



# Global Energy Solutions

## For Prosperity and Climate Neutrality

## Klimaneutraler Stahl: Optionen

### Deutsche Wasserstoffstrategie und Klimaziele - Realitätscheck am Beispiel der deutschen Stahlproduktion

Global Energy Solutions e.V.

28.05.2021

#### 1. Status quo und aktuelle Entwicklungen

Die Stahlproduktion in Deutschland umfasst 40 Millionen Tonnen (Mio. t) Stahl pro Jahr mit jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 60 Mio. t.<sup>1,2</sup> Hochwertiger Stahl, wie er in Deutschland hergestellt wird, ist eine strategische Ressource – bis in den Bereich der militärischen Sicherheit hinein. Deshalb ist dieses Thema eine große Herausforderung für die Klimapolitik.

Aktuell wird der Rohstahl vorrangig über zwei Verfahren hergestellt: 70 % über die sogenannte Hochofenroute und 30 % über den Elektro-Lichtbogenofen. Bei letzterem wird in geringem Umfang Eisenschwamm aus der Direktreduktion des Eisens mit Methan eingesetzt. Bis 2050 soll jedoch die gesamte Stahlproduktion in Deutschland über Direktreduktion erfolgen, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlproduktion massiv zu reduzieren. Weil bei der Direktreduktion Gase wie Wasserstoff (H<sub>2</sub>) oder Erdgas/Methan eingesetzt werden, sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen bedeutend niedriger als bei dem Standardverfahren über die Hochofenroute, bei der Koks bzw. Kohle zum Einsatz kommt. Wird *grüner Wasserstoff* zur Direktreduktion eingesetzt, liegen die Emissionen nahe null, es entsteht lediglich Wasserdampf. Das ist allerdings mit hohen Kosten verbunden. Direktreduktion mit sogenanntem grauen Wasserstoff oder mit Methan sind viel preisgünstiger und senken die CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenfalls zumindest erheblich ab.

Für CO<sub>2</sub>-Emissionen besteht ein interessanter Ansatz darin, diese über Carbon Capture and Usage (CCU) abzufangen und weiter zu verwenden. Abgefangenes CO<sub>2</sub> kann beispielsweise zur Herstellung klimaneutraler synthetischer Kraftstoffe und Energieträger genutzt werden (z. B. auch für grünes Methan). Wenn solche grünen Kraftstoffe auf Basis erneuerbarer Energie aus Sonnenwüsten importiert würden, ist potentiell Klimaneutralität

mit ewig zirkulierendem Kohlenstoff möglich, wenn das bei der Verbrennung entstehende CO<sub>2</sub> wieder abgefangen und in den Kreislauf eingebracht wird.

Alternativ können Emissionen auch über hochwertige Zertifikate kompensiert werden, wie dies die Allianz für Entwicklung und Klima vorschlägt. Die Allianz wurde im November 2018 durch das BMZ initiiert und im Herbst 2020 in eine Stiftung überführt. Kompensationen der vorgeschlagenen Art zielen einerseits auf die Förderung von Entwicklung und Umweltschutz im Sinne der Sustainable Development Goals (SDGs), andererseits auf bilanzielle Verbesserungen der Weltklimabilanz, durch sogenannte Nature-based Solutions (NbS).

Der vorliegende Text untersucht die vorhandenen Alternativen für die Produktion von klimaneutralem Stahl und versucht eine Bewertung der jeweiligen Vor- und Nachteile. Besonders attraktiv erscheint aus Klima- und Kostensicht die Direktreduktion mit Methan und das Abfangen und Weiterverwenden der (vergleichsweise geringen) resultierenden Emissionen.

#### 2. Verfahren, Kosten und Emissionen der Stahlproduktion

Die Hochofenroute ist das häufigste Verfahren der Stahlproduktion. Bei der Hochofenroute werden pro Tonne Stahl prozessbedingt rund 380 kg Koks oder Kohle eingesetzt. Die dadurch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen bei 1,7 t CO<sub>2</sub>/t Rohstahl. Eine komplette technische Kreislaufführung (Recycling) der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist beim Einsatz der Hochofenroute nicht möglich. Das CO<sub>2</sub> kann aber

abgefangen werden. Alternativ können hochwertige Zertifikate im entsprechenden Umfang gekauft werden, wenn CO<sub>2</sub>-Neutralität das Ziel ist.

