

Auf dem Weg zum klimaneutralen Stahlbau

Die Stahlindustrie ist eine Branche, die mittelfristig erhebliche Mengen CO₂ einsparen kann. Sowohl mit Wasserstoff wie auch mit grünem Strom sind die Reduktionspotenziale bei der Stahlherstellung erheblich. Mithilfe der Direktreduktion können für den Übergang bereits durch den Einsatz von Erdgas erhebliche CO₂-Minderungen erzielt werden. Ein weiterer wichtiger Baustein einer klimaneutralen Stahlindustrie ist die schrottbasierte Elektro Stahlproduktion. Die Rolle von Stahl als wesentlicher Baustein der Circular Economy ist schon jetzt durch den etablierten und ökonomisch funktionierenden Schrotthandel gesetzt. In diesem Beitrag werden alle Potenziale und Hebel für das Bauen mit Stahl für eine CO₂-neutrale Zukunft aufgezeigt.

Stichworte grüner Stahl; Circular Economy; Stahlherstellung; Zukunft

1 Einleitung

Die Stahlindustrie ist eine Branche, die mittelfristig erhebliche Mengen CO₂ einsparen kann. Sowohl mit grünem Wasserstoff wie auch mit grünem Strom sind die Reduktionspotenziale bei Stahl erheblich. Mithilfe der Direktreduktion können für den Übergang bereits durch den Einsatz von Erdgas erhebliche CO₂-Minderungen erzielt werden. Ein weiterer wichtiger Baustein einer klimaneutralen Stahlindustrie ist die schrottbasierte Elektro Stahlproduktion. Die Rolle von Stahl als wesentlicher Baustein der Circular Economy ist schon jetzt durch den etablierten und ökonomisch funktionierenden Schrotthandel gesetzt. Die weitergedachte Zukunft auch nach 2050 könnte für den Stahlbausektor folgendermaßen aussehen:

Hochöfen, die in den ersten Jahrzehnten der Umstellung mit Technologien für CO₂-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung (CCUS – Carbon Capture Technology) ausgestattet wurden, werden nun vollständig außer Betrieb gesetzt. Ersetzt werden sie durch Elektrolichtbogenöfen (EAF) für primäre Stahlherstellung aus mit Wasserstoff direkt reduziertem Eisenschwamm (DRI – Direct Reduced Iron). Im nächsten Jahrhundert wird sich die Verfügbarkeit von Schrott stetig erhöhen, sodass sich der Bedarf an DRI und somit Eisenerz verringert. Bis 2100 wird die Verfügbarkeit von Schrott dazu führen, dass DRI nicht mehr erforderlich ist und die Industrie in einem vollständig geschlossenen Kreislauf arbeitet. Dieser Kreislauf wird zu 100% auf Schrott als Rohstoff basieren und durch Elektrolichtbogenöfen (EAF) mit CO₂-freier erneuerbarer Energie in Gang gehalten. Heute werden etwa 37% des globalen Stahls aus Schrott hergestellt [1].

Roadmap to climate-neutral steel construction

The steel industry can potentially save significant amounts of CO₂. Both with hydrogen and with green electricity, the reduction potentials in steel production are considerable. With the help of direct reduction using natural gas, significant CO₂ reductions can already be achieved for the transition. Another important component of a climate-neutral steel industry is scrap-based electric steel production. The role of steel as an essential component in the circular economy is already established by the economically functioning scrap trade. This article shows all the potential and levers of building with steel for a CO₂-neutral future.

