



# Klimafreundlicher Stahl

Factsheet

2. September 2022



## Rohstahlpreise

Nach Produktionsverfahren, Euro pro To

Hochofenroute	390 Euro
Hochofenroute mit CCS	440 Euro
Direktreduktion grauer Wasserstoff ohne CCS	390 Euro
Grüner Wasserstoff heimische Produktion	490 - 540 Euro

Quelle: eigene Daten, Modellrechnung mit Stand Januar 2021  
Grafik: GES

### Warum Stahl?

Stahl ist in der modernen Welt nicht mehr wegzudenken, etwa im Maschinenbau, im Transportsektor oder im Bauwesen. Dabei reicht die strategische Bedeutung des Grundstoffs bis ins Militärische hinein. Wichtig ist, eine spezifische Legierung (etwa verzinktes Autoblech) möglichst kundengerecht herstellen zu können. Der mit Abstand größte Stahlproduzent ist China. In Deutschland werden jährlich etwa 40 Millionen

Tonnen Stahl produziert (ungefähr 2 Prozent der weltweiten Erzeugung). Dabei entstehen in Deutschland CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 60 Millionen Tonnen.

### **Wie wird Stahl heute hergestellt?**

In Deutschland (und weltweit) werden 70 Prozent des Rohstahls über die Hochofenroute produziert. Dabei ist es nicht die Hitze, die aus Eisenerzsinter zunächst Roheisen macht, sondern das Kohlenmonoxid, das durch Erhitzung des beigefügten Koks entsteht. Das Reduktionsgas bindet den im Eisenerz enthaltenen Sauerstoff und wandelt sich zu CO<sub>2</sub> – pro Tonne Roheisen immerhin 1,7 Tonnen. Die anderen etwa 30 Prozent des in Deutschland produzierten Stahls (weltweit circa 24 Prozent) werden im Elektro-Lichtbogen erzeugt. Bei der sogenannten Direktreduktion (weltweit circa 6 Prozent) wird nicht mehr Koks, sondern (direkt) Erdgas eingesetzt, das in einem Reformier in Kohlenmonoxid und Wasserstoff aufgespalten wird und die Eisenerzpellets zu sogenanntem Eisenschwamm reduziert, der wiederum im Elektroofen zu Stahl raffiniert wird. Dabei entsteht deutlich weniger CO<sub>2</sub>. (0,5 Tonnen pro Tonne Stahl)

### **Klimafreundlicher Stahl per Hochofenroute mit CCUS**

Eine Möglichkeit, klimafreundlichen Stahl zu produzieren, besteht darin, das CO<sub>2</sub> bei der Hochofenroute abzufangen – und anschließend zu entsorgen (CCS) oder im Sinne einer Kreislaufwirtschaft weiter zu nutzen (CCU). Entwicklungen zur Nutzung des CO<sub>2</sub> als Methanol (ThyssenKrupp) oder Ethanol (Acelor Mittal) sind im Gange. Da die Hochofenroute weltweit sehr verbreitet ist, namentlich in China, wäre dies ein Weg, der sich ohne großen Umbauaufwand für die Produktion anbietet. GES kalkuliert Stahl mit einem Preis von 390 Euro pro Tonne. Das Abfangen von CO<sub>2</sub> würde pro Tonne Rohstahl etwa 50 Euro kosten. Das ergibt einen Gesamtpreis in der Größenordnung von 440 Euro pro Tonne produziertem Stahl.

### **Klimafreundlicher Stahl durch Direktreduktion mit grauem Wasserstoff**

Grauer Wasserstoff entsteht – über Dampfreformierung – aus Erdgas. Er wird angewendet beim heute üblichen Verfahren der Direktreduktion, allerdings ohne CCUS. Bei der Stahlproduktion kommt es auch hier zu CO<sub>2</sub>-Emissionen: nämlich 0,5 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Stahl, statt 1,7 Tonnen bei der Verwendung von Koks. Perspektivisch entstehen zusätzliche Kosten für das Abfangen von CO<sub>2</sub>. Der Preis pro Tonne Stahl liegt bei diesem Verfahrensweg dann (ohne CCUS) – je nach Erdgaspreis – in derselben Größenordnung wie bei der Hochofenroute, also bei etwa 390 Euro pro Tonne Stahl.

