beispiel Region Unterelbe - Bedarf 2015 (ChemCoast-Studie): 52.700 t
  ↳ ca. 660.000 t CO_2!

Für eine weitestgehende Dekarbonisierung
ist regenerativer Wasserstoff unverzichtbar!

Erzeugung:

- Der nicht in Deutschland / Mitteleuropa zu deckende Bedarf kann durch Import gedeckt werden.
- Transport über lange Distanzen in Pipelines, Schiffen etc. ist einfacher als von Strom.
- Die Erzeugerregionen (Wasserkraft Nordeuropa sowie Solarenergie Mittelmeerraum u. a.) sind wesentlich diversifizierter als die Herkunftsregionen von Erdöl und Erdgas heute.

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

Regionalwirtschaftliche Relevanz

- Energie wird ein zunehmend relevanter Wirtschaftsfaktor.
- Aus der EEG-Förderung herausfallende Anlagen benötigen Absatzalternativen.
- Es sollte versucht werden, möglichst große Teile der Wertschöpfung in der Region zu halten.
- Über Pilotprojekte zur Wasserstoffwirtschaft lassen sich Know-how und Technologievorsprünge generieren.

<u>Ziele der „Potenzialstudie Wasserstoffwirtschaft“ für EE.SH / den Kreis Nordfriesland*:</u>

- Identifikation möglicher Pilotprojekte als „Keimzelle“ für mögliche zukünftige Anwendungen im Rahmen einer Wasserstoffwirtschaft.
- Benennung der wirtschaftlichen Gegebenheiten bzw. des Förderbedarfs.
- Diskussion der Übertragbarkeit / Skalierbarkeit.
- Aussagen zur Frage der zentralen versus dezentralen Erzeugung (Elektrolyse).

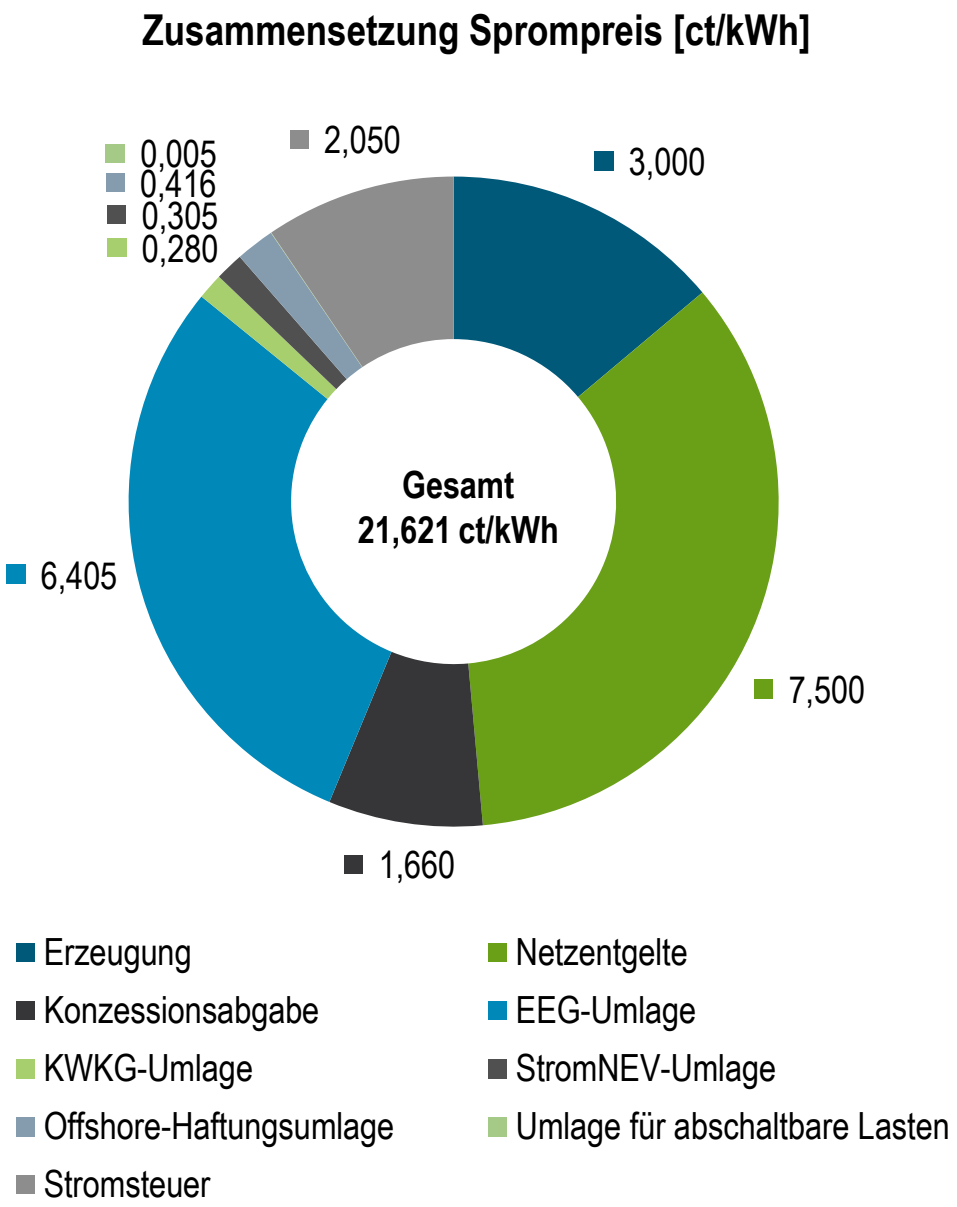
* Erarbeitung: November 2018 bis September 2019

