

Diskussionsbeitrag: Definition Grüner Stahl – Ein Labelsystem für Grüne Leitmärkte

Technisches Hintergrundpapier zum Vorschlag der Stahlindustrie in Deutschland

Oktober 2022

Wirtschaftsvereinigung Stahl

Französische Straße 8
10117 Berlin

Internet: stahl-online.de
info@stahl-online.de

Tel. +49 (30) 23 25 546-0

FutureCamp Climate GmbH

Aschauer Str. 30
81549 München, Germany

Internet: <http://www.future-camp.de>
webkontakt@future-camp.de

Tel. +49 (1520) 380 69 48

Inhaltsverzeichnis

1. Executive Summary	4
2. Ausgangspunkt und Zielsetzung für das Klassifizierungssystem Grüner Stahl ...	7
3. Das Klassifizierungssystem: Festlegungen, Referenzschwellen, Stufen und Einordnungen.....	8
3.1 Die virtuellen Referenzanlagen	8
3.2 Festlegung des Bilanzrahmens.....	9
3.3 Bestimmung der Referenzwerte	12
3.3.1 Aufstellung der Berechnungsmodelle	12
3.3.2 Anpassungen für Klassifizierungsstufe A	13
3.4 Ergebnisse Referenzschwellen	13
3.4.1 Referenzschwellen D/E	13
3.4.2 Referenzschwelle A/B	14
3.5 Definition der Kurvenverläufe	14
3.6 Berechnung weiterer virtueller Referenzanlagen zur Abbildung möglicher Transformationsschritte	16
3.6.1 DRI-EAF	16
3.6.2 DRI-SAF	16
3.6.3 EAF Qualitätsstahl.....	17
3.7 Einordnung berechneter virtueller Referenzanlagen ins Klassifizierungssystem.....	18
4. Vergleich mit ähnlichen Initiativen	20
5. Weitere Festlegungen für das Rulebook	22
6. Abkürzungs-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	24

1. Executive Summary

Dieses Papier beschreibt die technischen Hintergründe zum Vorschlag „Definition Grüner Stahl – ein Labelsystem für Grüne Leitmärkte“ der Stahlindustrie in Deutschland¹. Ausführlich dargestellt wird insbesondere die methodische Herleitung der Referenzwerte für die Ambitionsstufen des **politischen Klassifizierungssystems** einschließlich des Kurvenverlaufs für den „**Sliding Scale**“, mit dem die Emissionen in Abhängigkeit von dem in der Produktion eingesetztem Schrott eingeordnet werden. Das Klassifizierungssystem liefert die Grundlage, grüne Leitmärkte politisch zu steuern, indem mit seiner Hilfe definiert werden kann, wie der Einsatz von grünem Stahl in unterschiedlichen Verwendungen auf dem Weg zur Klimaneutralität angerechnet werden kann.

Statt von einer Vorgabe der zu erreichenden Zielwerte (Top-down) auszugehen wurde eine **Bottom-up-Methodik** angewandt:

- Basierend auf bereits existierenden Arbeiten der Branche und im intensiven Austausch mit den ExpertInnen der Stahlindustrie wurden virtuelle Referenzanlagen und dazugehörige Referenzgüter definiert.
- Der Bilanzraum wurde festgelegt, d. h. erklärt, welche Prozessschritte und welche direkte, indirekte und vorgelagerte Emissionsquellen in die Betrachtung einbezogen werden.
- Dies erlaubt die Bestimmung von Referenzwerten für die Klassifizierung mittels virtueller Referenzanlagen auf Basis des technisch machbaren und daraus abgeleitet
- die Bestimmung der Klassifizierungsstufen und der dazugehörigen Schwellenwerte.

Im Zuge der Arbeiten konnten auch besonders wichtige Festlegungen zu Bilanzierungsregeln erfolgen sowie die inhaltlichen Schwerpunkte für die weitere Konkretisierung („Rulebook“) herausgearbeitet werden. Im Zuge dieses Rulebook-Prozesses, in dem präzise Berechnungsregeln auszuformulieren sind, können Anpassungen bei den Schwellenwerten aber noch erforderlich werden.

Klassifizierungssystem

Für verschiedene virtuelle Referenzanlagen sind Berechnungen erfolgt, die eine Einordnung in das Klassifizierungssystem erlauben. Diese zeigen die Eignung und Umsetzbarkeit des Klassifizierungssystems und geben auch Hinweise auf besonders wesentliche Aspekte. Das Klassifizierungssystem ist technologieneutral anwendbar und auch dazu geeignet, Teiltransformationen zu unterstützen. Es ist zudem kompatibel zu anderen Initiativen wie etwa dem Vorschlag der Internationalen Energieagentur (IEA) und entwickelt diese weiter.

¹ Der Begriff „Grüner Stahl“ (und Abwandlungen davon) wird in diesem Bericht ausschließlich im politischen Kontext im Sinne einer Verwendung in einem politischen Klassifizierungssystem genutzt.

Das vorgeschlagene Klassifizierungssystem hat im Ergebnis diese Konkretisierung:

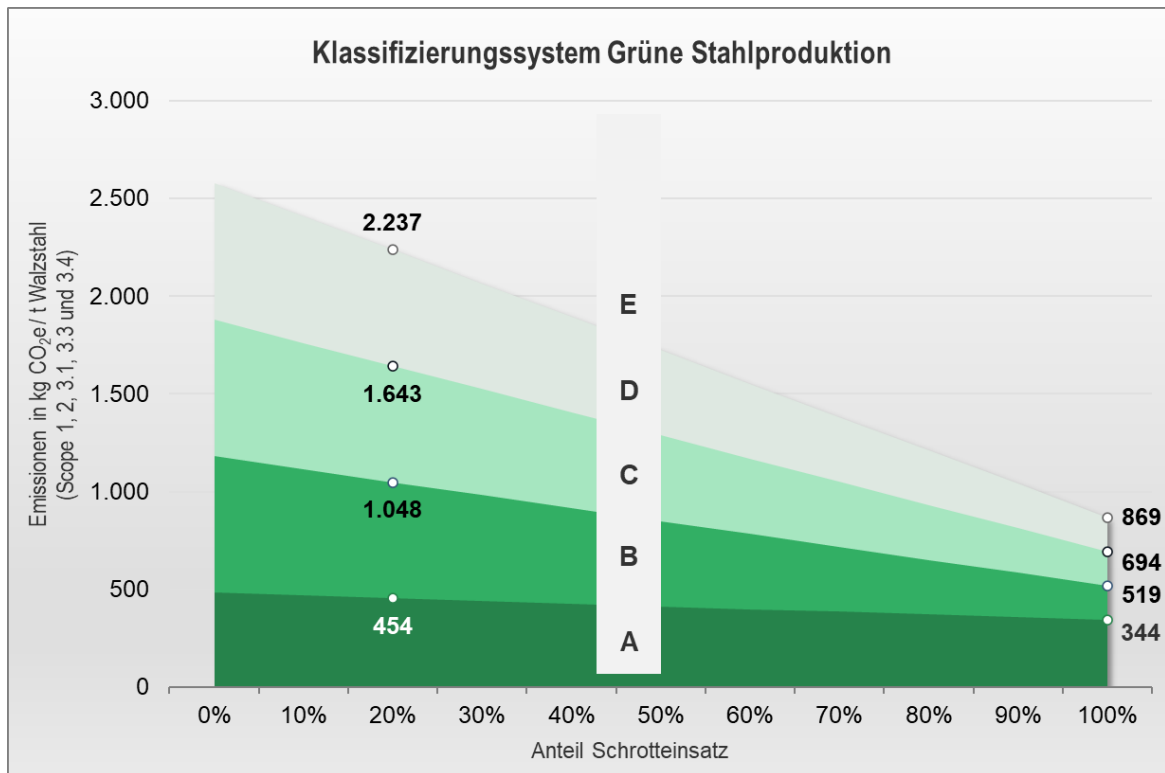


Abbildung 1: Vorschlag Klassifizierungssystem Grüne Stahlproduktion

Schlussfolgerungen:

