





# **LEITFRAGEN**

- Welche Vor- und Nachteile ergeben sich für Wasserstoffimporte im Vergleich zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in Deutschland?
- Welche technischen, technologischen und wirtschaftlichen Parameter für die Umstellung der deutschen Stahlindustrie auf eine emissionsarme Stahlproduktion auf Basis von grünem Wasserstoff werden in der Literatur genannt und wie werden sie beschrieben bzw. quantifiziert?
- Welche Vor- und Nachteile ergeben sich für den Import von H2-reduziertem Eisenschwamm (H<sub>2</sub>-DRI) im Vergleich zur H<sub>2</sub>-Reduktion der Eisenerze (DRI-Herstellung) in Deutschland?

# HYSTEEL METASTUDIE

- "Emissionsfreie Stahlerzeugung Metastudie zu den technischen, technologischen und wirtschaftlichen Parametern für die Umstellung der deutschen Stahlindustrie auf eine emissionsarme Stahlproduktion auf Basis von grünem Wasserstoff"
- Gesamtgutachten erstellt durch: Uwe Albrecht, Michael Ball, Ulrich Bünger, Christopher Kutz, Jan Michalski (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH)
- Veröffentlicht: März 2022



# ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

## **GRÜNER STAHL**

- Tiefgreifende Veränderungen der Primärstahlerzeugung erwartet bis 2050, trotz Prognose konstanter künftiger Produktion (ca. 39-44 Mt/a):
  - Ausphasen BF/BOF durch verschärfte Klimapolitik
  - H<sub>2</sub>-DR/ES als robusteste Nullemissions-Technologie mit hoher betrieblicher und Standortflexibilität, Beitrag CH4-DR/ES offen
  - Sekundärstahl (Schrott-ES): bis zu 50 % der gesamten Rohstahlproduktion
  - DR ermöglicht weiterhin Herstellung hoher Stahlqualitäten
- Reinvestitionsbedarf in der Primärstahlerzeugung (ca. 53 % oder 18 Mt/a bis 2030) schafft "Window of Opportunity".
- Transformationskosten: Investitionen von ca. 10 Mrd. € (bis 2030) und 30 Mrd. € (bis 2050) davon ca. 50 % für DR in Deutschland.
- 80 % der Mehrkosten gegenüber Hochofenroute durch H<sub>2</sub> verursacht (bei 4 €/kg) aber vernachlässigbar im Hochpreis-Segment, aber günstige CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten <50 €/t<sub>CO2</sub> unter optimistischen Rahmenbedingungen.
- Signifikante Minderung der THG-Emissionen bereits kurz- und mittelfristig bedürfen eines ambitionierten Ausbaus der DRI-Kapazitäten in Deutschland.

### **EMISSIONSARMER WASSERSTOFF**

- Produktionspfade: Grüner H<sub>2</sub> im Fokus, blauer H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>-DR als Brücke.
- Bedarf grüner H<sub>2</sub> (DE): 0,5-3,3 Mt/a (18-110 TWh) bis 2030 und 7,8-20,7 Mt/a (260-690 TWh) bis 2050, unter Berücksichtigung ambitionierter Klimaschutzziele.
- Kurzfristig: Bedarf der Stahlbranche als "no regret"-Option, langfristig bis zu 2,1 Mt/a (stoffliche Nutzung) und 1 Mt/a (energetisch) bis 2050.
- Hohe Importabhängigkeit bei H<sub>2</sub> von rund 60 % zwischen 2030 und 2050.
- Große Bandbreiten bzgl. Bereitstellungskosten für grünen H<sub>2</sub>:
   6-12 €/kg (2020), 2-10 €/kg (2030) und 1,5-7,5 €/kg (2050).
- Hohe Transportkosten¹ kompensieren geringe
   H₂-Gestehungskosten im Ausland: Pipeline (48-Zoll)² <1,5 €/</li>
   kg bzw. 1-3 €/kg Schiff (z.B. LH₂, NH₂).
- Inländische Verteilung: Aufbau Transportnetzinfrastruktur ausgehend von Stahl- und Chemiezentren zwingend erforderlich.

<sup>1</sup> Transportkosten sind stark fall- und entfernungsabhängig.

<sup>2</sup> Pipelinetransport: Gilt bis etwa 3.000 - 4.000 km, Umrüstung bestehender Leitungen günstiger, Kosten für kleine Leitungen höher.