Keywords green steel; circular economy; steel production; future

Grund dafür ist die begrenzte Verfügbarkeit von Schrott. Deshalb liegt zuerst die Priorität auf der Beschleunigung der Dekarbonisierung der Primärstahlroute, um den fehlenden Schrott zu erzeugen, der dann die Lücke zu einer vollständigen Zirkularität schließt. Aber auch losgelöst von der Stahlherstellung wird es Entwicklungen zu mehr Nachhaltigkeit geben. Alle Akteure in der Wertschöpfungskette werden von der Materialeffizienz und den besonderen Rückbaueigenschaften von Stahlkonstruktionen profitieren. Eine allgemeine Wiederverwendung von Stahlbauelementen wird durch Design und Planung ermöglicht und Veränderungen wie etwa die Ausbildung von geschraubten statt geschweißten Verbindungen setzen sich durch. Demontierbare Fachwerk- und Verbundträger sowie Platten mit geschraubten Kopfbolzendübeln werden zum Standard. Auch einheitliche modulbasierte Ansätze und eine stärkere Standardisierung von Bauteilen können angenommen werden. Werkzeuge wie BIM erleichtern diesen Weg erheblich. Die Entwicklung von Datenbanken für Stahlbestände, die in der gebauten Umwelt zeitlich gebunden sind, setzt sich durch. Schon bevor Gebäude zurückgebaut werden, verfügen Hersteller, Planer und Architekten so über detaillierte Informationen, um Bauelemente zu recyceln oder zu erneuern und wiederzuverwenden. Im Fall der Wiederverwendung wird in Umweltproduktdeklarationen (EPD), wie z.B. von bauforumstahl, für den europäischen Markt eine Rate von 11% ausgewiesen [2]. In Zukunft werden technische und normative Barrieren überwunden und eine Wiederverwendung immer wirtschaftlicher.

Dieser Blick in die Zukunft zeigt, dass schon heute alle Voraussetzungen vorhanden sind, um eine vollständig auf Kreislaufwirtschaft basierende Stahlindustrie vor

allein im Bausektor zu erreichen. Eine effiziente Stahlherstellung, höherfeste Baustähle zur Reduzierung des Materialeinsatzes, Langlebigkeit und Zerlegbarkeit der Bauelemente sowie ein effizientes, etabliertes Recycling-Netzwerk sind schon jetzt und auf dem weiteren Weg unverzichtbar.

2 Herstellung von Stahlprodukten für den Bausektor

Grundsätzlich können alle Stahlbauprodukte mit einer der beiden Haupttrouten der Stahlherstellung hergestellt werden, d.h. über die Primärroute mit Hochofen und Sauerstoffblaskonverter (BF-BOF) oder die Sekundärroute mit dem Elektrolichtbogenofen (EAF). Aus verschiedenen technischen und wirtschaftlichen Gründen sowie traditionell gewachsenen Strukturen werden manche Produkte bevorzugt mit der einen oder anderen dieser Routen hergestellt.

In der EAF-Stahlerzeugung in Deutschland und Europa ist der primäre Input Stahlschrott und die Art des produzierten Stahls wird stark von der Mischung des zugeführten Schrotts beeinflusst. Weltweit sind etwa 80% der EAF-Produkte [1] aus Stahlschrott, dies gilt vor allem für die Herstellung von Baustahlprofilen, der Rest stammt aus der Verwendung von Eisenschwamm (DRI) im EAF. Aufgrund der variablen Qualität und Zusammensetzung des Inputs war es traditionell schwieriger, flache Stahlprodukte wie Bleche und nahtlose Rohre aus Stahlschrott herzustellen. Deshalb werden über die EAF-Route mehrheitlich Langprodukte wie warmgewalzte Profile und Walzdraht hergestellt. Langprodukte werden weltweit zwar ebenso über die BF-BOF-Route hergestellt, doch in Deutschland hat sich dafür die EAF-Route durchgesetzt (Tab. 1).

3 Einteilung von Unternehmensemissionen in drei Bereiche (Scopes)

Das Greenhouse Gas Protocol, der verbreitetste Standard zur Erstellung von Treibhausgasbilanzen, unterteilt seit 2011 die Emissionen in drei Bereiche, die sogenannten Scopes 1, 2, 3.

Tab. 1 Herstellung von Stahlprodukten für den Baubereich in Deutschland
Production of steel products for the construction sector in Germany

| Produktgruppe | Herstellungsrouten | Fertigerzeugnisse |
|------------------|--------------------|------------------------|
| Langprodukte | EAF | Warmgewalzte Profile |
| | | Stabstahl |
| | | Betonstahl |
| | | Walzdraht |
| Flacherzeugnisse | BF-BOF | Grobblech Feinblech |

Scope 1 umfasst alle direkten Emissionen, die aus den Aktivitäten z. B. eines Stahlherstellers und seiner Tochterfirmen stammen. Zu den Emissionsquellen gehören etwa die Wärme-, Kälte- und Dampferzeugung sowie die firmeneigenen Fahrzeuge. Hier sind bspw. auch Emissionen enthalten, die durch den Einsatz von Koks oder Erdgas in den eigenen Produktionsstätten entstehen.