- Das Klassifizierungssystem unterstützt das Ziel der Transformation in klar benennbaren Schritten:** Wesentliche Transformationsschritte und Herausforderungen sind abgebildet. In beiden Routen sind besonders ambitionierte Klassifizierungsstufen, insbesondere die Stufe A, nicht ohne erhebliche Anstrengungen erreichbar. Umgekehrt wird sichergestellt, dass auch Teil-Transformationsschritte dazu führen, dass Produkte im Klassifizierungssystem besser eingeordnet werden. Zugleich wird sichergestellt, dass die in politischen Instrumenten gestellten Anforderungen an die Klimafreundlichkeit von Produkten in definierten Schritten steigen können.
- Ambitionen:** Das vorgeschlagene Klassifizierungssystem ist als ambitioniert zu bewerten. Schon der Übergang in die Stufe D setzt State-of-the-Art mit entsprechender Betriebsführung voraus. Die höchste Stufe A erfordert umfangreiche transformative Aktivitäten und ist zudem nur mit 100 % regenerativ erzeugtem Wasserstoff und regenerativ erzeugtem Strom erreichbar. Daraus folgt auch, dass diese Klassifizierungsstufe, die in einem politischen Klassifizierungssystem zu Grünen Stahl führt, erst in der Praxis erreichbar ist, wenn die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind.
- Fairness:** Unabhängig von der Route ist der Startpunkt ambitioniert, aber erreichbar. Über die Berücksichtigung des Schrotteinsatzes sowie der Schlacken wird zudem sichergestellt, dass aus dem Klassifizierungssystem keine Nachteile für einzelne Routen und auch nicht mit Blick auf Aspekte der Kreislaufwirtschaft entstehen.
- Anschlussfähigkeit:** Die Methodik führt zu ähnlichen Ergebnissen im Vergleich zu anderen Initiativen. Unterschiede zur IEA sind nachvollziehbar und resultieren insbesondere aus dem hier gewählten breiteren Bilanzrahmen (Scope) und der Bottom-up-Methodik. Der hier entwickelte Ansatz stellt damit zugleich eine Weiterentwicklung

und durch die Anwendung auf verschiedene Anlagenkonfigurationen eine Konkretisierung des IEA-Ansatzes dar. **Transparenz:** Mit den getroffenen Festlegungen liegt die Basis für ein Rulebook für das Klassifizierungssystem vor, welches wiederum die Voraussetzung für eine Zertifizierung und konkrete Einordnung von Produkten bildet. Die Bestimmung spezifischer Werte ist einem Prüfer gegenüber darzulegen, die Referenzwerte selbst sind nachvollziehbar hergeleitet.

- **Entwicklungsfähigkeit:** Das System ist entwicklungsfähig in dem Sinne, dass Teiltransformationen an einem Standort abbildbar sind und zudem regelmäßige Reviews vorgesehen sind, welche die Änderungen externer Rahmenbedingungen widerspiegeln sollen.
- **Ausbaubarkeit:** Die erarbeiteten Grenzwerte gelten jeweils für eine Basisstahlgüte² aus der Hochofen- und der Elektrolichtbogenroute. Basierend auf diesen Werten wird in einem nächsten Schritt ein „**Rulebook**“ erarbeitet, mit dem man entsprechende **Grenzwerte für alle existierenden Stahlgüten** durch Korrekturfaktoren ermitteln kann.

² Hochofenroute: Güte C22, Elektrolichtbogenroute: Güte C45

2. Ausgangspunkt und Zielsetzung für das Klassifizierungssystem Grüner Stahl

Übergeordnetes Ziel des Klassifizierungssystems ist, eine Basis für politische Instrumente zu legen. Damit geht nicht einher, eine allgemein gültige Grundlage für die Berechnung eines Product Carbon Footprints (PCF) zu schaffen, auch wenn Teile der hier dargestellten und inhaltlichen wesentlichen Arbeitsergebnisse für einen PCF nutzbar sind. Das Klassifizierungssystem soll den **steigenden Anspruch** zur Senkung der Emissionsintensität über den zeitlichen Verlauf wiedergeben, weshalb unterschiedliche **Klassifizierungsstufen** definiert werden. Den Ausgangspunkt bildet der aktuelle Stand der Technik **relevanter** Produktionsrouten für Stahlprodukte. Für die Erreichung höherer Klassifizierungsstufen sind individuelle Anstrengungen zur Emissionsenkung innerhalb der jeweiligen Routen erforderlich.

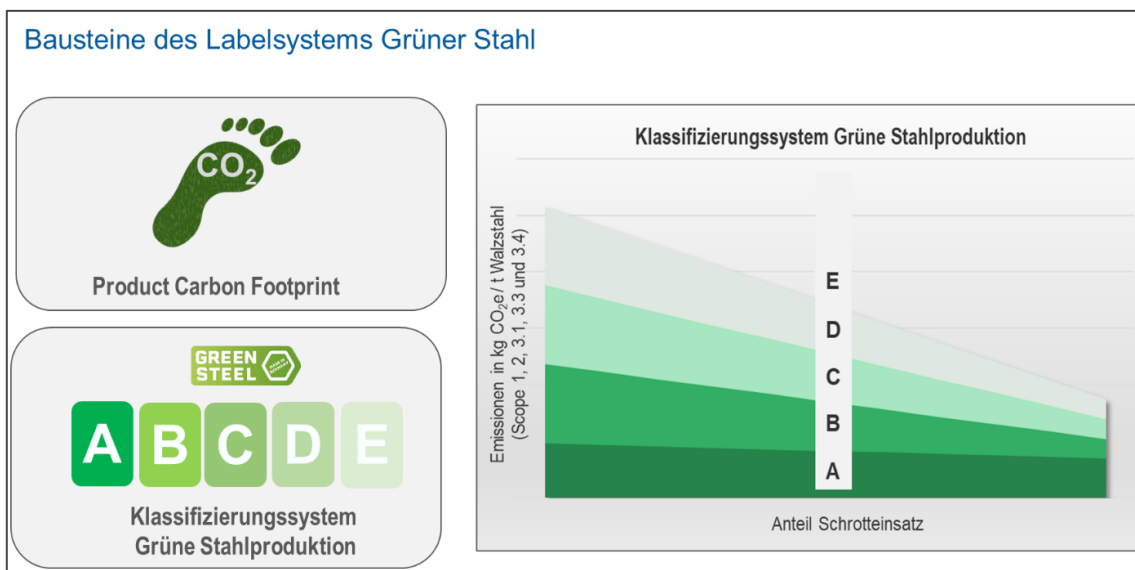


Abbildung 2: Bausteine des Labelsystems Grüner Stahl

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zunächst **virtuelle Referenzanlagen** und künftige **Referenztechniken** für eine CO₂-arme Stahlerzeugung zu definieren. Darauf aufbauend werden Schwellenwerte für das Klassifizierungssystem bestimmt und daraus ein entsprechender Kurvenverlauf abgeleitet. Folgende Aspekte stehen im Fokus:

- Virtuelle Referenzanlagen sind eindeutig und klar zu definieren.
- Relevante Bilanzierungsregeln sind nachvollziehbar festzulegen und damit erste Grundlagen für die Ausarbeitung eines **Rulebooks** zu schaffen, welches die Anwendung des Klassifizierungssystems durch Produzenten ermöglicht. Dieses Rulebook sorgt für Vergleichbarkeit zwischen den Angaben unterschiedlicher Hersteller und ist damit Voraussetzung für die Anwendung des Klassifizierungssystems in der praktischen Umsetzung.
- Der Verlauf der Referenzschwelle D/E ist festzulegen.
- Der Verlauf der Referenzschwelle A/B ist festzulegen.
- Ein Vorschlag für weitere Klassifizierungsstufen ist abzuleiten.

Dabei sind Kompromisse notwendig, um mit folgenden Zielkonflikten umzugehen:

- Ambitionsniveau vs. fairem/ machbarem Startpunkt,
- Notwendiger Anspruch an Genauigkeit vs. Umsetzbarkeit in der Praxis und Herleitung,
- Transparenz und Akzeptanz in der Branche vs. Schutz von Betriebsgeheimnissen,
- Konstanter Bezugspunkt vs. Anpassungsmöglichkeiten.

3. Das Klassifizierungssystem: Festlegungen, Referenzschwellen, Stufen und Einordnungen

Das Klassifizierungssystem ordnet die Emissionen von Anlagen in Abhängigkeit von deren Schrotteinsatz ein. Im Sinne einer „Sliding Scale“ sinken die spezifischen Emissionen je Klassifizierungsstufe mit steigendem Schrotteinsatz ab (siehe Abbildung 1: Vorschlag).

Mit Bestimmung von Referenzwerten für spezifische CO_{2e}-Emissionen relevanter Produktionsrouten ist sowohl ein Status-Quo als auch eine transformatorische Fortentwicklung der Industrie in der erforderlichen Differenzierung nachvollziehbar darstellbar.

Hierzu werden zunächst virtuelle Referenzanlagen definiert (Unterkapitel 0) und der dazugehörige Bilanzraum bezüglich der Treibhausgasemissionen festgelegt (Unterkapitel 3.2). Darauf basierend lassen sich die Referenzwerte für die Klassifizierung unter Nutzung festgelegter Berechnungsmodelle herleiten (Unterkapitel 3.3) und auf die definierten Produktionsrouten beziehen (Unterkapitel 3.4). Daraus lassen sich die Kurvenverläufe der Klassifizierungsstufen in Abhängigkeit vom Schrotteinsatz ableiten (Unterkapitel 3.5). Als Zwischenschritt werden die spezifischen Werte für weitere virtuelle Anlagen berechnet (Unterkapitel 3.6), ehe schließlich eine Einordnung verschiedener virtueller Referenzanlagen in die Klassifizierungsstufen erfolgt (Unterkapitel 3.7).

3.1 Die virtuellen Referenzanlagen

Die virtuellen Referenzanlagen bilden die Basis zur Ableitung der Referenzwerte für die Klassifizierung und **legen damit die Ausgangspunkte für den Kurvenverlauf des Klassifizierungssystems** fest.