## WESENTLICHE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

### Hemmnisse

### Wesentliche Handlungsempfehlungen

H<sub>2</sub>-Versorgung

Grüne Stahlproduktion

Schleppender EE-Ausbau in DE und bislang fehlende (Import-)Infrastruktur für H<sub>2</sub>

- Rascher Ausbau der EE-Stromerzeugung
- Intersektorale Kooperation (koordinierter Ausbau der Strom- und Gasnetze)
- Mögliche Verlagerung von Stahlstandorten (Reduktion der EE- oder H<sub>2</sub>-Transportwege innerhalb DE)

Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit von grünem H<sub>2</sub> (in DE)

- Vermeidung regulatorischer Hürden (z.B. Zusätzlichkeitskriterium RED II+) und Mehrkostenausgleich (z.B. CCfD, H2Global)
- Internationale Zertifizierungssystem für emissionsarmen Wasserstoff

Unzureichende Marktentwicklung für emissionsarmen H<sub>2</sub> (sektorenübergreifend)

- Mögliche Instrumente: Quotenregelungen für diverse (Industrie-)Sektoren
- Hebelwirkung der Stahlindustrie bei Entwicklung der H<sub>2</sub>-Märkte und Infrastrukturen nutzen
- Globale Kooperationen zur Schaffung transparenter und liquider globaler H<sub>2</sub>-Märkte (grüner und ggfs. auch blauer Wasserstoff)

Unzureichende Investitionsanreize und fehlende Planungssicherheit bei starkem internat. Wettbewerb

- Anschubfinanzierung (Förderprogramme) und Investitionssicherheit durch stabile und langfristige Rahmenbedingungen
- Zielgerichtete Förderung (CAPEX & OPEX) und Zugang zu europäischen Fördertöpfen bzw. IPCEls
- "Level playing field" ggü. internat. Wettbewerb: EU-ETS, wirksame Ausgleichsmechanismen (z.B. CBAM), Exportregelungen

Geringer Markt für grünen Stahl und unzureichendes Bewusstsein für Größe der Transformation

- Nachfrage nach grünem Stahl fördern: z.B. reg. Vorgaben<sup>1</sup>, Abnahmeregeln in anderen Branchen, Vorrang bei öffentl. Aufträgen
   Frühzeitige öffentlichkeitswirksame Kommunikation der Handlungsnotwendigkeit und Beginn der Transformation
- Erfahrungen der langjährigen Mitarbeiter nutzen und Weiter- und Ausbildungsmöglichkeiten entwickeln
- Internationale Kooperationen zur Transformation der weltweiten Stahlerzeugung

Offene Technologiefragen / Entwicklungsbedarf mit Blick auf emissionsarme Stahlproduktion

- Weiterentwicklung angepasster Verfahrenstechnik: CH<sub>4</sub>-/H<sub>2</sub>-DRI-Hybridschachtöfen, ES/EAF für CH<sub>4</sub>-/H<sub>2</sub>-DRI, Schrottsortierung
- Technologiestrategie und Geschäftsmodelle regelmäßig überprüfen und ggfs. anpassen

© Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

## FAZIT DER HYSTEEL METASTUDIE

#### Stahlproduktion:

- Direktreduktion auf Basis grünen Wasserstoffs ist eine wesentliche langfristige Option zur Dekarbonisierung des Stahlsektors.
- Brücke zur Klimaneutralität über Direktreduktion auf Erdgasbasis dank rascher Klimaeffekte und technischer Verfügbarkeit.
- Große industriepolitische Bedeutung der Stahlindustrie und heimischer DRI-Produktion (technische/wirtschaftliche Einordnung von H<sub>2</sub>-DRI-Importen abhängig von Standort und Geschäftsmodell).

#### Wasserstoff:

- $\hbox{\tt ,Game changer" Wasserstoff: Wettbewerbs vorteil durch sauberen H}_2 \ \hbox{\tt und Strom zu günstigen Preisen in ausreichender Menge}.$
- Große Hebelwirkung der Stahlindustrie auf den Aufbau der H,-Infrastrukturen "no regret"-Option.
- Langfristiger Fokus auf grünen H<sub>3</sub> in einem optimalen Mix aus heimischer Produktion und H<sub>3</sub>-Importen.

#### Handlungsbedarf:

- Hoher Investitionsbedarf bei der Umstellung des Stahlsektors Anschubfinanzierung durch F\u00f6rderung und Investitionssicherheit.
- Gefahr von "Carbon Leakage" und Verlust von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen "level playing field" durch robusten regulatorischen Rahmen.
- Verfügbarkeit von Wasserstoff gezielter und beschleunigter Aufbau des Marktes und Lieferketten für sauberen Wasserstoff.



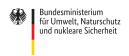
GRÜNER WASSERSTOFF IST
ESSENZIELL FÜR DIE EMISSIONSFREIE
STAHLERZEUGUNG UND BEDARF EINER
SCHNELLER RAHMENSETZUNG DURCH DIE
POLITIK SOWIE EINER UMSETZUNG ERSTER
PROJEKTE DURCH DIE INDUSTRIE.



KONTAKT:

Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) Robert-Koch-Platz 4, 10115 Berlin Telefon: +49 (0) 30 629 594 82 Telefax: +49 (0) 30 629 594 83 Mail: h2@dwy-info de

Mail: h2@dwv-info.de Web: www.dwv-hysteel.de Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Mögliche reg. Instrumente werden in Parallelstudie durch BBH geprüft. Darunter etwa THG-Grenzen, Quoten, Labelling, Klimaschutzverträge (CCfD/ CfD), Zertifizierung.