Scope 2 umfasst die indirekten Emissionen aus Strom, Wärme und Dampf, die Unternehmen bei Versorgern einkaufen. Bei Stahlherstellern würden bspw. die Emissionen verbucht, die bei der Herstellung des zugekauften Stroms für den Produktionsbetrieb anfallen. Für die Klimabilanz eines Unternehmens ist mitentscheidend, wie der genutzte Strom produziert wird. Darum wurde 2015 eine Ergänzung des Greenhouse Gas Protocols veröffentlicht. Demnach sollten Unternehmen – so weit möglich – zwei Scope-2-Werte veröffentlichen: standortbezogen, also mit einem auf Länderebene ermittelten durchschnittlichen Emissionsfaktor, und marktbezogen, also mit Berücksichtigung der Herstellungsart. Stammt der Strom also ganz oder teilweise aus erneuerbaren Energien, werden dem Unternehmen geringere Emissionen zugerechnet.

Scope 3 schließt die weiteren indirekten Emissionen in der Lieferkette ein: also alle, die eine Folge der Aktivitäten des Stahlherstellers sind, aber aus unabhängigen externen Quellen stammen. Diese entstehen entlang der Wertschöpfungskette – sowohl vorgelagert bei Lieferanten als auch nachgelagert bei Kunden. Es entstehen Emissionen beim Einkauf von Erzen, Schrott und anderen Rohstoffen, die zur Stahlherstellung gebraucht werden. Für den Transport wird Kraftstoff verbraucht – die Lieferanten bringen die Materialien zum Werk, später wird der Baustahl zum Stahlbauer geliefert. Auch die bei der späteren Rückführung des Stahlschrotts entstehenden Emissionen fallen unter Scope 3.

4 Der Transformationsprozess bis 2050

Die Stahl herstellenden Mitglieder von bauforumstahl haben ihren Weg und die wichtigen Meilensteine zur CO₂-Reduzierung bis 2050 geplant und kommuniziert. Bedingt durch die Verhältnisse der Herstellungsrouten sowie die Voraussetzungen, die durch die heutigen Konzernstrukturen vorgegeben sind, verfolgen sie unterschiedliche Strategien bzw. haben unterschiedliche Prioritäten bei der Umsetzung der Schritte. Auch die weiteren rund 350 bauforumstahl-Mitglieder, zu denen alle namhaften deutschen Stahlbauunternehmen, Zuliefer- und Folgegewerke, Architektur- und Ingenieurbüros sowie Hochschulen und Universitäten zählen, bringen das gemeinsame Ziel der CO₂-Neutralität für den Stahlbausektor bis 2050 voran. Die Hebel zur Erreichung der CO₂-Neutralität werden in den folgenden Bereichen angesetzt [3, 4]:

1. Effizienz bei Planung und Bemessung
2. Ausbau der Kreislaufwirtschaft
3. Verminderung der CO₂-Emissionen bei der Stahlherstellung
4. Dekarbonisierung des gesamten Strommix
5. Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂
6. Optimierung bei Transport, Fertigung und Errichtung von Baustahlkonstruktionen

4.1 Effizienz bei Planung und Bemessung

Eine Reduzierung der eingesetzten Baustahlmassen durch ein effizienteres Design ist schon heute möglich und kurzfristig umsetzbar. Dies führt schnell zu einer signifikanten CO₂-Reduktion [5]. Diese Massenreduzierung bedeutet nicht, dass weniger Bauwerke in Stahl- und Verbundbauweise errichtet werden, sondern dass durch intelligentes, effizienteres Design die gleiche Funktionserfüllung bei weniger Stahleinsatz möglich ist. Es sind folgende Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz beim Bauen mit Stahl zu nennen:

- Verringerung der Überbemessung von Tragwerken durch effiziente, individuelle und weniger konservative Lösungen, z. B. die Reduzierung der angesetzten Lasten (hier ist zu prüfen, ob die Nutzungsflexibilität für zukünftige Funktionen des Tragwerks beeinflusst wird) sowie Querschnitts- und Profilloptimierung für die gewünschte Funktion.
- Verlängerung der Gebäudelebensdauer durch Auslegung für Anpassbarkeit und Nutzungsflexibilität, z. B. durch große Spannweiten, modulares Bauen und Lastreserven.
- Verwendung von höherfesten Baustählen zur Reduzierung der Bauteilmassen. Bereits der Einsatz der bewährten Stahlsorte S355 anstelle von S235 ermöglicht Materialeinsparungen in einer signifikanten Größenordnung. Die Realisierung solch einfacher Materialeinsparungen kommt sowohl der Umwelt durch geringere CO₂-Belastung in der Produktion als auch den ausführenden Unternehmen durch geringere Material- und Verarbeitungskosten zugute. Bereits bei einer Reduktion des benötigten Walzprofils um nur eine Profilstufe ist der Einsatz von S355 gegenüber S235 wirtschaftlicher und umweltfreundlicher. Aus diesem Grund werden die Stahlsorten S235 und S275 in vielen Märkten zunehmend durch S355 vollständig ersetzt, ein Trend, der auch in Deutschland unverzichtbar ist. Weitere Einsparungen können durch höherfeste Stähle erzielt werden. Eine Stütze in S460 ist bspw. bis zu 32% leichter als eine vergleichbare Stütze in S355 mit ähnlicher Tragfähigkeit und verringert so weiter den CO₂-Ausstoß und Materialkosten.

4.2 Ausbau der Kreislaufwirtschaft

Stahl im Allgemeinen und Baustahl im Besonderen sind jetzt schon das Paradebeispiel für eine funktionierende

Kreislaufwirtschaft. Um die richtigen Entscheidungen für optimalen Ressourceneinsatz zu treffen, ist eine ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung wichtig. So lassen sich Gebäude und ihre Komponenten im Hinblick auf ihre Kreislauffähigkeit optimieren. Ein zur CO₂-Einsparung in der Erstellung optimiertes Gebäude, welches während seiner Lebensdauer erhebliche Wartung, Reparaturen und Ersatz von Komponenten benötigt, oder in dem Materialien eingesetzt werden, die nicht wiederverwendet oder recycelt werden können, führt auf längere Sicht zu gegenteiligen Konsequenzen. Es muss also eine umfassende Lebenszyklusbetrachtung erfolgen, die alle Emissionen über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes – für die Materialien sogar darüber hinaus – berücksichtigt. Wirtschaftliche, technische und gesellschaftliche Veränderungen erfordern wandlungsfähige Gebäude – Stahlkonstruktionen verleihen die notwendige Flexibilität. Sie können leicht und kosteneffizient umgebaut, aufgestockt und erweitert werden. Vor Witterungseinflüssen und Feuer werden Stahlbauten leicht und dauerhaft geschützt. Hierfür sorgen bewährte Korrosionsschutzsysteme, Brandschutzbeschichtungen und brandsichere Baukonzepte. Bei Stahlbauten ist selbst der Rückbau werthaltig. Am Lebensende des Gebäudes steht eine einfache Demontage mit Wiederverwendung oder Recycling – leicht lösbare Verbindungen machen es möglich. Baustahl hat in Europa eine Wiederverwendungsrate von 11% und eine Recyclingrate von 88% [2].

4.3 Verminderung der CO₂-Emissionen bei der Stahlherstellung

Die Technologien zur Emissionsminderung bei der Stahlerzeugung reichen von Verbesserungen der Energie-/Kohlenstoffeffizienz spezifischer BF-BOF- oder EAF-Prozesse bis zur kompletten Umstellung auf wasserstoffbasierte Prozesse. Bestehende Stahlwerke werden schrittweise umgerüstet. Beispiele für adaptierbare oder bereits genutzte Technologien sind:

- Abwärmennutzungssysteme, mit denen bisher verlorene Abwärme intern rezirkuliert wird oder zur Verwendung außerhalb des Stahlwerks exportiert werden kann.
- Nutzung von Überdruck aus den Hochofenprozessen zur Stromerzeugung.
- Injektion von Erdgas oder Prozessgasen wie Koks-Ofengas, in den Hochofen zusätzlich zu oder anstelle von Kohlenstaub.
- Nutzung von Biomasse aus nachhaltiger Land- und Forstwirtschaft zur Energieerzeugung. Als weitere Energiequelle kann Plastikmüll in Kombination mit Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ dienen.
- Erhöhter Schrotteinsatz in BF-BOF.

