



Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zum Einsatz von Wasserstoff in der Stahlindustrie

1 SACHSTAND

Die aktuelle Hochofentechnologie beruht auf der Verwendung von „stückigen“ Eisenerzen (Sinter, Pellets, Stückerze) und Koks sowie Einblaskohle.

Technologisch ist im bestehenden Hochofenprozess aktuell nur der Ersatz von Einblaskohle durch wasserstoffreiche Gase möglich, der Kokeinsatz kann jedoch prozessbedingt nicht ersetzt werden. Aus diesem Grund kann die Hochofentechnologie zur Reduktion des Eisenerzes nicht klimaneutral betrieben werden. Die beim Betrieb der konventionellen Hochofenroute entstehenden Hüttengase (Hochofen-, Kokerei- und Konvertergas) werden in Deutschland möglichst effizient genutzt, um weitere fossile Brennstoffe, wie z. B. Erdgas, zu ersetzen bzw. die Restenergie der Hüttengase für die Strom- oder Dampfproduktion zu nutzen.

Eine höhere Beimischung von wasserstoffreichen Gasen im Hochofenprozess ist technisch machbar und Gegenstand weiterer Forschung.

Die alternative Technologie zur Erzeugung klimaneutralen Primärstahls ist ebenso wie die Hochofen-Konverter-Route zweistufig: die wasserstoffbasierte Direktreduktion des Eisenerzes und das Einschmelzen mit elektrischer Energie im Lichtbogenofen oder im Einschmelzer. Bei den neuen Prozessen wird vollständig auf feste Kohle und Koks verzichtet, die Reduktionsmittel sind gasförmig.

Die Transformationsaufgabe, in erster Linie die damit verbundenen Investitionen aber auch explizit der Bedarf im Bereich F&E, ist von bisher nicht gekannter Größenordnung und bedarf einer zeitnahen und stringenten Umsetzung, welche nicht von einzelnen Akteuren zu bewerkstelligen sein wird.

2 FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSBEDARF

Grundsätzlich teilt sich der F&E-Bedarf in die Modifikation bestehender Hochofenprozesse, die Weiterentwicklung der Direktreduktionsanlagen für einen flexiblen Wasserstoffbetrieb, nachgelagerte Produktionsschritte und Materialfragen (sowohl für die Produktionstechnik als auch für das Produkt Stahl). Diese Punkte sollen durch die digitale Modellierung der entsprechenden Themen, speziell der

Reduktionsprozesse und der integrierten Betriebsführung unterstützt werden. Dazu nehmen verstärkt die Kreislaufwirtschaft und die großtechnische Umsetzung von Direktreduktionsverfahren eine besondere Rolle ein.

Im Einzelnen sind dies insbesondere folgende F&E-Themen:

- ◆ **Hochofenprozesse:**
 - ◆ Kreislaufführung Prozessgas
 - ◆ Grundlagenuntersuchung zum industriellen Wasserstoffeinsatz

- ◆ **Direktreduktion und elektrisches Einschmelzaggreat:**
 - ◆ Wechselfahrweise Erdgas/Wasserstoff beim Direktreduktionsverfahren (zur Sicherung der Flexibilität bei der Reduktionsmittelversorgung)
 - ◆ Einfluss Wasserdampf auf die Eisenerzreduktion im Schachtofen (sogenanntes Sticking) – Qualitätssicherung
 - ◆ Entwicklung alternative wasserstoffbasierte Reduktionsmittel
 - ◆ Grundlegende Technologieentwicklung Schachtofen/Wirbelschichtverfahren bis zur industriellen Reife
 - ◆ Erforschung von Reduktionsraten und -ergebnissen unter Beimischung höherer Wasserstoffanteile (> 50 % bis zu 100 %) – Wirkungsgrad und ökonomische Betrachtung
 - ◆ Prozessoptimierung bei hohem Wasserstoffanteil inklusive grundlegender Untersuchungen zum Einfluss des Einschmelzverhaltens und verschiedener Wasserstoffanteile auf die Produktivität – Qualitätssicherung und Ökonomie
 - ◆ Grundlegende Betrachtung der Einschmelztechnologie (EAF und Einschmelzer) beim Einsatz von direkt reduzierten Eisen
 - ◆ Verhalten feuerfester Stoffe – Lebensdauer