Zu Beginn des Prozesses wurde über sechs mögliche Referenzanlagen diskutiert:

- Integriertes Hüttenwerk auf Kohlebasis
- Integriertes Hüttenwerk auf Erdgasbasis
- Elektrostahlwerk für rostfreien Stahl
- Elektrostahlwerk für Qualitätsstahl (QST)
- Elektrostahlwerk für Betonstahl (BST)
- Eisen-Direktreduktionsanlage (Direct Reduced Iron – DRI-Anlage) auf Erdgasbasis

Das integrierte Hüttenwerk auf Erdgasbasis wurde von der Liste der Referenzanlagen für die Klassifizierungsschwelle D/E gestrichen. Dieses stellt eine emissionsärmere Alternative zum Hüttenwerk auf Kohlebasis dar, liefert aber keinen neuen Punkt auf der Achse des Schrotteinsatzes. Der weltweit etablierte Standardfall ist das Hüttenwerk auf Kohlebasis. Der entsprechende Referenzwert ist daher auf Kohlebasis (Einblasen von PCI, pulverised coal injection) ermittelt worden. Die Variante mit Erdgas bietet eine erste Möglichkeit ergänzender Maßnahmen, um **unterhalb** der Referenzschwelle D/E eingeordnet zu werden. Dies wird im Unterkapitel 3.4 dargestellt. Für die Berechnung der Referenzschwelle für die Stufe A auf der Primärseite wird dagegen eine DRI-Anlage unter Verwendung weitgehend „grüner“ Energieträger herangezogen.

Qualitäts- und Betonstahlwerke arbeiten aktuell mit ähnlichen Schrotteinsätzen, verursachen aber aufgrund unterschiedlicher Qualitäten und der damit einhergehenden Abweichungen im Produktionsprozess deutlich unterschiedliche Emissionen. **Es ist damit insgesamt nicht ausreichend, Grenzwerte für das Klassifizierungssystem allein in Abhängigkeit von der Quote des Schrotteinsatzes zu definieren.** Eine Anpassung für

die tatsächlich produzierte **Stahlgüte** ist notwendig. Notwendige güteabhängige Anpassungen sind ein zentraler Punkt des noch zu erarbeitenden Rulebooks.

Für den Kurvenverlauf des Klassifizierungssystems wird daher ein virtuelles **Qualitätsstahlwerk** herangezogen.

Für die erste Ausarbeitung ist beschlossen worden, die Herstellung hochlegierter Güten und rostfreier Stähle für das Klassifizierungssystem in dem Sinne außen vor zu lassen, dass diese sich nicht für die Herleitung von Referenzschwellen eignen. Dies ist der großen Vielfalt an Produktvarianten und ihren unmittelbaren Auswirkungen auf Scope 3- Upstream-Emissionen in diesem Bereich geschuldet. Im Zuge der Erarbeitung des Rulebooks sollten allerdings für höhere Güten bis hin zum rostfreien Stahl geeignete Anpassungsregeln entwickelt werden.

Um eine Vergleichbarkeit über die Kurve des Schrotteinsatzes herzustellen, wurden zwei Referenzgüten für beide Enden des Spektrums festgelegt. Dabei handelt es sich um die **Stahlgüten** C22 für die Hochofenroute bzw. C45 für die Elektrolichtbogenofenroute.

3.2 Festlegung des Bilanzrahmens

Festlegungen zum Scope des Klassifizierungssystems bilden weitere Eckpfeiler für die Betrachtung. Dies betrifft auch die **Fertigungstiefe**. Um den Möglichkeiten einer Emissionsminderung in beiden Herstellungsrouten Rechnung zu tragen, bezieht sich das zu erarbeitende Klassifizierungssystem nicht auf Rohstahl, sondern auf ein **warmgewalztes Produkt** (einmalige Erwärmung) ohne weitere Behandlung, wie etwa eine weitere Wärmebehandlung.

Auf Seiten der Primärroute sind damit im Wesentlichen folgende Prozessschritte vom Klassifizierungsansatz direkt erfasst:

- Kokerei
- Sinteranlage
- Hochofen
- Stahlwerksprozess (Konverter)
- Sekundärmetallurgie
- Strangguss/ Blockguss
- Warmwalzwerk
- Kraftwerk

Für den Schwellenwert der Schwelle A/B ändert sich bei der Primärroute das Bild durch die Umstellung auf DRI. Hier sind im Wesentlichen direkt erfasst:

- Direktreduktionsanlage (DR)
- Stahlwerksprozesse – Elektrolichtbogenofen (Electric Arc Furnace – EAF) oder Schmelz-Reduktionsofen (Submerged Arc Furnace – SAF) und Konverter (Basic Oxygen Furnace – BOF)
- Sekundärmetallurgie
- Strangguss/ Blockguss
- Warmwalzwerk

Auf Seiten der Sekundärroute gibt es im Hinblick auf die erfassten Prozessschritte keine Unterschiede zwischen der Referenzwertebetrachtung für die Schwellen D/E und A/B. Dort sind jeweils erfasst:

- Stahlwerksprozess mit EAF
- Sekundärmetallurgie mit
 - Pfannenofen (Ladle Furnace – LF)
 - VD-Anlage (Vacuum Degassing)
 - Spülstand
- Strangguss/ Blockguss
- Warmwalzwerk

Neben der prozesseitigen Betrachtung ist entscheidend, welche **Emissionsquellen** für das Klassifizierungssystem berücksichtigt werden müssen. Scope 1- und Scope 2-Emissionen der betrachteten Prozessschritte sind in jedem Fall zu bilanzieren. Dies betrifft vor allem auch sämtliche im europäischen Emissionshandel berichteten Emissionen der betrachteten Prozesse. Weitere Scope 1- und Scope 2-Emissionen, die in direktem Zusammenhang mit diesen stehen, sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der Scope 3-Emissionen verfolgt das Klassifizierungssystem den cradle-to-gate-Ansatz. Dementsprechend werden sämtliche Downstream-Emissionen nicht betrachtet. Im Upstream liegt der Fokus auf den wesentlichen Treibern der Emissionen. Diese umfassen:

- Vorkette Energie (darüber de facto auch andere THG als CO₂, z. B. bei Erdgas und Biogas)
- Materialien (Rohstoffe), die **direkt** in die Stahlproduktion einfließen oder dafür zwingend benötigt werden (Schrott, Erz, Legierungsmittel, Schlackenbildner, Feuerfestmaterialien, technische Gase und andere Verbrauchsgüter)
- Antransport der o. g. Materialien

Mit diesen Emissionsquellen ist der wesentliche Teil der Upstream-Emissionen der Stahlherstellung erfasst. Die nicht betrachteten Quellen sind von deutlich untergeordneter Bedeutung. Hierbei wird analog gängiger Standards (insbesondere ISO, GHG-Protokoll) innerhalb der festgelegten Systemgrenzen ein Abschneide Kriterium von 10 % angewendet, um den Erhebungsaufwand sowohl für die virtuellen Referenzanlagen als auch bei der Anwendung auf tatsächliche Produktionsanlagen zu begrenzen. Anders ausgedrückt: Die einbezogenen Emissionsquellen umfassen 90 % der Gesamtemissionen einschließlich des Scope 3-Upstream.

Abbildung 3 zeigt den relevanten Bilanzraum der Referenzanlagen.