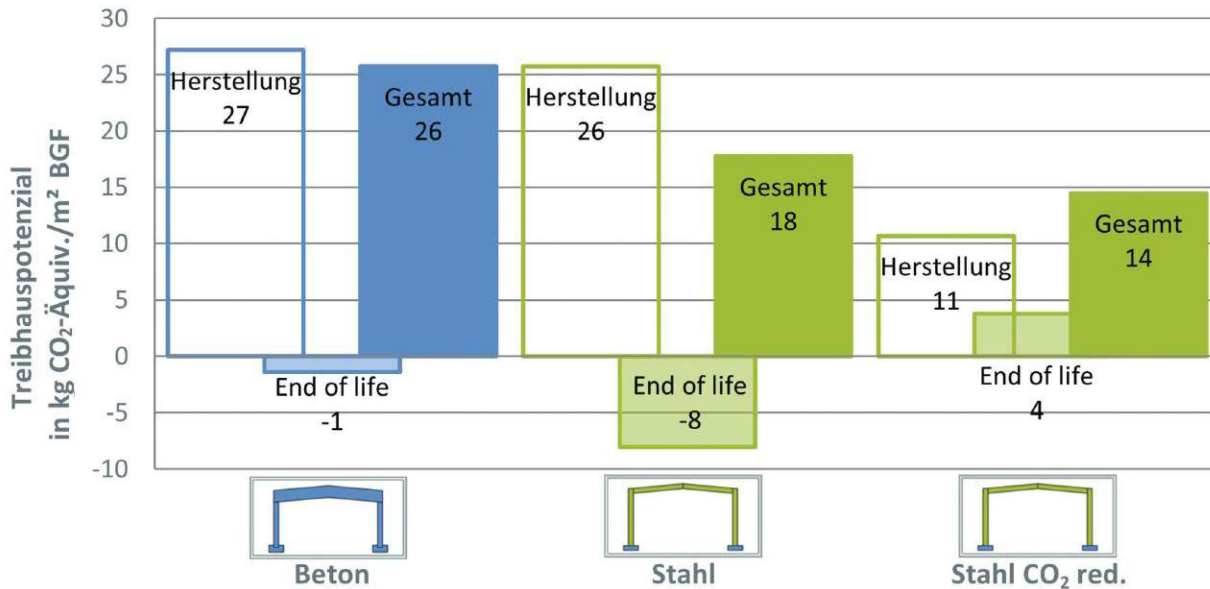


Bild 1 Treibhauspotenzial (GWP) des Tragwerks inkl. Fundamente einer Halle für Herstellung (A1–A3) und End of Life (C+D) in kg CO₂-Äquivalent pro m² Bruttogeschossfläche; verwendete EPDs: [2, 9–11, 13, 14], Halle: Spannweite 15 m, Traufhöhe 5 m, Binderabstand 6 m, Schneelast 0,75 kN/m², Länge 60 m [12]
 Global warming potential (GWP) of the structural system incl. foundations for a single storey building: production (A1–A3) and end of life (C+D) in kg CO₂-equivalent per m² gross floor area; used EPDs: [2, 9–11, 13, 14], building information: span 15 m, eave height 5 m, truss spacing 6 m, snow load 0.75 kN/m², length 60 m [12]

4.3.1 Elektroofenroute

In der Elektroofenroute wird Stahlschrott im Elektrolichtbogen eingeschmolzen und neu aufbereitet (Sekundärstahlproduktion). Mit der schrottbasierten Elektro Stahlproduktion steht bereits heute ein wesentlicher Baustein für eine klimaneutrale Stahlindustrie zur Verfügung. Die Elektroofenroute schließt seit jeher den industriellen Kreislauf von Baustahl und ist daher ein wesentlicher Baustein für die Circular-Economy-Pläne des Green Deals der EU. Im Elektrolichtbogenofen wird Schrott mithilfe von Strom zu neuem Stahl geschmolzen. Diese Route ist daher abhängig von der weltweit begrenzten Verfügbarkeit von Stahlschrott. Der Anteil der schrottbasierten Elektro Stahlproduktion an der Gesamtproduktion aller Stahlprodukte liegt in Deutschland bei 30% [6]. Profile und Langprodukte für den Stahlbau werden in Deutschland zu 100% über die Elektroofenroute hergestellt. Allein durch den Einsatz von grünem Strom für den Elektroofen können die CO₂-Emissionen bei der Baustahlherstellung gegenüber den Durchschnittswerten für in Deutschland eingesetzten Profilstahl um zwei Drittel gesenkt und damit bereits heute stark CO₂-reduzierter Stahl erzeugt werden. Weitere direkte Emissionen, z. B. bei nachgelagerten Prozessen, können in Zukunft durch Elektrifizierung, Erdgas- und Wasserstoffeinsatz reduziert werden. Um eine vollständige Klimaneutralität zu erreichen, müssen im letzten Schritt prozessbedingte Restemissionen vermieden oder ausgeglichen werden.