Bei der Direktreduktion mit Erdgas reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 0,5 t CO<sub>2</sub>/t Stahl.<sup>3</sup> Bei direkter Verwendung von grünem Wasserstoff statt Erdgas zur Reduktion sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis auf 0,05 t CO<sub>2</sub>/t Stahl. Mit dem Übergang vom konventionellen Hochofen zu einer Anlage zur Direktreduktion sind jedoch üblicherweise hohe Kosten verbunden.

Stahl kostet mindestens **390 Euro pro Tonne (€/t)**. Die Kosten sind volatil mit Ausschlägen nach oben bis zu 530 €/t. Weil die Stahlpreise allerdings international unter Druck stehen, kalkulieren wir im Weiteren mit 390 €/t. Bei diesem Preis liegt der Gesamtwert der Stahlproduktion in Deutschland bei etwa 16 Mrd. € pro Jahr. In den 390 €/t sind etwa 40 € Kosten für etwa 380 kg Koks oder Kohle enthalten.<sup>4</sup>

Da die Produktion von Stahl unter das EU-Zertifikatesystem für CO<sub>2</sub>-Emissionen (EU-ETS) fällt, werden sich die Kosten pro Tonne Stahl ab 2021 nicht durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe für jede emittierte Tonne CO<sub>2</sub> erhöhen, wie in den Sektoren Wärme und Verkehr. Die Zertifikate im EU-ETS werden bisher größtenteils kostenfrei zur Verfügung gestellt, während sich die Gesamtmenge der Zertifikate europaweit jährlich verringert. Durch die sich stetig verringernde Menge verfügbarer Zertifikate wird der erwünschte Klimaschutzeffekt erzielt. In der Folge werden allerdings die kostenfreien Zuteilungen an die Stahlindustrie zurückgefahren werden (müssen).

### 3. Klimaneutralität der Hochofenroute durch Abfangen von CO<sub>2</sub>

Wir diskutieren das Thema im Weiteren unter der Prämisse, dass Klimaneutralität angestrebt wird. Wir diskutieren dazu als eine Option das CO<sub>2</sub> in der klassischen Stahlproduktion (im Sinne von Carbon Capture and Usage, CCU) abzufangen. Das wird etwa 50 €/t Stahl kosten, wenn man, wie oben angegeben, von etwa 1,7 t CO<sub>2</sub>/t Stahl ausgeht und pro abgefangener Tonne CO<sub>2</sub> etwa 30 € an Kosten angesetzt. Dabei wird der Herstellungsprozess unter Einsatz von Koks/Kohle nicht verändert. Da das CO<sub>2</sub> wegen des Einsatzes von CCU nicht in die Atmosphäre gelangt, entsteht kein negativer Klimaeffekt. Das abgefangene CO<sub>2</sub> muss stattdessen genutzt werden. Wir streben im Sinne einer Kreislaufwirtschaft an, das CO<sub>2</sub> als Rohstoff zu nutzen, um synthetische Kraftstoffe herzustellen. Unter Umständen muss dafür bezahlt werden, dass jemand das CO<sub>2</sub> zur weiteren Verwertung abnimmt.

Als Summe von 390 € aus der Stahlherstellung und 50 € für das Abfangen des CO<sub>2</sub> pro Tonne Stahl kalkulieren wir bei der vorgeschlagenen Vorgehensweise aktuell einen Gesamtpreis von **440 €** für die Produktion einer Tonne Stahl.

Weltweit wurden 2019 rund 70 % des Rohstahls (1.340 Mio. t) über die Hochofenroute hergestellt, davon nur ca. 5 % (92 Mio. t) in der Europäischen Union. Das bedeutet, dass weltweit (insbesondere in China) große Kapazitäten der Hochofenroute bestehen, für deren klimaneutrale Produktion wirtschaftlich vertretbare Wege gefunden werden müssen – dies als Teil einer Lösung der globalen Klimaproblematik. Eine Umstellung der Stahlherstellung auf die Direktreduktion, wie das in der politischen Diskussion in Deutschland beabsichtigt ist und wie es nachstehend diskutiert wird, ist global betrachtet schlichtweg keine realistische Option. Das bedeutet, dass die weitgehende Anwendung von CCU entlang der Hochofenroute aus Klimagründen eine wichtige Option darstellt. Auch sollte darüber nachgedacht werden, welche sicheren Optionen es im Bereich der CO<sub>2</sub>-Speicherung gibt (Carbon Capture and Storage, CCS), um die hier vorgeschlagenen Wege für CCU zu ergänzen.