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

WASSERSTOFFERZEUGUNG

STROMPREISBESTANDTEILE



Reduzierung oder Wegfall einzelner Preisbestandteile	
Erzeugung & Vertrieb	
Netzentgelte	• Reduktion bei > 10 GWh Verbrauch und > 7.000 Vbh (§ 19 Abs. 2 StromNEV) • Entfallen bei Elektrolyse (§ 118 Abs. 6 S. 1 und S. 7 EnWG)
Konzessionsabgabe	• Reduktion auf 0,11 ct/kWh für Sondervertragskunden (§ 2 Abs. 3 KAV)
EEG-Umlage	• Reduktion bei Stromkostenintensität > 14% (besondere Ausgleichsregelung § 63; § 64 EEG) und bei Eigenstromversorgung (§ 61b EEG) • Entfällt bei Inselbetrieb (§ 61a Nr. 2 EEG) oder Eigenversorgung mit Überschusseinspeisung ohne Inanspruchnahme einer EEG-Vergütung (§ 61a Nr. 3)
KWKG-Umlage	• Reduktion in Anlehnung an EEG-Umlage (§ 27 KWK Abs. 1)
StromNEV-Umlage	• Reduktion auf 0,05 oder 0,025 ct/kWh bei Verbrauch > 1 GWh und entsprechendem Umsatz und Gewerbe (§ 19 Abs. 2 StromNEV)
Offshore-Haftungsumlage	• Reduktion auf 0,05 oder 0,025 ct/kWh bei Verbrauch > 1 GWh und entsprechendem Umsatz und Gewerbe (§ 17f Abs. 5 EnWG)
Umlage für AbLA	• Reduktion/Entfallen nicht vorgesehen
Stromsteuer	• Reduktion um 90% für produzierendes Gewerbe und Elektrolyse (§§ 9, 9a, 10 StromStG) • Entfällt bei 100% Grünstrom (§ 9 Abs. 1 StromStG)

WASSERSTOFFERZEUGUNG

SZENARIEN ZUR UMLAGENREDUZIERUNG

Dezentrale Erzeugung (am Windpark):

- Die Elektrolyse ist über eine Direktleitung mit Windkraftanlagen (WKA) verbunden und steht auf dem Grundstück der WKA.
- Die WKA wird nicht (mehr) durch das EEG gefördert (z. B. nach Auslauf der Förderung).
- Überschussmengen werden über das öffentliche Stromnetz direktvermarktet.
- Der WKA-Betreiber ist auch Betreiber der Elektrolyse (Personenidentität).

↳ Umlagen 0,055 ct/kWh.

Zentrale Erzeugung (Großverbraucher):

- Die Elektrolyse ist auf Mittelspannungsebene ans öffentliche Stromnetz angeschlossen.
- Es werden mehr als 10 GWh Strom pro Jahr zur Elektrolyse genutzt.
- Wasserstoffproduktion in eigenständigem Unternehmen (produzierendes Gewerbe).