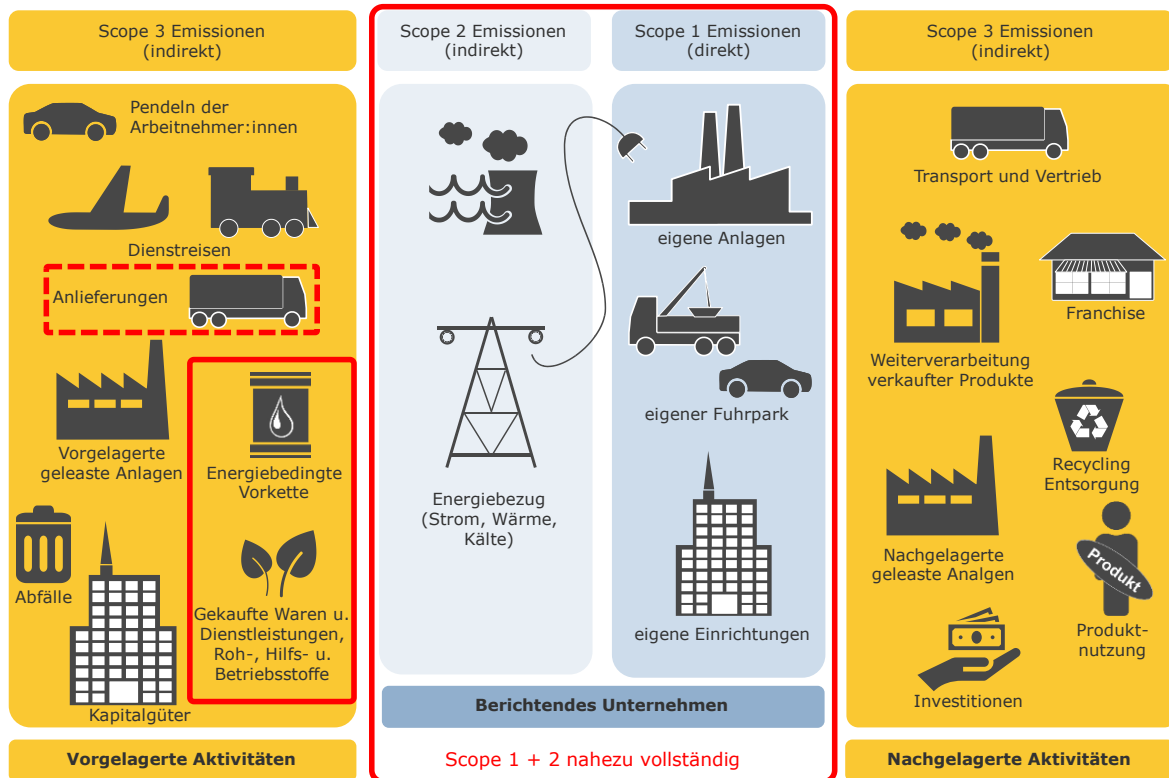


Abbildung 3: Einbezogene Emissionen für das Klassifizierungssystem

Ausgelagerten Aktivitäten kommt eine Sonderrolle zu. Sollten Prozessschritte, die nach obiger Definition von den virtuellen Referenzanlagen erfasst sind, nicht Bestandteil eines realen Werkes sein, sind diese Emissionen ggf. in einem anderen Scope (z. B. Scope 3 anstelle von Scope 1) zu **berücksichtigen**.

Dieses Beispiel zeigt: Der breite Scope stellt daher auch sicher, dass eine schlichte Verlagerung von Emissionen aus der Systemgrenze nicht zur Einordnung in eine ambitionierte Klassifizierungsstufe führt. Zugleich haben die Unternehmen dadurch ein breiteres Handlungsspektrum, zum Beispiel mit Blick auf ihre Vorketten. Dies erfordert klare Berechnungsregeln, um eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können.

Das Klassifizierungssystem erlaubt die Berücksichtigung von Gutschriften für Stoffe und Energien, die über die Bilanzgrenzen hinaus abgegeben werden, **ausschließlich** für:

1. Hüttensand, der als Klinkerersatz für die Zementherstellung verkauft wird, sowie
2. Nutzung von Kuppelgasen für die Erzeugung von Strom oder Wärme (in Analogie zum EU-ETS), die außerhalb der Anlagen verbraucht werden.

Nur wenn tatsächlich eine Nutzung stattfindet, darf die Gutschrift erfolgen. Die Gutschrift für Strom erfolgt mit dem vom **Umweltbundesamt veröffentlichten Emissionsfaktor** für den deutschen Strommix aus dem Vorjahr (der auch für die Bestimmung der strombedingten Emissionen für die virtuellen Referenzanlagen herangezogen wird, Wert 485 g/kWh). Für Hüttensand erfolgt eine Gutschrift als Zement(klinker)ersatz entsprechend Portlandzement (CEM I), mit einem im Rulebook final festzulegenden Faktor. Die Gutschrift für Wärme erfolgt auf Basis von Erdgas. Gutschriften für weitere Nebenprodukte erfolgen nicht.

3.3 Bestimmung der Referenzwerte

Ausgehend von den virtuellen Referenzanlagen werden Referenzwerte als Schwellenwerte bestimmt, die damit die Grundlage für den Verlauf der (Schwellenwert)Kurven im Klassifizierungssystem bilden. Dabei stellen die Referenzschwellen den Übergang zur jeweils ambitionierteren Stufe dar. Der Übergang D/E ist damit beispielsweise D zuzurechnen. Es ist dabei nicht vollständig ausreichend, virtuelle Referenzanlagen zu bilden, die den gegenwärtigen Stand der Technik abbilden (D/E). Für höhere Klassifizierungsstufen wie etwa C und A sind die Referenzschwellen auch aus Annahmen zu Veränderungen in bestehenden Produktionsverfahren und unter Nutzung neuer Verfahren herzuleiten.

3.3.1 Aufstellung der Berechnungsmodelle

Für die Herleitung der Referenzwerte muss aufgrund der Datenverfügbarkeit zwischen Primär- und Sekundärroute unterschieden werden.

Auf Seiten der Primärroute existierte bereits ein Berechnungsmodell für die Emissionen eines virtuellen integrierten Hüttenwerks. Dieses beruht inputseitig im Wesentlichen auf dem Abschlussbericht „Abwärmenutzungspotenziale in Anlagen integrierter Hüttenwerke der Stahlindustrie“³. Zur Ermittlung der Emissionen wurden entsprechende Emissionsfaktoren sowohl für direkte als auch für indirekte Emissionen herangezogen. Das Berechnungsmodell ist in die einzelnen Prozessschritte untergliedert und lässt daher Rückschlüsse auf die Emissionen der einzelnen Prozessschritte zu.

Aufbauend auf diesem Modell wurden zwei Varianten für DRI-Anlagen abgeleitet. Einmal als DRI-EAF und als DRI-SAF, um auch hier Technologieoffenheit zu gewährleisten. Die grundlegenden Daten für die neu betrachteten Prozessschritte beruhen im Wesentlichen auf öffentlich zugänglichen Quellen⁴. Um eine vertikale Vergleichbarkeit mit dem Referenzmodell des virtuellen, integrierten Hüttenwerks sicherstellen zu können, ist für DRI-Anlagen ein Schrotteinsatz von 20 % angenommen worden. Die daraus resultierend notwendigen Anpassungen bei bestimmten Einsatzmengen wurden im Einzelfall durch Experten vorgenommen.

Für die Sekundärroute existierte kein vergleichbares Berechnungsmodell, auf das die Ermittlung der Referenzwerte gestützt werden könnte. Ein Rechenmodell wurde neu aufgesetzt und die dazu notwendigen Daten wurden per Datenabfrage mit FutureCamp in der Funktion eines unabhängigen Dritten⁵ gesammelt. Zusätzlich wurden diese durch Recherche öffentlich zugänglicher Quellen ergänzt. Dabei konzentrierte sich die Erhebung, insbesondere vor dem engen Zeithorizont, auf wesentliche Emissionstreiber der Sekundärroute. Auch steht dies im Einklang mit dem oben definierten Abschneide Kriterium von 10 %.

³ Marten Sprecher, Dr. Ing. Hans Bodo Lungen, Dr. Ing. Bernhart Stranzinger, Dr. Ing. Holger Rosemann, Dr. Ing. Wolfgang Adler (2019), „Abwärmenutzungspotenziale in Anlagen integrierter Hüttenwerke der Stahlindustrie“.

⁴ Pasquale Cavaliere, Angelo Perrone, Alessio Silvello, Paolo Stagnoli and Pablo Duarte (2022), „Integration of Open Slag Bath Furnace with Direct Reduction Reactors for New-Generation Steelmaking“ in *Metals* 2022, 12, 203

⁵ Aus den Rückmeldungen der Unternehmen wurden durch FutureCamp Mittelwerte gebildet, teilweise sind diese mengengewichtet. Eine Identifizierung oder Rückrechnung auf tatsächliche Werte einzelner Unternehmen wird damit sicher ausgeschlossen.

3.3.2 Anpassungen für Klassifizierungsstufe A

Um die Referenzschwelle für den Übergang von B zu A zu bestimmen, wurden Festlegungen getroffen, die für beide Routen gleichermaßen gelten. Dies betrifft vor allem Energieträger. Es werden in der Klassifizierungsstufe A nur CO₂-neutrale Energieträger eingesetzt.

Für die Berechnungen bedeutet das: Der eingesetzte Strom wird regenerativ erzeugt und bringt daher ausschließlich Scope 3-Emissionen ein. Die Scope 2-Emissionen betragen null. Konsequenterweise wird damit auch der eingesetzte Sauerstoff emissionsärmer, da dieser unter Einsatz von regenerativ erzeugtem Strom produziert werden muss. Erdgas wird durch CO₂-neutral erzeugten Wasserstoff ersetzt. Dieser bringt zu berücksichtigende Scope 3-Emissionen durch Transport und die Vorketten der Erzeugung ein. Bei der Erzeugung selbst fallen allerdings keine direkten Emissionen an, da diese ausschließlich unter Einsatz erneuerbarer Energien erfolgen. Für die Berechnung wird konservativ ein Transport aus Katar unterstellt, da davon auszugehen ist, dass der Bedarf kurzfristig nicht allein durch eine heimische Produktion gedeckt werden kann. Dies gilt auch für CO₂-neutrale Kohlen, etwa biogene Pyrolysekohle aus nachhaltigem Anbau. Hier wird von einem Transport aus Südamerika ausgegangen.

Weitere Emissionsreduktionen werden für die Herleitung der Referenzschwelle für A nicht betrachtet, da aus Sicht der beteiligten Experten insbesondere keine Verfügbarkeit von klimafreundlichen Alternativen gegeben ist. Entwicklungen in diesem Bereich, etwa bei Legierungsmaterialien, Pellets oder Branntkalk sollen in regelmäßigen Updates des Rulebooks berücksichtigt werden und führen dann gegebenenfalls zur Anpassung der vorgegeben Emissionsfaktoren oder ggf. auch der Referenzwerte.

