



Klimawandel

Vermeidung

Technologische Optionen und Risiken einer wasserstoffbasierten Eisen- und Stahlproduktion

Autoren: Jakob Mayer¹, Karl W. Steininger^{1,2}, Andreas Türk^{1,3}

¹Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz, ²Institut für Volkswirtschaftslehre, Universität Graz,

³LIFE – Joanneum Research, Graz

begutachtet von: Johannes Schenk (Montan Universität Leoben), Lukas Kranzl (Technische Universität Wien)

Zur Erreichung langfristiger Klimaziele („deutlich unter 2° C“) sind netto-null Treibhausgasemissionen bis 2050 erforderlich. Es bedarf somit auch einen entsprechenden Beitrags der Eisen- und Stahlindustrie. Im Folgenden werden die derzeit dafür bestehenden Handlungsoptionen dargestellt und bewertet.

Hauptaussagen

- Gegenwärtige Kostenabschätzungen von klimaneutralen Eisen- und Stahltechnologien, die Kohlenstoff durch Wasserstoff ersetzen, implizieren politischen Eingriff für deren Realisierbarkeit.
- Die Effektivität von Klimaschutz in diesem Sektor ist nur mit dem Ausbau und wirtschaftlich darstellbarer Nutzbarkeit erneuerbarer Strom- bzw. Wasserstoffproduktion gewährleistet.
- Das damit verbundene Bereitstellungsrisiko von erneuerbarem Strom bzw. Wasserstoff ist zurzeit schwer einschätzbar¹, dessen Eingrenzung erfordert den Bedarfsabgleich zwischen unterschiedlichen Sektoren und auf verschiedenen politischen Ebenen.
- Qualitativ erhobene Risikoeinschätzungen zu Marktverschiebungen und Sektor-spezifischen Gegebenheiten stellen eine wertvolle Informations-Ergänzung für quantitative Analysen von Transitionspfaden dar.

Wasserstoffbasierter Klimaschutz

Eisen und Stahl sind Ausgangswerkstoffe einer Vielzahl von Anwendungen, oft auch unabdingbar für Klimaschutz-Technologien (Wasserkraft-Turbinen, Türme und Rotoren für Windkraftanlagen, Schienen (Abb.1)). Die europäische Stahlproduktion erfolgt zu 60 % auf Basis der Route Hochofen und LD-Verfahren, welche pro hergestellter Tonne Stahl zwischen 1,5 und 2 Tonnen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) emittiert.



Abbildung 1: Stahlprodukt Schienen (für den energieeffizienten Verkehr)
Foto: voestalpine

Von technischer Seite sind noch Einsparungspotentiale durch Effizienzmaßnahmen, Erdgasbasierte Direktreduktionsverfahren und durch verstärkte Stahl-Rezyklierung möglich. Neuhoff et al. (2018, Abbildung 2) geben ein maximales (technisches) Reduktionspotential für die Produktion von Roheisen von minus 85 % in 2050 an. Dieses Potential berücksichtigt ökonomische Restriktionen und Rebound-Effekte nicht, kann daher real nicht ausgeschöpft werden und ist schon deshalb als unzureichend anzusehen, um netto Emissionsfreiheit zu erreichen (Mayer et al., 2019). Ausgehend vom Projekt ULCOS² treiben mehrere F&E-Bemühungen radikalere Optionen weiter voran. Diese inkludieren CO₂-Abscheidung und Tiefenspeicherung oder die Verwertung des eingefangenen CO₂ in chemisch-industriellen Produkten (z. B. Carbon-2Chem³ und Steelanol⁴ der Stahlherzeuger Thyssenkrupp und Arcelor-Mittal). Eine fundamentale Alternative dazu ist die wasserstoffbasierte Eisen- und Stahlherzeugung, welche von vorneherein prozessbedingte CO₂-Emissionen weitgehend vermeidet. Einige Akteure verfolgen diese Strategie, darunter der schwedische Konzern SSAB (HYBRIT)⁵, die österreichische voestalpine (H2FUTURE⁶, SuSteel⁷) sowie Salzgitter in Deutschland (GrInHy⁸).