↳ Umlagen ~ 1,936 ct/kWh

Wasserstoff-Produktion im Ausland

WASSERSTOFFERZEUGUNG

WASSERSTOFF-PRODUKTIONSKOSTEN IN €/KG AKTUELL (LINKS) UND 2030 (RECHTS)

Vollbenutzungsstunden \ Stromkosten in ct/kWh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
500	24	24	25	25	26	26	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31
1.000	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18	19
1.500	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15
2.000	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13
2.500	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11
3.000	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11
3.500	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	10
4.000	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10
4.500	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9
5.000	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9
5.500	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9
6.000	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9
6.500	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9
7.000	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8
7.500	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8
8.000	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8
8.500	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8

Annahmen: 1 MW PEM-Elektrolyse. Investition (inkl. Planung etc.) 1,8 Mio. €. 2 % Kapitalzins, 10 a Nutzungsdauer. Wartung: 15 €/(kW·a). Versicherung & Sonstiges 3 % der Investitionskosten p. a. Logistikkosten nicht enthalten! Vergütung für anfallende Wärme nicht berücksichtigt.

Vollbenutzungsstunden \ Stromkosten in ct/kWh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
500	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	19	20	20	21	21	22
1.000	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
1.500	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11
2.000	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	10
2.500	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9
3.000	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9
3.500	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8
4.000	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8
4.500	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8
5.000	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8
5.500	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8
6.000	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8
6.500	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
7.000	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7
7.500	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7
8.000	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7
8.500	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7

Annahmen: 1 MW PEM-Elektrolyse. Investition (inkl. Planung etc.) 0,8 Mio. €. 2 % Kapitalzins, 10 a Nutzungsdauer. Wartung: 15 €/(kW·a). Versicherung & Sonstiges 3 % der Investitionskosten p. a. Logistikkosten nicht enthalten! Vergütung für anfallende Wärme 5 ct/kWh.

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

WASSERSTOFF-NUTZUNGEN

ABFALLSAMMELFAHRZEUGE

	DIESEL	REIN BATTERIEELEKTRISCH	WASSERSTOFF + BRENNSTOFFZELLE	WASSERSTOFF-VERBRENNUNGS-MOTOR
Verbrauch	51,7 l / 100 km	274 kWh / 100 km	14,03 kg / 100 km	14,55 kg / 100 km
CO_2-Emissionen	1,63 kg/km	0,03 - 1,41 kg/km	0,15 - 1,76 kg/km	0,16 - 1,82 kg/km
Preis	160 T€	480 T€	550 T€	220 T€
Laufleistung p. a.	26.000 km			
Nutzungsdauer	8 Jahre			
Energiekosten p. a.	15.475 €	17.931 €	29.121 €	30.200 €
berücks. Betriebskosten p. a.	2.986 €	938 €	775 €	2.329 €
Kapitalkosten p. a.	18.050 €	61.650 €	71.188 €	26.225 €
Σ Kosten p. a.	**36.511 €**	**80.518 €**	**101.084 €**	**58.754 €**