### 4. Klimaneutralität durch Einsatz von Wasserstoff bei Direktreduktion

Die Politik (und immer stärker wohl auch die Industrie) setzt zurzeit für eine zukünftig klimaneutrale Stahlproduktion in Deutschland auf **Direktreduktion mit grünem Wasserstoff**. Die Industrie hat diesen Weg unter dem Druck der Politik in Erwartung entsprechender regulatorischer Vorlagen zunehmend akzeptiert. Dies aber nur unter der Voraussetzung, dass die Politik die Finanzmittel zur Abdeckung der Differenzkosten bereitstellt. Verwendet man grünen Wasserstoff zur Direktreduktion, entstehen (fast) keine CO<sub>2</sub>-Emissionen (0,05 t CO<sub>2</sub>/t Stahl). Zusätzlich spart man pro Tonne Stahl 40 € für Koks/Kohle ein. **Allerdings muss der Gesamtproduktionsprozess für die Direktreduktion umgebaut werden, was (sehr) teuer ist.**

Am Markt ist der Prozess heute nur konkurrenzfähig, wenn grüner Wasserstoff pro Kilogramm 1-1,50 € kosten würde. Pro Tonne grünen Wasserstoffs wären das 1.000-1.500 €, was dem heutigen Preis für grauen Wasserstoff in Deutschland entspricht (Wasserstoff auf fossiler Basis, s. u.). Kalkuliert man im Weiteren mit 1,7 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne herkömmlich produziertem Stahl, ergibt sich eine Verminderung von 1,7 t CO<sub>2</sub> durch die Direktreduktion mit grünem Wasserstoff. Interessant wäre der Fall, dass der grüne Wasserstoff preiswert ist. Dies wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

#### Direktreduktion mit preiswertem grünem Wasserstoff

Für 1 t Stahl werden 50 kg Wasserstoff benötigt. Um im Rahmen der Produktionskosten für herkömmlichen Stahl unter Nutzung von Koks/Kohle zu bleiben, nehmen wir einen Preis von 1 €/kg für grünen Wasserstoff an. Für eine Tonne Stahl kommt man damit auf einen zusätzlichen Kostenbeitrag von 50 €. Dem stehen Einsparungen von 40 € für Koks/Kohle und geringe Einsparungen für ETS-Zertifikate gegenüber. Wir kalkulieren deshalb **390 €/t Stahl**, ähnlich zu dem Preis für die heutige Produktion über

die Hochofenroute, also der herkömmlichen Herstellung von Stahl. Da für 1 kg grünen Wasserstoff etwa 50 Kilowattstunden (kWh) Strom benötigt werden, sind die Stromkosten zur Herstellung die entscheidende Größe. Um 1 kg grünen Wasserstoff für 1 € herstellen zu können, muss der Strompreis bei etwa 2 ct/kWh liegen. Dieser Preis wäre in räumlicher Nähe zu Sonnenwüsten darstellbar. Teilweise sind sogar Kosten von unter 2 ct/kWh heute schon am Markt realisiert worden.

Nimmt man 1,5 ct/kWh an, so kostet 1 kg grüner Wasserstoff sogar nur 0,75 € (statt 1 € bei 2 ct/kWh). Bei 50 kg wären das für 1 t Stahl 37,5 €. Pro Tonne Stahl ergäbe sich ein Preis von **knapp unter 380 €/t**. Leider kann man den grünen Wasserstoff aber nicht preiswert aus Regionen mit großen Sonnenwüsten nach Deutschland transportieren. Deshalb plant die Politik massive Unterstützungsmaßnahmen, zumindest für eine Hochlaufphase für die Nutzung von grünem Wasserstoff bis 2030. Weil jedoch hohe Unterstützungszahlungen erforderlich sind, ist dies nur für einen kleineren Teil der Stahlproduktion möglich. Für die langfristige Versorgung der Industrie mit günstigem grünem Wasserstoff muss also sowohl die Herstellung des grünen Wasserstoffs zu 1 €/kg als auch der kostengünstige Transport an die heutigen Stahlstandorte gelöst werden.