Transition und Risiken

Eine umfassende Betrachtung von Klimaschutz-Maßnahmen im Eisen- und Stahlsektor (Neuhoff et al., 2018) ist in der linken Spalte in Tabelle 1 ersichtlich. Ergänzend liegen Kernrisikobereiche vor, wie sie mit Vertretern europäischer Stahlherzeuger identifiziert und diskutiert wurden (rechte Spalte). Einzelne Risikobereiche sind von unterschiedlicher Relevanz und können durch mehrere Maßnahmen unterschiedlich stark bedingt sein.

1 Das Bereitstellungsrisiko erfordert übersektorale Analysen, die nicht im Fokus dieses Fact Sheets stehen. Parallele Forschungsprojekte widmen sich dieser Frage (z. B. SET-Nav: <http://www.set-nav.eu/>)

2 https://cordis.europa.eu/project/rcn/74430_en.html

3 <http://www.circularity.eu/project/carbon2chem/>

4 <http://www.steelanol.eu/>

5 <http://www.hybritdevelopment.com/>

6 <https://www.h2future-project.eu/>

7 https://www.ffg.at/sites/default/files/ffg_2017_produktion_der_zukunft_final_einseitig.pdf

8 <http://www.green-industrial-hydrogen.com/>

9 Ein umfassenderer Beitrag zu qualitativ erhobenen Risikoeinschätzungen weiterer Optionen ist als TRANSrisk policy brief auffindbar: <http://www.transrisk-project.eu/virtual-library/policy-briefs/transrisk-policy-briefs-is-sue-3-understanding-risks-related>

Bestehende Maßnahmenempfehlungen und -pakete	Risikobereiche der Eisen- und Stahltransition
<p><i>Basierend auf Neuhoff et al. (2018):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Share, repair, reuse (erweitert durch »Stahl-Leasing«) • Werkstoffsubstitution • Rezyklierung (Quantitative und qualitative Steigerung von Stahl durch Schrott) • Effizienzmaßnahmen • Kundenspezifische und materialeffiziente Herstellung • »Higher value« Stahl • Technologischer Wandel 	<p><i>Identifizierte Risiken auf Betriebsebene:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsrisiko • Preisrisiko • Marktmachtrisiko • Technologisches Risiko • Lange Lebensdauern und Überkapazitäten • Ablehnung aufgrund ökologischer Risiken <p><i>Allg./intersektorale Risikodimension:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Politikrisiko • Neue Wertschöpfungsketten implizieren neue Risiken • Kohlenstoffarme Transition in anderen Sektoren

Tabelle 1. Risikoabgleich mit bestehenden Maßnahmenempfehlungen und -paketen

Im Folgenden wird ausschließlich auf die wasserstoffbasierte Technologie eingegangen. Einige Stakeholder befinden insbesondere diese für langfristig durchführbar und ökonomisch interessant.⁹ Einige Stahlerzeuger sind involviert in Demonstrationsprojekten von wasserstoffbasierten Anlagen. Die Betriebskosten solcher Anlagen sind jedoch derzeit nicht wettbewerbsfähig zum konventionellen Hochofenverfahren. Die wesentlichen Parameter für Wettbewerbsfähigkeit sind gesicherte Energie- und Rohstoffversorgung sowie CO₂-Bepreisung. Letztere ist im globalen Kontext zu sehen, um internationale Investitions- und Emissionsverlagerung zu vermeiden. Auf Basis zu erwartender Kosten ist die wasserstoffbasierte Route zu einem Elektrizitätspreis von 50 EUR pro MWh kombiniert mit 140 EUR pro Tonne CO₂ wettbewerbsfähig. Im günstigsten Fall bedarf es durch weiteren technischen Fortschritt (d. h. Plasma) eines Elektrizitätspreises von 30 EUR pro MWh kombiniert mit 25 EUR pro Tonne CO₂ (Mayer et al., 2019).

Fortschritte im technologischen Bereich sind im Handlungsspielraum der Stahlerzeuger. Die übrigen (wahrgenommenen und tatsächlichen) Risiken steigen mit dem Sinken der Einflussmöglichkeiten – dazu zählt das Beschaffungsrisiko. Für eine weitgehend dekarbonisierte Stahlerzeugung in Österreich wären – bei äquivalenter Stahlmenge – zusätzlich zur derzeitigen österreichischen Gesamtstromnachfrage (70 TWh, E-Control, 2018) weitere 33 TWh notwendig. Auch wenn diese Menge nach Berücksichtigung von System-Rückwirkungen kleiner ausfallen sollte (Mayer et al., 2019), muss die Beschaffungsfrage geklärt werden. Dabei sind ausschließlich die (auch grenzüberschreitenden) Potentiale der Stromerzeugung durch erneuerbare Energieträger in Betracht zu ziehen.