Das folgende Beispiel zeigt, wie sich der Einsatz von bereits jetzt verfügbaren CO₂-reduzierten Baustählen auf die Ökobilanz eines Gebäudes auswirkt. Um Erkenntnisse über die Umweltauswirkungen verschiedener Bauweisen für Hallen im Industrie- und Gewerbebau zu erlan-

gen, wurden in einer Studie der RWTH Aachen verschiedene Konstruktionsarten untersucht [7]. Hier stand vor allem der Vergleich der unterschiedlichen Baustoffe für das Tragwerk inklusive der Fundamente im Vordergrund. Dieser Vergleich wurde nun um eine Variante mit CO₂-reduziertem Stahl für die Stahlhalle ergänzt. Die drei verglichenen Hallentragwerke basieren auf den typengeprüften Musterstatiken für kleine und mittelgroße Stahlhallen, die bauforumstahl kostenfrei zur Verfügung stellt [8]. Als Datengrundlage für die Ökobilanzvergleiche dienen Umwelt-Produktdeklarationen wie die Verbands-EPD von bauforumstahl [2] und verfügbare EPDs für CO₂-reduzierte Stahlprodukte von Mitgliedern des Verbands [9–11]. Details zu den Hallenkonstruktionen sowie dem Ökobilanzvergleich sind weiteren Veröffentlichungen von bauforumstahl zu entnehmen [12]. Bild 1 zeigt den Vergleich des Treibhauspotenzials (GWP). Es wird deutlich, dass eine Lösung in Stahlbauweise einer Halle aus Betonfertigteilen bei der CO₂-Bilanz über den Lebenszyklus klar überlegen ist. Das in der Verbands-EPD [2], die einen Mix aus Hochofen- und Elektroofenroute darstellt, ausgewiesene negative Recyclingpotenzial sorgt für eine gute CO₂-Bilanz. Werden die jetzt schon bestellbaren CO₂-reduzierten Stähle eingesetzt, lässt sich die Bilanz noch einmal deutlich verbessern. Durch hier vollständig schrottbasierte Herstellung im Elektrolichtbogenofen fällt das Recyclingpotenzial allerdings positiv aus. Der Einsatz von 100% Ökostrom im Elektrolichtbogenofen sorgt aber für den sehr niedrigen Wert für die Herstellung. Es ist außerdem anzumerken, dass in diesem Vergleich für die Fundamente ein herkömmlicher Beton berücksichtigt wurde.

4.3.2 Hochofenroute

In der Hochofenkonverterroute (Primärstahlproduktion) wird Eisenerz mithilfe von kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln wie Koks verringert und in weiteren Arbeitsschritten zu Rohstahl verarbeitet. Dabei wird prozessbedingt CO₂ freigesetzt. Bei der Direktreduktion wird Eisenerz unter deutlich weniger Emissionen mithilfe von Erdgas zu Eisenschwamm (fast reines Eisen) reduziert. Ein Einsatz von erst grauem und später grünem Wasserstoff bei dieser Technologie ist bereits möglich und die Skalierung der Anlagen für größere Produktionsmengen erfolgt in den nächsten Jahren. Der Wasserstoff reagiert mit dem Sauerstoff im Eisenerz (Eisenoxid) dabei direkt im festen Zustand und wandelt dieses in Eisenschwamm um. Statt CO₂ entsteht bei dieser Technologie Wasser (H₂O), welches wiederum im integrierten Prozess weiterverwendet wird. Um den Eisenschwamm weiterverarbeiten zu können, wird das poröse Material schließlich gemeinsam mit Stahlschrott in einem Elektrolichtbogenofen eingeschmolzen. Hier sorgt der Einsatz von 100% Ökostrom ebenfalls für einen CO₂-freien Prozess. Zentrale Voraussetzung für die Umsetzung ist ausreichend verfügbarer Strom aus erneuerbaren Quellen und dessen Einsatz für die Produktion von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse und Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen. Ist die Hochofenroute auf die beschriebene Technologie umgestellt, lässt sich der CO₂-Ausstoß um 95% reduzieren [15, 16].