- ◆ **Wasserstoffeinsatz in nachgelagerten Verarbeitungsprozessen (z. B. Aufheizen, Wärmebehandlung):**
 - ◆ Untersuchung von NO_x-Bildung und Emissionen bei der Verbrennung von Wasserstoff
 - ◆ Untersuchungen zur thermischen Belastung Brenner und -komponenten
 - ◆ Sicherheitstechnik Handhabung Wasserstoff
 - ◆ Einfluss auf Produktqualität
 - ◆ Ökonomie

- ◆ **Werkstoffe, Stahlqualität und Nebenprodukte**
 - ◆ Identifikation neuer Werkstoffe für Produktionsanlagen – Resistenz gegen Wasserstoffversprödung
 - ◆ Absicherung der Eigenschaften von CO₂-arm produziertem Stahl und Nebenprodukten zur Qualitätssicherung:
 - ◆ Erreichbare chemische Zusammensetzungen der Stähle aus den neuen metallurgischen Routen
 - ◆ Nutzung biogenen Kohlenstoffs zur Legierung von Stählen
 - ◆ Aufkohlung der Stahlschmelze bei H₂-DR-EAF-Route und H₂-DR-Einschmelzer-Route
 - ◆ Angepasste Anwendungen bzw. Konditionierung der neuen Schlacken der EAF- und Einschmelzer-Route
 - ◆ Recycling von Hütten-/Reststoffen innerhalb der Transformation
 - ◆ Zertifizierung – Anpassung von Kundenstandards und Euronomen an die mit den neuen Technologien erreichbaren Spezifikationen
 - ◆ Herausforderungen durch den Einsatz höhere Anteile an Sekundärmaterial

◆ **Grundlagenforschung an neuen Verfahren (z. B. plasmabasierte Eisenerzreduktion)**

- ◆ Im Sinne einer echten Kreislaufwirtschaft ist der klimaneutral erzeugte Stahl noch mehr als bisher als Wertstoff anzusehen, der nahezu CO₂-frei weiterverarbeitet werden kann. Sie erfordert die Entwicklung entsprechender und aktuell noch neuartiger Konzepte (z. B. konsistentes Labeling, Inventarmanagement, Rücknahmemöglichkeiten usw.)

Eine Skalierung der Wasserstoffproduktion, der dazugehörigen Elektrolysetechnologie und der Transportlogistik ist u. a. aus ökonomischer Sicht von essenzieller Bedeutung für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie. Dazu sind weiterführende Betrachtungen erforderlich, die nicht Umfang dieses Papiers sind.

3 SICHERUNG DES FACHKRÄFTEANGEBOTES

Für die Transformation werden zusätzlich hochqualifizierte Fachkräfte benötigt, die die Brücke zwischen der aktuellen und den neuen Technologien bauen und dabei die großen wirtschaftlichen Herausforderungen berücksichtigen können. Folglich ist neben einer qualifizierten Hochschullandschaft mit entsprechenden Studiengängen und einer beruflichen Aus- und Weiterbildung auch die internationale Suche nach Nachwuchskräften ein wichtiges Instrument der Bedarfssicherung. Grundsätzlich sind auch Konzepte für eine Attraktivitätssteigerung dieser neuen, verstärkt auch nachhaltigen Tätigkeitsprofile mit entsprechender regionaler Zukunftsperspektive im Bereich einer grünen Stahlindustrie empfehlenswert.

4 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Auf Basis der aufgeführten Forschungs- und Entwicklungsbedarfe lassen sich die folgenden Handlungsempfehlungen sowie zu klärende Fragestellungen ableiten, um den stufenförmigen Markthochlauf abzubilden:

4.1 KLARE RAHMENBEDINGUNGEN SCHAFFEN

Grundsätzliche zügige Klärung, was genau als grüner Einsatzstoff/grüner Stahl anerkannt wird.