### **Klimafreundlicher Stahl durch Direktreduktion mit grünem Wasserstoff**

Verwendet man grünen Wasserstoff an Stelle von Erdgas, gehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegen null. Darauf setzt vor allem die deutsche Politik. Zur

Herstellung von 1 Tonne Stahl werden etwa 50 Kilogramm Wasserstoff benötigt. Grauer Wasserstoff kostet in günstigen Fällen 1 Euro pro Kilogramm. Grüner Wasserstoff dagegen mindestens 5 Euro. Das sind zwischen 50 und 250 Euro pro Tonne Stahl. Woraus folgt, dass nur kostengünstig erzeugter Wasserstoff eine realistische Option ist. Gewinnt man den grünen Wasserstoff in Sonnenwüsten (wo die Kilowattstunde Strom schon heute 2 Cent und weniger kostet), kommt man perspektivisch auf einen Preis von 1 Euro pro Kilogramm. Allerdings sind darin die Transportkosten nach Europa noch nicht enthalten. Außerdem ist der Umbau der vorhandenen Produktionsanlagen für Stahl auf die Direktreduktionsroute sehr teuer, pro Stahlwerk bis zu 7 Milliarden Euro.<sup>1</sup>

### **Wieviele Wasserstoff braucht die deutsche Stahlindustrie?**

Wollte man die gesamte deutsche Stahlproduktion – derzeit etwa 40 Millionen Tonnen pro Jahr – mit Hilfe von Wasserstoff herstellen, bräuhete es etwa 2 Millionen Tonnen von diesem Gas. Deutschland plant bis 2030 grüne Elektrolysekapazität in der Größenordnung von 10 Gigawatt. Die gesamte heimische Wasserstoffproduktion ginge dann in die Stahlherstellung. Da dies ein wenig wahrscheinliches Szenario ist, werden erhebliche Mengen grünen Wasserstoffs importiert werden müssen.

### **Fazit**

Für Deutschland macht die Direktreduktion mit heimisch erzeugtem grünem Wasserstoff wenig Sinn. Selbst wenn die Kosten pro Kilogramm Wasserstoff auf 2 bis 3 Euro fallen sollten, verteuerte sich die Stahlproduktion um 100 bis 150 Euro je Tonne. Das könnte zur Abwanderung der Stahlindustrie aus Deutschland führen.

Stattdessen erscheint es empfehlenswert, entweder die vorhandenen Anlagen der Hochofenroute Schritt für Schritt mit CCUS nachzurüsten oder im Falle von Neubauten für die Direktreduktion ebenfalls CCUS vorzusehen. So könnten diese Anlagen auch längerfristig mit Erdgas betrieben werden oder – wenn vorhanden – mit synthetischem Methan, das zum Beispiel über H2-Global subventioniert beschafft werden kann. Wie dargestellt, ist die Stahlproduktion sehr sensibel hinsichtlich der Rohstoffkosten. Grüner Wasserstoff wird erst dann zu einer lebensfähigen Option, wenn er zu Preisen von 1 bis 1,5 Euro pro Kilogramm verfügbar wird.

Vor allem auf internationaler Ebene scheint die Ergänzung der bisherigen Hochofenroute durch CCS oder CCU ein vielversprechender Weg zu sein. Denn der teure Umbau auf die Direktreduktion ist in China und anderen Ländern keine realistische Option.

Die Fixierung auf grünen Wasserstoff in der Stahlproduktion könnte die deutsche Industrie in ernsthafte Schwierigkeiten bringen. GES empfiehlt bei der Diskussion über eine klimafreundliche Stahlindustrie, auch andere CO<sub>2</sub>-Eliminierungs-Pfade als Direktreduktion mit Wasserstoff zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> <https://scilogs.spektrum.de/gedankenwerkstatt/der-ueberteure-strom/>