4.4 Dekarbonisierung des gesamten Strommix

Die Dekarbonisierung der Industrie, einschließlich der Stahlerzeugung, erfordert sauberen Strom. Deshalb ist es entscheidend, dass die Infrastruktur vorhanden ist, um diesen zu produzieren und zu liefern. Im Jahr 2020 kamen 45% des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Quellen. Bis 2030 soll der Anteil auf 65% steigen. Spätestens 2050 soll die komplette Stromversorgung auf regenerativen Energieträgern basieren, also zu 100% erneuerbar sein [17]. Durch die stetige Verbesserung des Strommix werden sich automatisch auch die Ökobilanzen der angeschlossenen Industrien verbessern. Durch den gezielten Einkauf oder die eigene Erzeugung von Ökostrom lässt sich diese Entwicklung für individuelle Werke heute schon herbeiführen. So haben auch bauforumstahl-Mitglieder dies bereits umgesetzt oder arbeiten an nachhaltigen Lösungen für ihre Produktion [9, 11, 15].

4.5 CO₂-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung

Carbon Capture Technology (CCUS) zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von während des Technologietransfers nicht vermeidbaren CO₂-Emissionen sind Technologien zur Abscheidung von CO₂ bei Prozessen, wo entweder fossile Brennstoffe oder Biomasse als Brennstoff eingesetzt werden. Wenn es nicht vor Ort verwendet

werden kann, wird das erfasste CO₂ komprimiert und per Pipeline, Schiff, Bahn oder Lkw abtransportiert. Es kann dann für eine Reihe von Anwendungen eingesetzt, in tiefe geologische Formationen oder erschöpfte Öl- und Gaslagerstätten verpresst und dauerhaft gespeichert werden. Technologien zum sogenannten Kohlenstoffrecycling sind ebenfalls in Entwicklung. Diese Technologien verwenden CO₂ zur Umwandlung in neue kohlenstoffbasierte Produkte. Dazu gehören Brennstoffe wie Methanol und Chemikalien wie Ethylen.

4.6 Einsparung bei Transport, Fertigung und Errichtung von Baustahlkonstruktionen

Die Scope-1- und Scope-2-CO₂-Emissionen (Abschn. 3) beim Bauen mit Stahl kommen vor allem aus der Energie, die bei der Stahlbaufertigung verwendet wird, dem Betrieb der zugehörigen Verwaltung, den Transporten zur Baustelle und der Errichtung vor Ort. Diese Emissionen können durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien vermindert werden. Der Einsatz neuester Fertigungstechnologien, effizientere Abläufe und der Ersatz von Maschinen und Fahrzeugen durch elektrische Alternativen wirken sich positiv aus. Stahlbauunternehmen investieren bereits jetzt in erneuerbare Technologien wie Windkraftanlagen und Biomasseanlagen zur eigenen Versorgung. Auch kleine Schritte, wie die Umstellung der verwendeten Technologien in der Stahlbauwerkstatt, wirken sich aus. So zeigt die Umstellung auf LED-Beleuchtung oder die Leckdetektion bei Druckluft- und Gasystemen neben der Energieeinsparung auch sichtbare wirtschaftliche Vorteile. Auch eine Optimierung des Energiemanagements durch Automatisierung und die Verwendung von Schweißgeräten der neuen Generation führt zur Verbesserung der CO₂-Bilanz für das Stahlbauunternehmen. Ebenso wird die Umstellung auf Hybrid- und Elektrofahrzeuge sowie elektrische Werkzeuge und Geräte für die Baustelle kurzfristig vollzogen. Stahl ist ein wertvoller Werkstoff und folglich verfügen die meisten Stahlbauunternehmen über digitale Systeme zur Minimierung von Abfall und Verschnitt. Stahlprofile können bereits nach Länge bestellt werden, um die anfallende Schrottmenge zu reduzieren. Temporäre Stahlkonstruktionen, die z. B. während der Errichtung auf der Baustelle verwendet wurden, werden zurückgebaut und zur Wiederverwendung in zukünftigen Projekten gelagert.