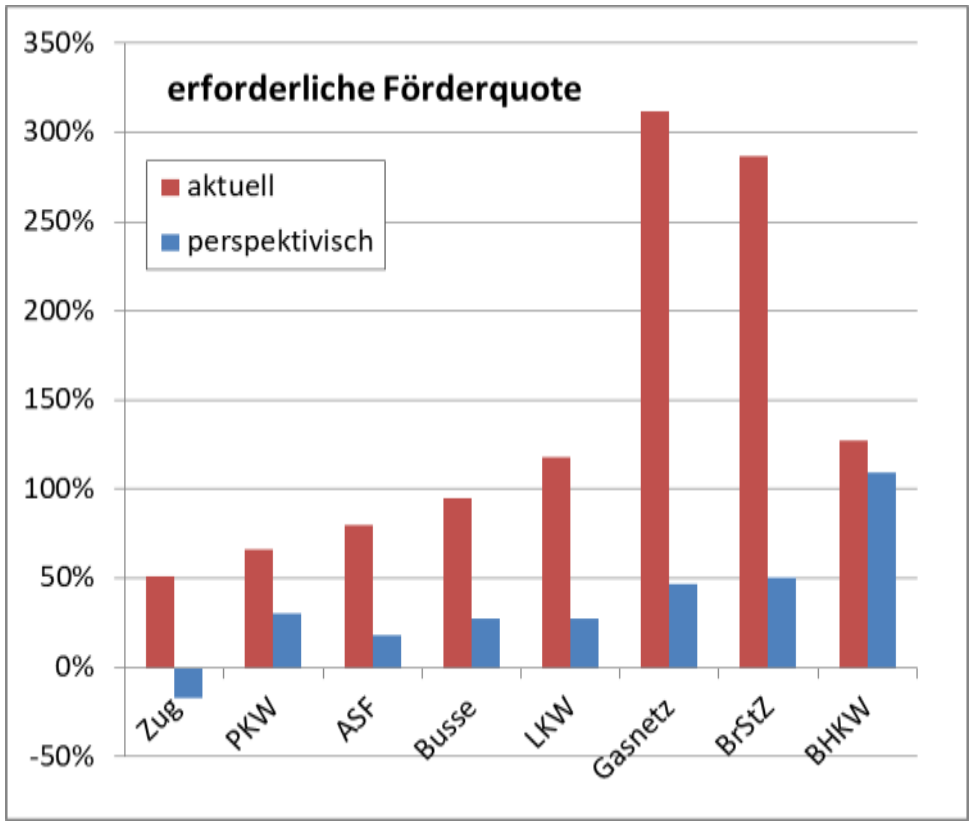
	AKTUELL	PERSPEKTIVISCH
Investition Fahrzeug mit H_2-Verbrennungsmotor	220 T€	180 T€
Förderbedarf	178 T€	32 T€
Förderquote bezogen auf Investition	80 %	18 %
CO_2-Vermeidungskosten	581 €/t	105 €/t
Anmerkungen	Investition Dieselfahrzeug: 160 T€	Investition Dieselfahrzeug: 170 T€

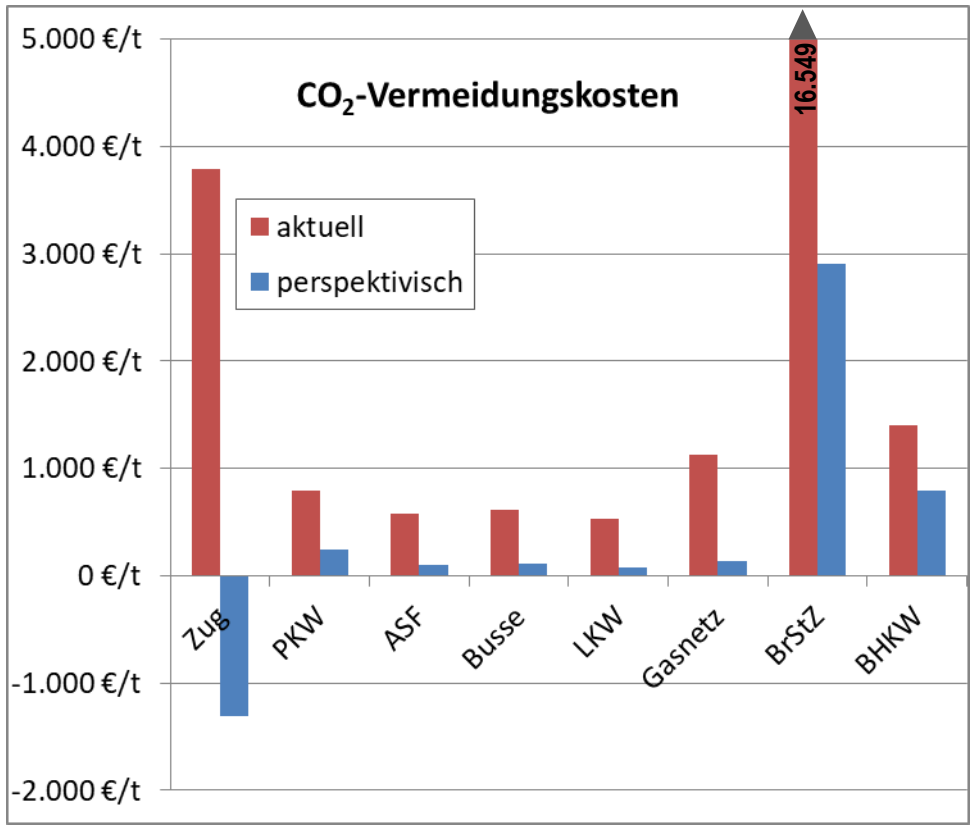
Annahmen:

Investitionskosten für Großabnehmer, 2 % Zins p. a., Wiederverkaufswert 30 T€, Diesel 1,37 €/l (brutto), H_2 9,50 €/kg (brutto). Bei Betriebskosten berücksichtigt: Regeneration Partikelfilter, AdBlue®, Motoröl, Hydrauliköl, Verschleiß Bremsen + Reifen, Kfz.-Steuer. Perspektivisch: Preis Diesel +25 %, Preis H_2 -25 %, Investitionskosten Kleinserie, Verteuerung Diesel-LKW 10 T€

WASSERSTOFF-NUTZUNGEN

ÜBERSICHT





Quellen / Annahmen (Details siehe Bericht!):

Zug: NOW 2016 (Triebwagen); PKW: 60 Tkm/a, Toyota Mirai, Zahlen gemäß ADAC; Busse: 71 Tkm/a, H_2-Verbrennungsmotor, Zahlen gemäß Autokraft / KEYOU; LKW: 68 Tkm/a, H_2-Verbrennungsmotor, Zahlen gemäß Spedition Voigt / KEYOU.

Einspeisung ins Erdgasnetz: 1 MW Elektrolyseur, erzeugungsnahe Einspeisung, Erdgaspreis 6,57 / 2,19 ct/kWh; Rückverstromung Brennstoffzelle: NT-PEM 5 kW_{el}, Wärmevergütung 5 ct/kWh, 4.000 Volllaststunden, H_2-Kosten 8 / 3 €/kg; Rückverstromung BHKW: PEM-EL 1 MW_{el}, Betrieb bei Strompreisen bis 3,1 ct/kWh, BHKW 265 kW_{el} mit 1.500 Betriebsstunden (maximaler Strompreis), Strompreise aus ex-post-Analyse 2016, Wärmevergütung 5 ct/kWh.

Wasserstoff-Nutzungen

Weitere Anwendungen

Flurförderzeuge:

Mit Akkus schon Zweischichtbetrieb möglich, Aufwand H_2-Infrastruktur.

↳ Potenziale begrenzt

Flugverkehr:

Projekt „KEROSyN100“ angelaufen (Raffinerie Heide u. a.): Erzeugung von ca. 30.000 t/a „grünem“ Kerosin für den Flughafen Hamburg intendiert.

W.D.R. (Wyker Dampfschiffs-Reederei):

Anwendungen frühestens in ca. 30 a denkbar (neue Schiffsflotte, keine Zertifizierung für H_2, kein „Experimentieren“ mit neuen Technologien, …).

Fähren Nord-Ostsee-Kanal:

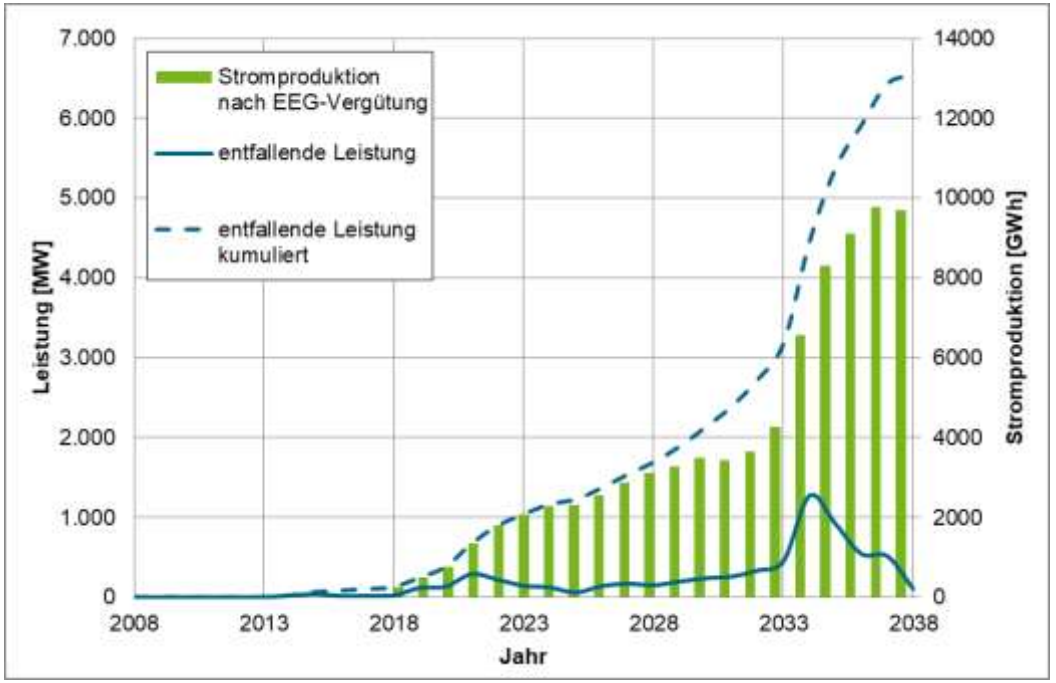
Fähren ca. 50 Jahre alt, Umrüstung erste 3 Fähren auf Hybridmotoren (dieselelektrisch) beauftragt, Umrüstung weitere 13 Fähren auf Wasserstoff bei entsprechenden Zulassungen denkbar.

WASSERSTOFF-NUTZUNGEN

POTENZIALE - BEISPIEL SCHLESWIG-HOLSTEIN (SH)

ANWENDUNG	ANNAHME	ABSATZPOTENZIAL [T/A]
Zug	Strecke Husum-Kiel + 2 vergleichbare Strecken	1.000
PKW	3,5 ‰ der PKW (14 % elektrisch in 2030 [BCG], davon jedes 20. mit H_2), je 60 Tkm/a	2.300
Abfallsammelfahrz.	10 % der Fahrzeuge Fahrzeuge in SH	190
Busse	5 % der Linienbusse in SH	500
LKW	1 ‰ der LKW, ca. 68 Tkm/a	290

Zum Vergleich: Würden alle aus der EEG-Förderung herausfallenden Windkraft-anlagen in SH noch 10 Jahre weiter betrieben* und ausschließlich für die Elektrolyse genutzt, ließen sich 2037 ca. 220.000 t H_2 erzeugen.



* ohne Berücksichtigung von Repowering

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

HANDLUNGSFELDER

- Subventionierung fossiler Energieträger beenden ➔ CO_2-Emissionen adäquat bepreisen
  - ↳ Verknappung CO_2-Emissionslizenzen (alle Sektoren einbeziehen!) oder Besteuerung (Bund, EU)
- Umlagen auf Stromverbrauch den aktuellen energiewirtschaftlichen Erfordernissen anpassen
  - ↳ Netzdienlichkeit bei Preisgestaltung berücksichtigen - z. B. Umlagen zeitvariabel an Netzsituation anpassen (Bund)
  - ↳ Doppelbelastungen vermeiden, z. B. Stromspeicher (Bund)
- Investitionskosten müssen sinken ➔ Markthochlauf erforderlich
  - ↳ Förderprogramme (EU, Bund, Land)
  - ↳ Pilotanwendungen
    - Züge, Busse → Land
    - PKW, Abfallsammelfahrzeuge, ggf. LKW → kommunale / kreiseigene Fuhrparks
    - Beschaffungswesen → Vorgaben zu Mobilität oder „Carbon Footprint“

AGENDA

- Die Rolle von Wasserstoff beim Klimaschutz
- Regionalwirtschaftliche Relevanz
- Erzeugung von Wasserstoff
- Wasserstoff-Nutzungen
  - ↳ Vorgehensweise am Beispiel von Abfallsammelfahrzeugen
  - ↳ Ergebnis-Übersicht
- Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten
- Diskussion

IPP ESN POWER ENGINEERING GMBH

KIEL | GREIFSWALD | RATINGEN | DRESDEN

info@ipp-esn.de
www.ipp-esn.de

Jürgen Meereis
j.meereis@ipp-esn.de

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!