3.4 Ergebnisse Referenzschwellen

3.4.1 Referenzschwellen D/E

Die Referenzschwelle D/E soll ein State-of-the-Art-Niveau wiedergeben. Die Ausgangsbasis für das integrierte Hüttenwerk und die Sekundärroute stellen damit ein ambitioniertes, aber mit heutigen Verfahren erreichbares Emissionsniveau dar.

Integriertes Hüttenwerk

Der Referenzwert für das integrierte Hüttenwerk beträgt 2.237 kg CO₂e/t Walzstahl bei einem Schrotteinsatz von 20 %. Darin enthalten sind Gutschriften von 275 kg CO₂e/t Walzstahl für den Export von Strom und den Verkauf von Hüttensand als Ersatz für Zementklinker. Von den Emissionen der definierten virtuellen Referenzanlage fallen etwa 88 % in Scope 1 an (unter Berücksichtigung der Gutschriften in Scope 3). Der Rest entfällt auf den Scope 3. Scope 2-Emissionen fallen nicht an, da der komplette Strombedarf mit der Eigenerzeugung aus Kuppelgasen gedeckt werden kann.

EAF QST

Diese Berechnung ist die Grundlage für alle weiteren Berechnungen zum EAF QST. Die Emissionen betragen hier im Referenzwert D/E 869 kg CO₂e/t Walzstahl. Sämtliche Berechnungen der Sekundärroute erfolgen bei einem Schrotteinsatz von 100 %.

3.4.2 Referenzschwelle A/B

Alle Werte unterhalb der Referenzschwelle A/B sollen im späteren Verlauf als „**Grüner Stahl**“ definiert werden. Ein Erreichen dieser Werte setzt maximale Anstrengungen auf Seiten der Produzenten voraus.

DRI-EAF unter Stufe A Bedingungen

Hierfür sind alle Minderungen, wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, umgesetzt. Unter diesen Bedingungen wurden Emissionen von 454 kg CO₂e/t Walzstahl ermittelt (Referenzwert A/B für Primärroute). Diese stammen hauptsächlich aus der Vorkette der eingesetzten Pellets, des Wasserstoffs, des Dolomitkalks und des Aluminiums⁶. Direkte Emissionen entstehen vor allem aus dem Kohlenstoffgehalt der Pellets und der Elektroden.

EAF QST unter Stufe A Bedingungen

Unter den Bedingungen aus Kapitel 3.3.2 ergeben sich Emissionen von 344 kg CO₂e/t Walzstahl. Dies ist der Referenzwert A/B für die Sekundärroute. Die verbleibenden Emissionen stammen größtenteils ebenfalls aus der Vorkette, vor allem von Branntkalk und Legierungsmaterialien. Die größten direkten Emissionen werden durch die Graphitelektroden verursacht.

Tabelle 1: Emissionen Referenzwerte unterteilt nach Scopes in kg CO₂e/t Walzstahl

Anlage	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Summe 1-3 ⁷
Integriertes Hüttenwerk	1.974	0 ⁸	263 ⁹	2.237
EAF QST	205	295	369	869
DRI-EAF unter Stufe A Bedingungen	18	0	435	454
EAF-QST unter Stufe A Bedingungen	15	0	329	344

3.5 Definition der Kurvenverläufe

Auf der Primärseite ist der Wert des integrierten Hüttenwerks bei 20 % Schrotteinsatz der Fixpunkt für die Referenzschwelle D/E. Bei der Sekundärroute ist die virtuelle Referenzanlage QST für die Ableitung der Kurvenverläufe herangezogen worden.¹⁰

⁶ Verwendung als Beruhigungsmittel

⁷ Die Werte der einzelnen Scopes sind auf Kilogramm gerundet angegeben. Die Summe ist aus den exakten Werten bestimmt und dann ebenfalls auf Kilogramm gerundet. Dadurch können sich Abweichungen zur Summe der Einzelwerte ergeben.

⁸ Das integrierte Hüttenwerk deckt seinen Strombedarf durch die Verstromung der Kuppelgase im eigenen Kraftwerk und weist daher keinen Strombezug und somit auch keine Scope 2-Emissionen auf.

⁹ Unter Berücksichtigung der Gutschriften.

¹⁰ Stähle verschiedener Güten und Sorten liefern bei gleichem Schrotteinsatz deutlich unterschiedliche Emissionen. Eine Anpassung ausgehend von den festgelegten Referenzwerten ist daher zwingend nötig, wenn eine Bevor- oder Benachteiligung eines Anlagentyps ausgeschlossen werden soll. Die genaue Bestimmung der Anpassungen und spezifischer Anwendungsfälle müssen im Rulebook eindeutig festgelegt werden.

Die Referenzkurve D/E wird somit durch die Werte der virtuellen Referenzanlagen Integriertes Hüttenwerk (bei 20 % Schrotteinsatz) und EAF QST (bei 100 % Schrotteinsatz) charakterisiert.

Für den Übergang A/B wird konsequenterweise auf die gleiche Logik gesetzt. Hier sind jetzt DRI-EAF und EAF QST unter Stufe A Bedingungen ausschlaggebend für den Verlauf. Die Schrottquoten sind identisch wie bei D/E anzusetzen.

Für die Schwellenwerte zwischen den beiden beschriebenen Kurven werden keine eigenen Werte berechnet. Diese werden ausschließlich aus den Kurven A/B und D/E abgeleitet. Die Kurven werden so gelegt, dass bei definierter Schrottquote der Abstand von einer Stufe zur nächsten immer gleich ist. Die beiden zusätzlichen Geraden dritteln damit den Raum zwischen A/B und D/E für jede beliebige Schrottquote. Auch die Stufen B und C sind damit genau und technologieoffen definiert.

Dies ergibt den in der Abbildung dargestellten Vorschlag für Stufen und Referenzwerte für die Klassifizierung als „Sliding Scales“ in Abhängigkeit des Schrotteinsatzes.

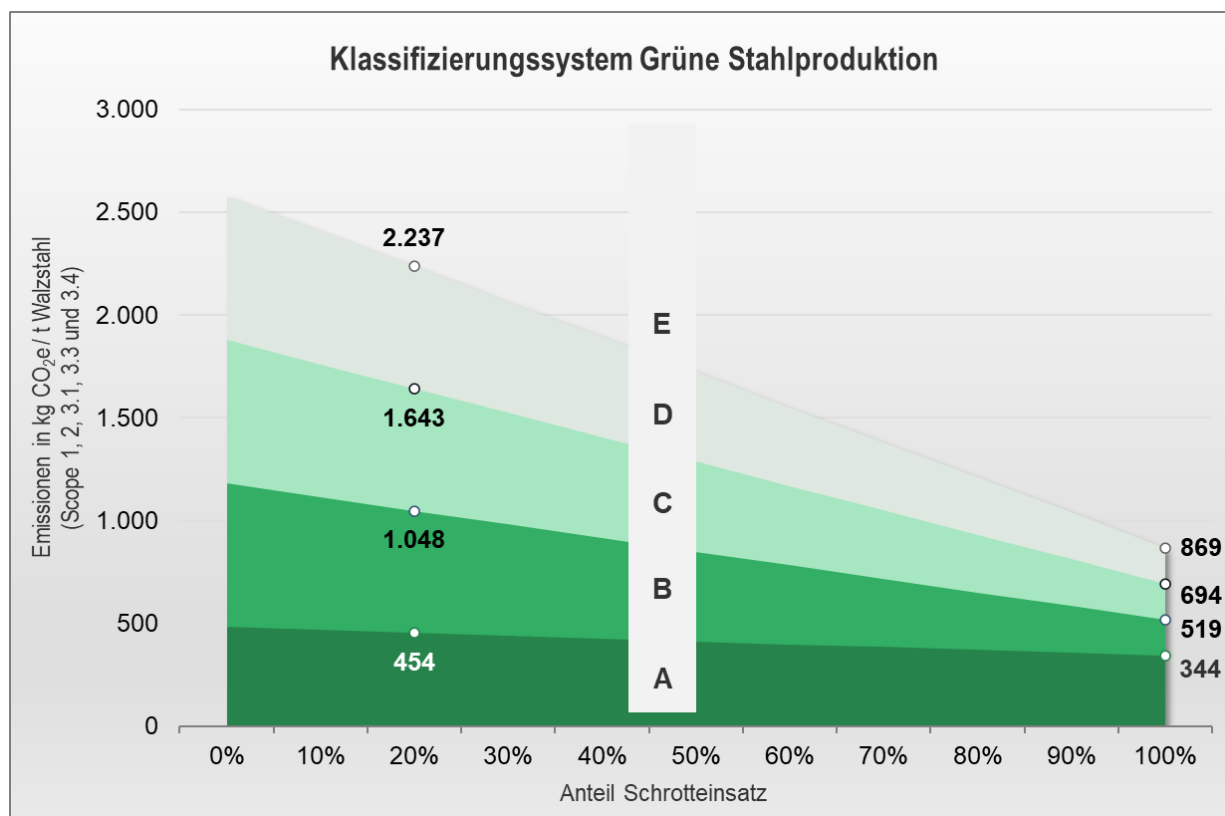


Abbildung 4: Vorschlag Klassifizierungssystem Grüne Stahlproduktion

Es wurde intensiv diskutiert, ob Ergebnisse aus dem DRI-Modell geeignet sind, um den Verlauf im mittleren Bereich des Schrotteinsatzes zu modellieren. Im Ergebnis hätte dies zu einem Kurvenverlauf mit steiler Steigung bei niedriger Schrottquote und flacher Steigung bei hoher Schrottquote geführt.