5 Rahmenbedingungen und Herausforderungen

Damit die Transformation der Stahlbranche auf emissionsfreie Stahlprodukte gelingt, müssen die Produkte von den Endverbrauchern angenommen, also von Architekten und Planern für ihre Gebäude ausgewählt werden. bauforumstahl unterstützt das Bauen mit Stahl durch kostenlose Fachberatung zu Anwendungsfragen des Stahlbaus, Förderung und Einflussnahme auf Normung und technische Regeln sowie Anwendungsforschung und Entwicklung für den Stahlbau. Zahlreiche Arbeits- und

Planungshilfen stehen auf der Website zum Download bereit.

Die Geschwindigkeit der Umsetzung von Maßnahmen für eine klimaneutrale Stahlindustrie ist auch von den richtigen politischen Rahmenbedingungen abhängig. Hier ist die neue Bundesregierung gefragt, die die Umsetzung des im Sommer 2020 beschlossenen Handlungskonzepts Stahl jetzt weiterführen muss. Anreize für die Ver-

wendung von nachhaltigen Baustoffen wie Stahl müssen geschaffen werden und die Versorgung mit erneuerbaren Energien und Wasserstoff möglichst schnell sichergestellt sein. Dass die Baustahlindustrie in Deutschland bereits heute auf Nachhaltigkeit setzt und einen großen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leistet, zeigen viele der hier beschriebenen Technologien und Hebel zur Zielerreichung.

Literatur

- [1] World Steel Association (2021) *2021 World Steel in Figures*. Brüssel.
- [2] EPD-BFS-20180116-IBG2 (2018) *EPD Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche*. bauforumstahl e. V., Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Berlin.
- [3] ArcelorMittal (2021) *ArcelorMittal Climate Action Report 2 July 2021*. Luxemburg.
- [4] IEA (2020) *Iron and Steel Technology Roadmap: Towards more sustainable steelmaking*. Paris.
- [5] BCSA (2021) *UK structural steelwork: 2050 decarbonisation roadmap*. London.
- [6] Wirtschaftsvereinigung Stahl (2021) *Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2021*. Berlin.
- [7] Kuhnhenne, M.; Döring, B.; Pyschny, D. (2010) *Ökobilanzierung von Typenhallen*. RWTH Aachen.
- [8] bauforumstahl e. V. (2016) *Typenhallen aus Stahl – Musterstatik*. Überarb. Ausgabe Nr. B 501. Düsseldorf.
- [9] EPD-ARC-20210132-CBB1-EN *XCarb™ Recycled and renewably produced Structural steel sections and merchant bars*. ArcelorMittal Europe. Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Berlin.
- [10] EPD-ARC-20210245-CBA1-EN *XCarb® Recycled and renewably produced Reinforcing steel in bars*. ArcelorMittal Europe. Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Berlin.
- [11] EPD-STH-20210014-IAB1-EN *Structural Steel: Sections*. Stahlwerk Thüringen GmbH. Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Berlin.
- [12] Bauforumstahl e. V. (2015) *Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen*. Düsseldorf.
- [13] EPD-IZB-20180102-IBG1 *Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37*. InformationsZentrum Beton GmbH. Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Berlin.
- [14] EPD-IZB-20180101-IBG *Beton der Druckfestigkeitsklasse C25/30*. InformationsZentrum Beton GmbH. Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), Berlin.
- [15] Salzgitter AG *Unser Programm SALCOS* [online]. Salzgitter: Salzgitter AG. <https://salcos.salzgitter-ag.com> [Zugriff am: 22. Feb. 2022]
- [16] AG der Dillinger Hüttenwerke *Nachhaltige Stahlproduktion – Unser Weg zur CO₂-neutralen Stahlproduktion „offensiv, CO₂-frei, effizient“* [online]. Dillingen/Saar: Dillinger. <https://www.dillinger.de/d/de/corporate/nachhaltigkeit/nachhaltige-stahlproduktion/index.shtml> [Zugriff am: 22. Feb. 2022]
- [17] Burstedde, B.; Nicolosi, M. (2021) *Connect Energy Economics GmbH, Strommarkt und Klimaschutz: Transformation der Stromerzeugung bis 2050 – Abschlussbericht*. Umweltbundesamt, Berlin.

Autor

Dr.-Ing. Raban Siebers (Korrespondenzautor)
raban.siebers@bauforumstahl.de
bauforumstahl e. V.
Sohnstraße 65
40237 Düsseldorf

Zitieren Sie diesen Beitrag

Siebers, R. (2022) *Auf dem Weg zum klimaneutralen Stahlbau*. Stahlbau 91, H. 4, S. 247–252. <https://doi.org/10.1002/stab.202200016>