Neben dem Risiko nicht ausreichend erneuerbarer Stromerzeugung ist letztendlich fraglich, in welchen Marktstrukturen Strom und Wasserstoff zukünftig angeboten werden. Da die Strom- und Wasserstoff-nachfragenden Bereiche von ganz unterschiedlicher volkswirtschaftlicher Bedeutung sind, ist vorab zu prüfen, ob eine Stromzuteilung allein nach aktuellen Regulierungen und Marktkräften (d. h. ohne Berücksichtigung von Externalitäten) eine volkswirtschaftlich erwünschte ist. Sektoren mit hoher volkswirtschaftlicher Relevanz, wie der Stahlsektor, könnten am unteren Ende des Angebots (Merit-Order Kurve) zu liegen kommen und damit leer ausgehen, gerade auch im Kontext des generellen Elektrifizierungstrends (z. B. Digitalisierung, E-Mobilität, grüner Wasserstoff für andere Sektoren). Dieses potentielle Risiko ist einer näheren Analyse erst zu unterziehen.

Im Übergang zu weitgehend dekarbonisierter Stahlerzeugung könnte ein wechselnder Anteil von Erdgas und Wasserstoff verwendet werden. Diese Flexibilität mindert zwar das Beschaffungsrisiko, jedoch auf Kosten von Klimaschutz-Effektivität.

Risikomanagement: Implikationen für Entscheidungsträger

Intelligente Investitions- und Strategieentscheidungen gehen einher mit der Berücksichtigung potentiell neuer Wertschöpfungsketten von privaten und öffentlichen Entscheidungsträgern. So kann der angedachte Ersatz von Kohlenstoff durch Wasserstoff, und die damit verbundene erhöhte Notwendigkeit zur Bereitstellung erneuerbarer Elektrizität, nur in einem integrierten Zugang erfolgen: dies über Sektoren hinweg (»Koppelung« von Energiebereitstellung und Industrie) und auch auf politischer Ebene. Das Fallbeispiel Eisen und Stahl zeigt deutlich, wie Industrie- sowie Klima- und Energiepolitik im ETS Bereich¹⁰ mit Klimaschutz auf Mitgliedsstaaten-Ebene (d. h. im nicht-ETS Bereich) in wechselseitiger Abhängigkeit stehen. Koordination, Kohärenz und Transparenz (d. h. eine echte Energieunion) sind notwendig, um die industrie- und klimapolitischen Schwerpunkte auf diesen Ebenen zu integrieren. Die Institutionen der EU sowie derer Mitgliedstaaten haben in einer kohlenstoffarmen Transition eine entscheidende Rolle im Management von Risiken.

10 Das ETS (Emission Trading Scheme) bezeichnet das Emissionshandelssystem auf EU-Ebene. Dieses marktbasierende klimapolitische Instrument betrifft die Sektoren Stromerzeugung und Wärmebereitstellung, die energieintensive Industrie sowie Teile des Flugverkehrs (https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_de)

Referenzen

E-Control, 2018. Austrian Energy in Figures – Key statistics 2018. Available at: <https://www.e-control.at/en/publikationen/statistik-bericht>

Mayer, J., Bachner, G., Steininger, K.W., 2019. Macroeconomic implications of switching to process-emission-free iron and steel production in Europe. Journal of Cleaner Production 210:1517-1533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.118>

Neuhoff et al. 2018. Filling gaps in the policy package to decarbonize production and use of materials. Climate Strategies and DIW Berlin. Available at: https://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2018/06/CS-DIW_report-designed-2.pdf

Die diesem Fact Sheet zugrundeliegende Forschung wurde unterstützt durch Fördergelder des Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank (Projektnummer: 16282).



OESTERREICHISCHE NATIONALBANK
EUROSYSTEM

Impressum CCCA

Servicezentrum
Mozartgasse 12
A-8010 Graz
ZVR: 664173679

servicezentrum@ccca.ac.at
www.ccca.ac.at
Stand: Mai 2019
ISSN 2410-096X