### Direktreduktion mit preiswertem grauem Wasserstoff

In den Überlegungen des vorherigen Abschnitts wird nun der grüne Wasserstoff durch grauen Wasserstoff ersetzt.<sup>5</sup> In günstigen Fällen ist grauer Wasserstoff bei uns in Deutschland für 1 €/kg erhältlich. Er ist leider mit CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden, aber dennoch sind die Emissionen bei der Stahlproduktion deutlich geringer als im Status quo auf Basis von Koks/Kohle. Pro Tonne Stahl sind es nur etwa 0,5 t CO<sub>2</sub> statt den konventionellen 1,7 t CO<sub>2</sub>.

Grauer Wasserstoff entsteht über Dampfreformierung aus Methan. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind niedrig, da der Wasserstoff aus dem Methan abgespalten werden kann. Der benötigte Energieaufwand ist dabei viel geringer, als wenn der Wasserstoff wie bei der Elektrolyse aus dem Wassermolekül gelöst werden muss, weil die zu überwindende chemische Bindungsenergie bei Wasser deutlich höher ist. Zu kalkulieren sind pro Kilogramm Wasserstoff etwa 2,4 kg Methan. Der Preis für 1 kg Methan liegt bei etwa 13 ct, sodass für 1 kg Wasserstoff etwa 31 ct kalkuliert werden. Pro Tonne Wasserstoff geht es um 120-130 kg Methan und damit um etwa 17 €. Diesen stehen Einsparungen von 40 € für Koks/Kohle gegenüber. Der Preis für eine Tonne Stahl liegt dann bei etwa **370 €**, ist also noch etwas günstiger als bei preiswertem grünem Wasserstoff in der Nähe großer Sonnenwüsten oder auch bei der konventionellen Herstellung von Stahl unter Einsatz von Koks/Kohle. Allerdings muss auch in diesem Fall der **Gesamtproduktionsprozess für die Direktreduktion** zu hohen Kosten umgebaut werden. Diese Kosten sind in dem Tonnenpreis noch nicht enthalten.

### Direktreduktion mit teurem grünem Wasserstoff

Wie hoch ist der Preis für grünen Wasserstoff bei der Herstellung in Deutschland, statt in der Nähe großer Sonnenwüsten? In Deutschland ist aktuell mit Zusatzkosten zum Vergleichspreis von 1 €/kg Wasserstoff von 2-3 €/kg grünen Wasserstoff zu rechnen. Daraus folgt eine **Verteuerung der Stahlproduktion um 100-150 €/t**. Dies liegt am höheren Strompreis von 6-8 ct/kWh. Daraus ergibt sich ein Preis pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> von 100-150 € zuzüglich des erforderlichen Umbaus der Stahlwerke für Direktreduktion und die daraus resultierenden Umstände. Der Vergleich mit dem Weltmarktpreis führt in der internationalen Konkurrenzlage für den deutschen Stahl in jedem Fall zu problematischen Verhältnissen. Falls keine Lösung gefunden wird, droht das **Abwandern der Stahlproduktion aus Deutschland**.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass in der Stahlindustrie bisher nur sehr wenig Erfahrung mit der Anwendung der Direktreduktionsverfahren mit reinem Wasserstoff vorliegt. Basierend auf Erdgas werden bisher erst Reduktions-Gaszusammensetzungen mit maximal 80% Wasserstoffgehalt verwendet. Das bedeutet, dass der Weg der Direktreduktion über reinen Wasserstoff auch ein technisches Risiko bzgl. der zuverlässigen großtechnischen Anwendung dieser Route umfasst.

## 5. Direktreduktion mit Methan (alternativ zur Direktreduktion mit preiswertem grauem Wasserstoff)

Wie beschrieben verläuft die Direktreduktion mit grauem Wasserstoff über die Transformation von Methan in Wasserstoff und dessen Nutzung zur Direktreduktion von Eisen. Weltweit geschieht das schon in knapp 6% der Stahlproduktionen (meist kleinerer Stahlwerke). Davon wird in rund 75% der Fälle das sogenannte MIDREX-Verfahren eingesetzt.