4.2 SCHAFFUNG EINER GEMEINSAMEN PLATTFORM VORWETTBEWERBLICHEN AUSTAUSCHS

Die Herausforderungen erfordern einen großen Handlungs- und Kapitalaufwand. Eine parallele Bearbeitung durch einzelne Unternehmen und Forschungseinrichtungen wird nur bedingt zum Ziel führen und verzögert die Etablierung innovativer Ansätze. Ein schnelles gemeinsames Vorgehen im vorwettbewerblichen Raum wäre demnach zu empfehlen, wenngleich die entsprechenden Rahmenbedingungen noch zu definieren sind. Dazu sind unter Einbindung aller Stakeholder entsprechende rechtssichere Strukturen zu schaffen. Für die aktuell notwendige schnelle Transformation muss die Industrie die Themen vorgeben, die schnell zur Umsetzung kommen sollen. Die Forschung unterstützt bei der industriellen Etablierung durch Lösungen auf Basis ihrer technologischen Entwicklungen. Grundlagenorientierte Ansätze sollten parallel kontinuierlich verfolgt werden, um die Innovationen von übermorgen zu sichern.

4.3 FÖRDERMÖGLICHKEITEN SCHNELL UND UNBÜROKRATISCH GESTALTEN

Aktuell wiegt die Zuwendung den Zeitverlust bei Projektbeantragung nicht auf und behindert eine Transformation im notwendigen und gewünschten Tempo. Förderprogramme sollen konkret, spezifisch und schnell (von Jahren auf wenige Monate reduzieren) abrufbar und umsetzbar sein.

Auch sollte die Möglichkeit von mandatierter Forschung (Top-down-Ansatz) betrachtet werden. So können allgemeine und notwendige Forschungstätigkeiten von der Bundesregierung in einem wettbewerblichen Verfahren mit klaren Definitionen ausgeschrieben werden. Dies gilt insbesondere für Metastudien und wissenschaftliche Begleitvorhaben sowie für Fachkonferenzen.

4.4 GENEHMIGUNGSVERFAHREN SCHNELL UND UNBÜROKRATISCH GESTALTEN

Bei Pilotindustrieanlagen, aber auch auf der Ebene von Versuchsanlagen sowie im Bereich der Kooperationen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollten Genehmigungsverfahren zügig realisiert werden. Empfehlenswert ist ein Abschluss in wenigen Monaten.

4.5 SICHERSTELLUNG DER VERFÜGBARKEIT AUSREICHENDER WASSERSTOFFMENGEN ZU WETTBEWERBSFÄHIGEN PREISEN

Neben den benannten Handlungsempfehlungen im Bereich der Forschung und Entwicklung ist auch die Sicherstellung der Verfügbarkeit ausreichender Wasserstoffmengen zu wettbewerbsfähigen Preisen anzugehen. Unter aktuellen Rahmenbedingungen ist die Eigenproduktion von Wasserstoff nur schwer wettbewerbsfähig zu realisieren, aber für den Aufbau von Erfahrungen und die Erzeugung erster Ergebnisse für die Transformation des Gesamtprozesses essenziell. Somit ergeben sich speziell im Bereich der H₂-Erzeugung Synergien zu den anderen relevanten Aspekten der Wasserstoffwertschöpfungskette, welche durch ein abgestimmtes Agieren gehoben werden sollten. Folglich ist auch die notwendige hochskalierte Produktion von grünem Strom zu berücksichtigen sowie die Infrastruktur für die Verteilung des Wasserstoffs gleichzeitig zu schaffen.

4.6 AKZEPTANZ FÖRDERN

Ein ebenfalls übergreifendes Thema ist die Akzeptanz. Die Bevölkerung sollte besseren Zugang zu Informationen über die Wichtigkeit von Wasserstoff im Industrieinsatz erhalten. Dazu ist eine bundesweite Marketingkampagne „Wasserstoff“ zu überlegen.



DER NATIONALE WASSERSTOFFRAT

Mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie hat die Bundesregierung am 10. Juni 2020 den Nationalen Wasserstoffrat berufen. Der Rat besteht aus 26 hochrangigen Expertinnen und Experten der Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die nicht Teil der öffentlichen Verwaltung sind. Die Mitglieder des Wasserstoffrats verfügen über Expertise in den Bereichen Erzeugung, Forschung und Innovation, Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr und Gebäude/Wärme, Infrastruktur, internationale Partnerschaften sowie Klima und Nachhaltigkeit. Der Nationale Wasserstoffrat wird geleitet durch Katherina Reiche, Parlamentarische Staatssekretärin a. D.

Aufgabe des Nationalen Wasserstoffrats ist es, den Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie zu beraten und zu unterstützen.

◆ **Kontakt: info@leitstelle-nws.de, www.wasserstoffrat.de**