Im Zuge der Diskussion wurden diese Überlegungen allerdings verworfen. Die Direktreduktion ist bereits eine deutlich emissionsärmere Technologie als die klassische Primärroute. Bei einem Schrotteinsatz von 20 % liegen die DRI-Varianten deutlich unterhalb des Referenzwerts der integrierten Route. Diese sollten folgerichtig dann auch bei einer mittleren Schrottquote nicht den Übergang D/E darstellen, sondern besser positioniert sein.

Auch bei der Sekundärroute stellt der Einsatz von DRI bereits eine erhebliche Verbesserung dar und wird daher auch dort nicht als geeignete Wahl für den Verlauf D/E bewertet. Wird bei der Sekundärroute von Roheisen statt DRI ausgegangen, gleichen sich die Steigungen an beiden Enden des Spektrums an.

Darauf aufbauend ergibt sich die in obiger Abbildung enthaltene Gerade für den Kurvenverlauf. Dieser bildet den Verlauf ausreichend ab, ohne bestimmte Produktionsanlagen oder Fahrweisen außerordentlich zu begünstigen oder zu benachteiligen. Auch die Internationale Energieagentur IEA und Responsible Steel setzen auf Geraden in ihren Systemen. Dieser Verlauf sorgt daher zudem für Anschlussfähigkeit an deren Initiativen.

Abschließend ist nochmals darauf hinzuweisen, dass sich die obigen Referenzwerte auf virtuelle Referenzanlagen und definierte Güten beziehen.

3.6 Berechnung weiterer virtueller Referenzanlagen zur Abbildung möglicher Transformationsschritte

Die nachfolgenden Werte dienen der Einordnung möglicher Anlagenkonfigurationen in das Klassifizierungssystem. Diese haben im Gegensatz zu den Referenzwerten keine normative Wirkung für das System. Sie dienen lediglich der **Veranschaulichung und Abbildung denkbarer (Teil)Transformationen**. Die virtuellen Referenzanlagen sind nicht gleichzusetzen mit realen Werken bei vergleichbarem Transformationsstand. Abhängig von den tatsächlichen Energie- und Materialeinsätzen können deren Emissionen höher oder niedriger als die hier berechneten Werte liegen.

3.6.1 DRI-EAF

Sämtliche DRI-EAF Werte werden analog zum Integrierten Hüttenwerk bei einer Schrottquote von 20 % berechnet.

DRI-EAF auf Erdgasbasis

Ausgangsbasis der Berechnung ist eine DRI-Anlage auf Erdgasbasis. Dieser Produktionsweg bedeutet bereits eine erhebliche Emissionsminderung gegenüber der Hochofenroute. Hier liegen die Emissionen bei 1.585 kg CO₂e/t Walzstahl.

DRI-EAF mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff für Direktreduktion

Für diese Berechnung wird ausgehend vom Basismodell nur das Erdgas in der Direktreduktion durch regenerativ erzeugten Wasserstoff substituiert. Durch diesen Schritt resultieren Emissionen von 943 kg CO₂e/t Walzstahl.

3.6.2 DRI-SAF

Auch hier sind sämtliche Werte bei einem Schrotteinsatz von 20 % berechnet worden. Die Werte beinhalten eine Gutschrift von 135 kg CO₂e/t Walzstahl für Nebenprodukte aus dem SAF. Dabei wird davon ausgegangen, dass die anfallende Schlacke ähnliche Eigenschaften wie Hüttensand aufweist und daher analog als Ersatz für Zement dienen kann.

DRI-SAF auf Erdgasbasis

In der SAF-Variante kann eine erhebliche Reduktion der Emissionen im Vergleich zum integrierten Hüttenwerk erreicht werden. Hier betragen die Emissionen noch 1.630 kg CO₂e/t Walzstahl. Im Vergleich zu DRI-EAF liegt dieser Wert höher, was nahezu ausschließlich auf die größere Bedeutung der strombedingten Scope 2-Emissionen zurückzuführen ist (siehe unten Tabelle 2).

DRI-SAF mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff für DR

Entsprechend dem Fall der EAF-Variante wird hier nur der Erdgaseinsatz der Direktreduktion durch Wasserstoff substituiert. Die Emissionen sinken auf 932 kg CO₂e/t Walzstahl und sind dann etwas niedriger als bei DRI-EAF.

DRI-SAF unter Stufe A Bedingungen

Analog zur EAF-Variante werden sämtliche Punkte aus Kapitel 3.3.2 in der Berechnung umgesetzt. Die Emissionen belaufen sich damit auf 423 kg CO₂e/t Walzstahl.

Diese Berechnungen zeigen, dass sowohl mit DRI-EAF als auch DRI-SAF sehr ähnliche Werte erreicht werden und das Klassifizierungssystem technologieneutral funktionieren kann.

3.6.3 EAF Qualitätsstahl

Die Sekundärroute wird mit einer Schrottquote von 100 % berechnet.

EAF QST mit 50 % regenerativem Strom

Bei einer Deckung von 50 % des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien werden im Modell 711 kg CO₂e/t Walzstahl ausgestoßen.

EAF QST mit 100 % regenerativem Strom

Wird der komplette Strombedarf aus Erneuerbaren gedeckt, ergibt sich ein Ausstoß von 553 kg CO₂e/t Walzstahl.

EAF QST mit 100 % regenerativem Strom und Wasserstoff

Wird zusätzlich zum Einsatz von Grünstrom auch das Erdgas durch regenerativ erzeugten Wasserstoff substituiert, verursacht die virtuelle Anlage noch 434 kg CO₂e/t Walzstahl.

Nachfolgende Tabelle zeigt alle Berechnungen hierzu im Überblick.

Tabelle 2: Emissionen virtueller Referenzanlagen nach Scopes in kg CO₂e/t Walzstahl

Anlage	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Summe 1-3 ¹¹
DRI-EAF auf Erdgasbasis	740	324	521	1.585
DRI-EAF mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff für DR	127	324	492	943
DRI-SAF auf Erdgasbasis	731	373	526	1.630
DRI-SAF mit regenerativ erzeugtem Strom	731	0	499	1.230
DRI-SAF mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff für DR	70	373	489	932
DRI-SAF unter Stufe A Bedingungen	7	0	416	423
EAF QST 50 % regenerativer Strom	205	147	358	711
EAF QST 100 % regenerativer Strom	205	0	348	553
EAF QST 100 % regenerativer Strom + Wasserstoff	89	0	345	434

¹¹ Die Werte der einzelnen Scopes sind auf Kilogramm gerundet angegeben. Die Summe ist aus den exakten Werten bestimmt und dann ebenfalls auf Kilogramm gerundet. Dadurch können sich Abweichungen zur Summe der Einzelwerte ergeben.

3.7 Einordnung berechneter virtueller Referenzanlagen ins Klassifizierungssystem

Von besonderem Interesse ist, wo die in Kapitel 3.6 berechneten Werte im Klassifizierungssystem einzuordnen sind. Die unter 3.4 genannten Anlagen befinden sich auf den Schwellen D/E respektive A/B und sind damit der Stufe D respektive A zugeordnet.

Hierzu ist deutlich zu betonen, dass in diesem Bericht die Werte für die virtuellen Referenzanlagen enthalten sind. Es besteht damit immer die Möglichkeit, dass reale Produkte aus realen Anlagen abhängig vom Betrieb durch das produzierende Unternehmen niedrigere oder höhere Emissionen haben.¹²

Auf Seiten der Primärroute liegen sowohl DRI-EAF als auch DRI-SAF auf Erdgasbasis in Stufe C.

Zwar liegt DRI-SAF auf Erdgasbasis etwas über DRI-EAF, aber klar in Stufe C.

Das Klassifizierungssystem gibt damit klare Anreize dazu, in Direktreduktionsanlagen zu investieren, da nur diese das Erreichen von Stufe C auf der Primärroute ermöglichen. Damit ist sichergestellt, dass ein Erreichen der höheren Klassifizierungsstufe hier technologieoffen möglich ist.

Wenn die Direktreduktion auf klimaneutral erzeugtem Wasserstoff basiert, erfolgt bei beiden DRI-Varianten – ohne weitere Änderungen – eine Einordnung in die Klassifizierungsstufe B. Auch hier werden somit Anreize gesetzt, größere eigene Anstrengungen zur Emissionsreduktion zu unternehmen, ohne Abstriche bei der Technologieoffenheit vornehmen zu müssen.