Genau wie beim grauen Wasserstoff liegt der Preis für eine Tonne Stahl dann bei etwas unter **370 €**, ist also noch etwas preisgünstiger als bei preiswertem grünem Wasserstoff oder bei Koks/Kohle. Allerdings muss auch in diesem Fall der **Gesamtproduktionsprozess für die Direktreduktion** zu hohen Kosten umgebaut werden.

*Hinweis: Die Autoren von Global Energy Solutions haben geprüft, ob unter Umständen ein permanentes Recycling über den Einsatz von synthetischem Methan, das aus Sonnenenergie erzeugt wurde, sinnvoll sein könnte. Auf dem Umweg über Nordafrika scheint dieser Weg erfolgsversprechend zu sein. Der Transport kann per Schiff erfolgen. Alternativ kann auch eine bereits bestehende Pipeline für Erdgas von Nordafrika nach Deutschland für (grünes) Methan genutzt werden.*

Wir kalkulieren über den Nordafrikaweg bei Stromkosten von 2 ct/kWh am Übergabepunkt zur Elektrolyse, dass eine Tonne grünes Methan in Deutschland für etwa 650 €/t verfügbar gemacht werden könnte. Dies ist u. a. abhängig von den Kosten für das Abfangen und den Transport des benötigten CO<sub>2</sub>. Da 130 kg grünes Methan für eine 1 t Stahl gebraucht werden, sind das an dieser Stelle Kosten von ungefähr 85 € statt 17 € (wenn graues Methan zu aktuellen Marktpreisen verwendet wird). Dieser Ansatz macht die Stahlproduktion pro Tonne um etwa 70 € im Verhältnis zum Einsatz von grauem Methan teurer, sodass der Preis insgesamt bei etwa 440 €/t Stahl liegen könnte. **Aus Sicht der Autoren wäre das ein attraktiver Weg zu klimaneutralem Stahl.**

## 6. Was will die Politik tun?

Aktuell wird der Ansatz über die Direktreduktion mit grünem Wasserstoff verfolgt. Das Problem dabei sind allerdings die hohen Kosten. Generell ist deshalb das Ziel, die Produktionskosten für grünen Wasserstoff in Deutschland abzusenken. Dazu müssten insbesondere die Preise für grünen Strom sinken, denn der Strom ist der dominante Kostenblock bei der Produktion von grünem Wasserstoff. Das betrifft Photovoltaik und Wind gleichermaßen. Mit stark sinkenden zusätzlichen Kosten ist aber zukünftig nicht zu rechnen (ganz anders als bei Computer-Chips), denn sowohl die Produktion von Wind- als auch von Solarstrom wurde seit Jahrzehnten optimiert. Das „Arbeitspferd“ für erneuerbare Energie ist in Deutschland die Windenergie. Im Vergleich zu Computer-Chips werden die Einheiten im Bereich der Windräder hingegen immer größer, nicht kleiner, was die Materialkosten pro Windrad erhöht statt senkt, auch wenn natürlich die Energieausbeute (überproportional) zunimmt. Die Kosten für den grünen Wasserstoff werden deshalb u. a. durch den hohen Stahlanteil im Bereich der Windkraft, vor allem auch bei Offshore-Projekten, mitbestimmt. Offshore-Projekte finden immer mehr Interesse, auch bei Meerestiefen größer als 50 m, um Flächenengpässen zu entgehen. Die Kosten werden dann aber eher wachsen. Für den Preis von 1 €/kg für grünen Wasserstoff sind, wie schon erwähnt, 2 ct/kWh für Strom die Voraussetzung, da für 1 kg grünen Wasserstoff ca. 50 kWh Strom benötigt werden. Wie erwähnt ist in Deutschland mit 6-8 ct/kWh im Industriebereich zu rechnen (zum Vergleich: Die Bürger in Deutschland zahlen heute 30 ct/kWh im Haushaltsbereich). In der Politik wird in diesem Kontext diskutiert, den genutzten Strom von diversen Abgaben ganz zu befreien. Das senkt zwar den Preis, die Kosten werden dadurch aber lediglich verlagert. Es müssen dann entweder der Staat oder die anderen Stromkunden die eingesparte Differenz aufbringen.

## 7. Verfügbare Volumina und Kosten für Wasserstoff vor Ort

Will man den gesamten deutschen Stahl über Direktreduktion produzieren, werden etwa **2 Mio. t grüner Wasserstoff** pro Jahr (Mio. t/a) benötigt (50 kg/t Stahl bei einer Gesamtproduktion von 40 Mio. t Stahl, s. o.). Deutschland plant bis 2030 eine grüne **Elektrolysekapazität** zur Herstellung von grünem Wasserstoff vor Ort von 5 Gigawatt (GW) Dauerleistung pro Jahr. Das erfordert 45 Terawattstunden (TWh) grünen Strom als Input und erlaubt die Herstellung von **etwa 1 Mio. t grünem Wasserstoff** pro Jahr (also 50 % dessen, was für den Stahl pro Jahr benötigten würde). Das Verfügbarkeitsniveau von 1 Mio. t/a wird zudem erst 2030 erreicht werden. Es wundert daher nicht, dass die deutsche Politik den deutschen Stahl erst bis 2050 vollumfänglich über Direktreduktion klimaneutral produzieren will.

Würde man zunächst 50 % der deutschen Stahlproduktion pro Jahr, also 20 Mio. t/a, ab 2030 über Direktreduktion herstellen, würde der Zuschussbedarf für diese ab 2030 bei mindestens 2 Mrd. € pro Jahr liegen (bei 100 € Verteuerung pro Tonne Stahl, s. o.). Für das volle Volumen von 2 Mio. t grünen Wasserstoffs würden mindestens 4 Mrd. € pro Jahr an Zuschüssen benötigt. Die in der deutschen Wasserstoffstrategie bis 2030 insgesamt eingeplanten 7 Mrd. € würden also nicht einmal für 4 Jahre 50 % der Stahlproduktion mit grünem Wasserstoff reichen. Die von uns vorgeschlagene Lösung mittels synthetischem grünem Methan aus Nordafrika kommt viel früher zum Ziel und ist außerdem preiswerter.

Wie hoch sind die Kosten für den erwünschten Klimaeffekt? Durch die Produktion von deutschlandweit jährlich 40 Mio. t Stahl entstehen etwa 60 Mio. t CO<sub>2</sub>. In einem solchen Szenario würden nach obigen Berechnungen für die Vermeidung dieser CO<sub>2</sub>-Emissionen 6-9 Mrd. € pro Jahr ausgegeben. Diese 60 Mio. t CO<sub>2</sub> entsprechen etwa 7,5 % der deutschen Gesamtemissionen von 800 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2019. Würde man Deutschland zu diesen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten klimaneutral stellen wollen, würde dies 80-120 Mrd. € pro Jahr kosten. Das wäre mehr als doppelt so viel wie Deutschland jährlich für Verteidigung ausgibt (rund 47 Mrd. € im Jahr 2021), was deutlich macht, dass dies kein Weg ist, den man realistischerweise verfolgen kann.

### Internationale Ansätze der deutschen Politik

**H2 Global** ist das zentrale, in Vorbereitung befindliche Projekt, das im Rahmen der deutschen Wasserstoffstrategie für internationale Kooperation im Bereich Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe bis 2030 vorgesehen ist. Es geht um insgesamt 2 Mrd. €. Es sollen in einem Wettbewerbsprozess internationale Anlieferungen von grünem Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen nach Deutschland gelenkt werden. Bezahlt werden die niedrigsten geforderten Zuschüsse. Die so entstehenden Volumina werden anschließend in einer europaweiten Ausschreibung an Interessierte versteigert.

Über **H2 Global** werden also **zusätzliche Volumina an grünem Wasserstoff (und synthetischen Kraftstoffen) aus dem Ausland** in Deutschland verfügbar werden. Hierfür wird ein Großteil der geplanten 2 Mrd. € für internationale Zusammenarbeit im Wasserstoffbereich eingesetzt. Das Projekt wird hierzu 1 Mrd. € der vorhandenen 2 Mrd. € bis 2030 einsetzen. H2 global steht kurz vor dem Start. Die internationale Beschaffung von grünem Wasserstoff (und synthetischen Kraftstoffen) über die Kooperation im Rahmen von H2 Global ist wahrscheinlich deutlich kostengünstiger als die Produktion von grünem Wasserstoff in Deutschland, d. h. der Zuschussbedarf pro Kilogramm grünen Wasserstoffs ist deutlich geringer. Eine Unbekannte bilden allerdings die Transportkosten. Kalkuliert man 1€ Zuschussbedarf<sup>6</sup> pro Kilogramm grüner Wasserstoff bzw. 1.000 €/t an Zuschussbedarf, sind 1,5 Mio. t grüner Wasserstoff erschließbar.