Bei der Sekundärroute spielt erwartungsgemäß der Emissionsfaktor des eingesetzten Stroms eine maßgebliche Rolle für die Einstufung im Klassifizierungssystem. Dies ist auch der größte Hebel, den die Hersteller direkt beeinflussen können. Werden statt dem deutschen Strommix 50 % regenerativ erzeugter Strom angesetzt, nähert sich die virtuelle Anlage bereits stark der Schwelle zur Stufe C. Mit einer leichten zusätzlichen Erhöhung kann die Stufe C daher erreicht werden. Wird dagegen ausschließlich regenerativ erzeugter Strom eingesetzt, nähert man sich bereits dem Übergang zur Stufe B an. Um dieses zu erreichen, sind dann aber noch weitere Anstrengungen, etwa der Einsatz von Wasserstoff oder biogenen Kohlen, nötig.

¹² Besonders naheliegende Ansatzpunkte können zum Beispiel ein gezielter Einsatz (physisch oder bilanziell) von regenerativ erzeugtem Strom oder der (anteilige) Einsatz von Wasserstoff sein. Auch die absehbare Entwicklung im deutschen Strommix bis 2030 wird hier voraussichtlich entlastend wirken.

Die folgende Abbildung ordnet die oben genannten virtuellen Referenzanlagen in das Klassifizierungssystem ein.

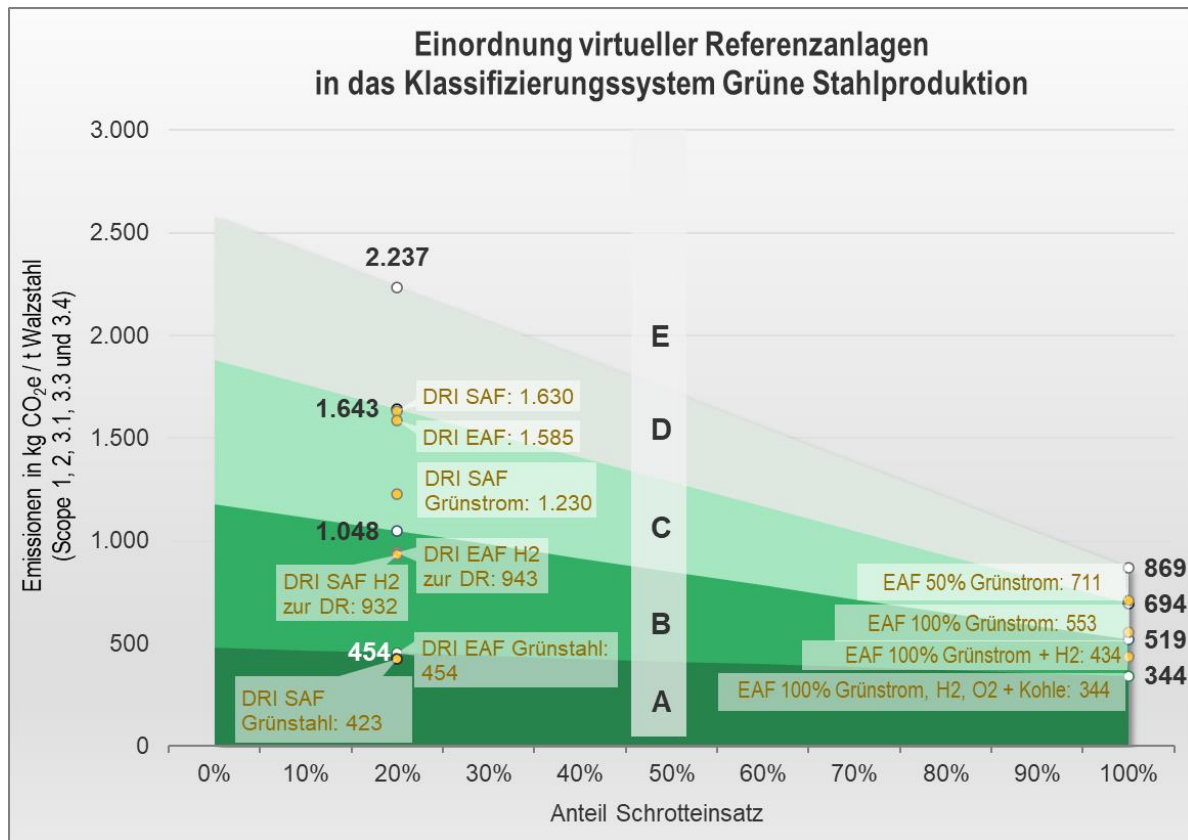


Abbildung 5: Einordnung virtueller Referenzanlagen in das Klassifizierungssystem Grüne Stahlproduktion

Die abgeleiteten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich mit Hilfe des hier vorgeschlagenen Ansatzes die stufenförmige Transformation der Stahlindustrie zur Klimaneutralität handhabbar abbilden lässt sowie wesentliche grundsätzliche Anforderungen an ein Klassifizierungssystem, wie einleitend in diesem Bericht dargestellt, erfüllt werden.

4. Vergleich mit ähnlichen Initiativen

Im Vergleich der vorliegenden Herangehensweise mit global diskutierten Modellen, zeigt sich eine ähnliche Einordnung von Referenzwerten in Abhängigkeit der Schrotteinsätze. Im Folgenden werden daher Gemeinsamkeiten und Unterschiede mit Fokus auf den Vorschlag der IEA betrachtet. Grundsätzlich beschreibt die Brancheninitiative Responsible Steel einen ähnlichen Weg zur Zertifizierung ganzheitlich nachhaltiger Produkte.

Ein direkter und exakter Vergleich der Werte des Klassifizierungssystems mit den Werten der IEA ist jedoch nicht möglich. Dies hat folgende Gründe:

Der Bilanzkreis dieses Klassifizierungssystems ist deutlich weiter als beim Vorschlag der IEA. Dort beziehen sich die Werte auf Rohstahl. Der hier dargestellte Ansatz inkludiert zusätzlich den Prozess des Warmwalzens. Auch ist der Einsatz von Legierungsmitteln, die Aufbereitung von Schrotten, die Herstellung eingesetzter Graphitelektroden, sowie die Upstream-Emissionen eingesetzter Energien (z.B. Erdgas) werden beim Vorschlag der IEA **nicht** berücksichtigt. Neben den energieseitigen Emissionen aus dem Warmwalzprozess an sich, erhöhen sich in der vorliegenden Betrachtung die Emissionen aus dem Stahlwerk, da Verschnitt und anderweitige Verluste im Warmwalzwerk berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus zieht der Ansatz der IEA engere Grenzen bei der Berücksichtigung der Scope 3-Emissionen.

Auf Seiten der Primärroute berücksichtigt der Ansatz der IEA, neben den genannten Unterschieden, keine Gutschriften. Wird das Modell der virtuellen Referenzanlage integriertes Hüttenwerk auf die Bedingungen der IEA, soweit nachvollziehbar, angepasst und das Abschneide Kriterium (Cut-Off) von 10 % herausgerechnet, weichen die Werte ca. 1 % voneinander ab. Eine wichtige Anpassung ist dabei das Umstellen des hier vorliegenden Berechnungsmodells von einer Schrottquote von 20 % auf 0 %, darüber hinaus wurden die Scope 3-Grenzen analog zur IEA angepasst und das Warmwalzwerk aus der Berechnung gestrichen. Da bei diesen Änderungen die Differenz auf die Größenordnung von 1 % schrumpft, kann eine Kompatibilität bei insgesamt höherer Genauigkeit festgestellt werden.

Werden die oben genannten Punkte auf Seiten der Sekundärroute für eine vergleichende Bewertung aus dem Modell für das Klassifizierungssystem heraus gerechnet, ergeben sich Werte in einer vergleichbaren Größenordnung von 420 kg CO₂e/t Rohstahl (Klassifizierungssystem) gegenüber 285 kg CO₂e/t Rohstahl (IEA). Die verbleibenden Unterschiede sind vor allem auf die Wertung der Emissionen aus dem Einsatz von (Brannt-)Kalk (etwa 50 kg CO₂e/t) und unterschiedliche Annahmen zum Kohleeinsatz zurückzuführen (etwa 70 kg CO₂e/t). Bezüglich des Kalks fährt die IEA einen Ansatz über den Einsatz von Kalkstein und Berechnung der bei der Nutzung anfallenden Emissionen, während dieses Modell vom in der Praxis dominanten Einsatz von Branntkalk ausgeht. Bezüglich des Kohleeinsatzes sind in den Modellen unterschiedliche Einsatzmengen hinterlegt. **Genauere Aussagen sind ohne eine Veröffentlichung der Datenbasis des IEA-Ansatzes nicht möglich.** Dabei gilt noch festzuhalten, dass der IEA-Ansatz einen **generalisierten** Wert für die Sekundärroute annimmt, der eher im Bereich zwischen Beton- und Qualitätsstahl anzusiedeln ist, während das hier beschriebene Modell explizit Qualitätsstahl betrachtet.