Allerdings wird wegen der Transportproblematik eher grünes Methanol, Methan oder Ammoniak und nicht Wasserstoff angeliefert werden, wodurch eventuell, je nach Zielanwendung, weitere Kosten für die Umwandlung in grünen Wasserstoff entstehen werden. Auch beziehen sich die geschätzten 1,5 Mio. t auf zehn Jahre. Um die gesamte deutsche jährliche Stahlproduktion mit grünem Wasserstoff zu versorgen, werden aber bereits 2 Mio. t pro Jahr benötigt. Die Lücke bzgl. grünem Wasserstoff bei Stahl kann so also auch über H2 Global nicht geschlossen werden. Daraus folgt, dass im Rahmen eines solchen Pfades langfristig immer Subventionen notwendig sein werden – auch weil kein Unter-

nehmen den dargestellten Technologieumbau über nur 8-10 Jahre amortisieren kann. Die aktuellen Diskussionen und Lösungsansätze darüber, wie Stahl in Deutschland klimaneutral produziert werden kann, werden der Bedeutung dieses Industriezweigs noch nicht gerecht. In Hinblick auf Stahl als strategische Ressource und die mit einer Transformation des Sektors verbundene Arbeitsplatzdynamik sollten daher andere Ansätze, wie der hier diskutierte, stärker berücksichtigt werden. Dies in Verbindung mit anderen Zuschuss-Lösungen, die nach 2030 in jedem Fall erforderlich sind.

---

<sup>1</sup> Je nach konkret eingesetzter Technik werden Emissionen von 1,35-1,7 t CO<sub>2</sub> pro Tonne Stahl genannt.

<sup>2</sup> 2017 wurden 42,1 Mio. t Stahl produziert und damit 58 Mio. t CO<sub>2</sub> erzeugt.

<sup>3</sup> Quelle: MIDREX: Bewertung der Herstellung von Eisenschwamm, eingesetzt unter Verwendung von H<sub>2</sub>

<sup>4</sup> Die Kosten pro Tonne Koks/Kohle liegen im Bereich 90-130 €/t.

<sup>5</sup> Hinweis: Der Wasserstoff ist natürlich in beiden Fällen identisch. Unterschiedlich ist (nur) der Herstellungsprozess

<sup>6</sup> Diese Annahme liegt niedriger als der Zuschussbedarf von 2-3 €/t grüner Wasserstoff aus Deutschland (s. o.). Allerdings wird angenommen, dass der Wasserstoff teurer ist, als über den von uns vorgeschlagenen Weg auf Basis von 2 ct/kWh, wofür kein Zuschuss notwendig wäre (s. o.).

**Global Energy Solutions e.V.** erarbeitet weltweite Lösungen und Geschäftsmodelle zu Energie-, Klima- und Entwicklungsfragen. Unser Ziel ist ein klimaneutrales Energiesystem - mit folgenden Elementen: grüner Strom, grüner Wasserstoff, biologisches sowie technisches CO<sub>2</sub>-Recycling, klimaneutrale Energieträger und Treibstoffe - darunter Methanol. Bei der Produktion wird CO<sub>2</sub> materiell genutzt und so zu einem interessanten Wirtschaftsgut. Zusammen mit Industrie- und Wissenschaftspartnern entwickeln wir technische, unternehmerische und administrative Grundlagen für bedeutsame Investitionen in diesem Zukunftsfeld. Investitionen, die sich rechnen.

**Kontakt:**  
Global Energy Solutions e. V., Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm  
E-Mail: [office@global-energy-solutions.org](mailto:office@global-energy-solutions.org)

Weitere Infos unter:



[global-energy-solutions.org](https://global-energy-solutions.org)