Während die IEA die „Near zero thresholds“ **Top-Down** aus externen Vorgaben ableitet, ist die vergleichbare Referenzschwelle A/B im vorliegenden Fall **Bottom-up** auf Basis möglicher Anlagenkonfigurationen und in den Unternehmen verfügbarer Informationen hergeleitet. Dies erleichtert die Berücksichtigung der tatsächlichen Praxis in den Stahlwerken. Durch die vorgesehene (siehe auch nächstes Kapitel) turnusgemäße Aktualisierung der Emissionswerte ergibt sich die Möglichkeit, Stufe A unabhängig von Teilen der Vorkette früher zu erreichen. Dafür werden die Anforderungen erhöht, wenn in der Vorkette entsprechende Minderungen erreicht werden.

Die größten Unterschiede der Systeme sind damit nachvollziehbar aufzulösen. Auch wenn gewisse Differenzen bestehen bleiben, sind die Systeme grundsätzlich vergleichbar und kompatibel. Der Ansatz der IEA bietet eine erste Diskussionsgrundlage und einen wichtigen Denkanstoß. Als solcher sollte er auch verstanden werden. Damit liefert er einen wichtigen Beitrag, um Aufmerksamkeit für die Notwendigkeit einer entsprechenden Einstufung zu schaffen und bietet Anknüpfungspunkte für ähnliche Initiativen – wie die der WV Stahl. Das vorliegende Modell ermöglicht durch die Offenlegung der Berechnungsgrundlagen und den erweiterten Bilanzierungshorizont darüber hinaus eine detailliertere Diskussion und zeichnet einen Weg vor, wie das Klassifizierungssystem unter Berücksichtigung realer Bedingungen fortentwickelt werden kann.

Mit Blick auf die Praxis – in der es notwendig werden wird, einzelne Produkte einer Stufe zuzuordnen – kann damit festgehalten werden, dass der hier vorgeschlagene Ansatz für das Klassifizierungssystem nicht nur vergleichbar dem Ansatz der IEA ist, sondern auch eine Fortentwicklung darstellt. Durch den anschließenden Rulebook-Prozess wird eine solide Grundlage für die Umsetzung der Klassifizierung in der Praxis geschaffen, die die Vergleichbarkeit der Einordnung unterschiedlicher Produkte gewährleistet. Dabei verhindert der hier entwickelte Ansatz sowohl eine routen- als auch eine gütenbezogene Diskriminierung einzelner Produkte.

5. Weitere Festlegungen für das Rulebook

Im Anschluss an die dargestellten Arbeiten muss die Ausarbeitung eines Rulebooks erfolgen, dass die Umsetzung des Klassifizierungssystems in der Praxis reglementiert. Dabei muss die Vergleichbarkeit der Ergebnisse unterschiedlicher Hersteller an oberster Stelle stehen und Greenwashing ausgeschlossen werden. In diesem Bericht wurden bereits wesentliche Festlegungen für das Rulebook getroffen, die bereits in den vorigen Kapiteln aufgeführt wurden. Darüber hinaus wurden weitere Punkte festgelegt, die im Rulebook dann entsprechend präzise ausformuliert werden müssen.

Die Einordnung realer Produkte in das Klassifizierungssystem müssen von einem **unabhängigen Prüfer** zertifiziert werden. Genaue Anforderungen an den Prüfer und die Prüfung sind im Rulebook festzuhalten.

Für höher legierte Güten als die definierten Referenzgüten wird ein Korrektursystem etabliert, das die höheren Emissionen durch die Verwendung zusätzlicher Legierungsmittel berücksichtigt. Durch die Korrektur wird ein Wert bestimmt, der „**äquivalent**“ ins Klassifizierungssystem eingeordnet werden kann, ohne die Kennlinien also Stufen zu verschieben. Das genaue Vorgehen muss im Rulebook-Prozess definiert werden. Die entsprechenden Korrekturen und zusätzlichen Emissionen müssen dem Prüfer nachgewiesen werden. Hierzu muss im Zuge des Rulebooks definiert und mit Beispielen hinterlegt werden, wie für den jeweiligen Einzelfall vorzugehen ist, um den Referenzwerten „äquivalente Werte“ zu ermitteln, die eine Einordnung z. B. eines Produktes höherer (oder ggf. auch niedrigerer) Güte in eine (höhere oder ggf. auch niedrigere) Klassifizierungsstufe zur Folge haben – auch dann, wenn der ermittelte äquivalente Wert über (ggf. auch unter) dem jeweils heranzuziehenden Referenzwert liegt. Ggf. kann auch festgelegt werden, dass diese äquivalenten Werte nur dann zu ermitteln sind, bzw. herangezogen werden sollen, wenn eine festzulegende Relevanzschwelle ggü. dem Prüfer nachweisbar erreicht wird. Energieeinsatzbedingte Korrekturen für die Sekundärroute sind im Rulebook-Prozess zu klären. Für die Primärroute wurden diese als irrelevant bewertet.

Das Vorgehen zur Anpassung an die **konkrete Anlagenkonfiguration** (z. B. keine eigene Kokerei oder kein Warmwalzwerk) muss beschrieben werden. Eine solche Anpassung ist zwingend nötig, wenn die reale Anlage vom Umfang der virtuellen Referenzanlage abweicht. Hierzu sind bereits Festlegungen erfolgt, insbesondere für die Primärroute (z. B. Berücksichtigung von zugekauftem Strom bei fehlender eigener energetischer Kuppelgasverwertung, Berücksichtigung von Koksbezug im Scope 3 bei fehlender eigener Kokerei).

Das Rulebook soll eine Liste an zu **verwendenden Emissionsfaktoren** für die eingesetzten Stoffe enthalten. Im Idealfall enthält das Rulebook eine Liste relevanter Emissionsfaktoren. Ist dies ggf. aus lizenzrechtlichen Gründen nicht möglich, so muss zumindest eindeutig definiert werden, welche Faktoren zu verwenden sind, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dennoch gilt auch hier der Grundsatz: Zertifizierte Primärdaten vor Sekundärdaten. Zertifizierte Product Carbon Footprints nach gängigen Standards haben gerade in der Vorkette Vorrang vor den gelisteten Emissionsfaktoren. Aber auch hier muss ein entsprechender Nachweis geführt werden. Dies schafft einen Anreiz für Aktivitäten der Branche zu Emissionsreduktionen auch in der eigenen Vorkette. Durch Auswahl von entsprechend emissionsfreundlichen Vorprodukten kann die eigene Einstufung im Klassifizierungssystem verbessert werden.

Eine **Teiltransformation** darf im Klassifizierungssystem abgebildet werden. Das bedeutet: Wenn ein Hersteller z. B. einen Hochofen durch eine Direktreduktionsanlage ersetzt, darf er für diesen Teil der Produktion ausschließlich Emissionen der Direktreduktion ansetzen und für die übrige Produktion die Emissionen der Hochofen. Ein Hersteller bietet damit Produkte mit unterschiedlichen Einstufungen im Klassifizierungssystem an. Die entsprechenden Mengen sind einem Prüfer nachvollziehbar darzulegen. Die Abbildung einer Teiltransformation auf diese Weise bedeutet, dass die übrige Produktion mit den tatsächlichen Emissionen der übrigen (konventionellen) Produktion bilanziert werden

muss. Es darf unter keinen Umständen zu einer doppelten Anrechnung von Minderungen kommen.

Um die Aktualität des Systems zu wahren und ggf. verallgemeinerbare Entwicklungen in der Vorkette von eingesetzten Materialien wie Legierungselementen zu berücksichtigen, sollte ein regelmäßiger Review des Systems (z. B. alle drei bis fünf Jahre) vorgesehen werden. Entsprechende Festlegungen sind im Rulebook-Prozess zu treffen. Die Referenzschwelle D/E sollte nicht angepasst werden. Um den eigenen Ambitionsanspruch aufrecht erhalten zu können, sind allerdings aus Sicht der Verfasser Anpassungen für Stufe A ggfs. geboten, insbesondere wenn verallgemeinerbar einbezogene Vorkettenemissionen für z. B. Kalk deutlich sinken sollten.

6. Abkürzungs-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

BOF	Basic Oxygen Furnace
CEM I	Portlandzement
DR	Direktreduktion
DRI	Direct Reduced Iron (Direktreduziertes Eisen)
EAF	Electric Arc Furnace
IEA	Internationale Energieagentur
LF	Ladle Furnace
PCI	Pulverised Coal Injection
SAF	Submerged Arc Furnace
QST	Qualitätsstahl
VD	Vacuum Degassing

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorschlag Klassifizierungsstufen Grüne Stahlproduktion.....	5
Abbildung 2: Bausteine des Labelsystems Grüner Stahl	7
Abbildung 3: Einbezogene Emissionen für das Klassifizierungssystem	11
Abbildung 4: Vorschlag Klassifizierungssystem Grüne Stahlproduktion	15
Abbildung 5: Einordnung virtueller Referenzanlagen in das Klassifizierungssystem Grüne Stahlproduktion.....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionen Referenzwerte unterteilt nach Scopes in kg CO ₂ e/t Walzstahl	14
Tabelle 2: Emissionen virtueller Referenzanlagen nach Scopes in kg CO ₂ e/t Walzstahl...	17