

Der Induktionsofen für die CO₂-neutrale Stahlproduktion der Zukunft

Markus Hagedorn, Marco Rische, Gerald Wimmer

2050 wollen Deutschland und die Europäische Union CO₂-neutral sein. Gleichzeitig besteht kurzfristiger Handlungsdruck durch das Ziel, die Emissionen bis 2030 auf 45 % des Niveaus von 1990 zu senken. Ein Schlüsselfeld ist dabei die Transformation der energieintensiven Industrien auf CO₂-arme und langfristig klimaneutrale Prozesse. In der Stahlwerkstechnik bietet das induktive Schmelzen von Stahlschrott- und Ferrolegierungen großes ökologisches und ökonomisches Potenzial zur Steigerung der Prozess- und Materialeffizienz.¹ Die Ergänzung des Portfolios von Primetals Technologies durch die ABP-Induktionsofen-Technologie ermöglicht eine neue, qualifizierte Bewertung des Themas.

¹ Vgl. https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:1b7492b1-15f5-401a-88f1-7ae488e0553f/SteelTalks%2520May%25202021_Asa%2520Ekdahl.pdf



65 t-Tiefenanlage mit 42 MW-Schmelzleistung bei TISCO in China (Quelle: ABP)

Megatrend CO₂-Reduktion

Die Eisen- und Stahlindustrie ist, nach der Zementindustrie, der zweitgrößte industrielle CO₂-Emittent. Als Verursacher von fast zehn Prozent der weltweiten Emissionen steht die Stahlindustrie unter Handlungsdruck.² Nach Ansicht von Experten der Eisen- und Stahlindustrie wird der weltweite Stahlbedarf weiterhin ansteigen. Viele Regierungen und Wirtschaftsunternehmen haben bis 2050 Reduzierungen der CO₂-Emissionen um 80 bis 95 Prozent vorgesehen. Demnach müssen die spezifischen CO₂-Emissionen der Stahlerzeugung sogar überproportional sinken. „Eine Reduzierung dieser Größe hat enorme Auswirkungen und wird die Stahlproduktion für immer verändern.“³

Der bisherige Weg über das Freikaufen durch Emissionszertifikate erweist sich somit als Sackgasse: Entsprechende Zertifikate verzeichnen starke Preissteigerungen, der Handel damit führt außerdem zu Imageschäden bei entsprechend agierenden Unternehmen. Investoren, Verbraucher und Beschäftigte erwarten laut McKinsey ein aktives Handeln mit tangiblen Maßnahmen zur CO₂-Reduktion, denn das Interesse an grünem Stahl wächst.⁴ Doch dieser Wandel ist aufwendig. Zur Erreichung des EU-Klimaziels kalkuliert ArcelorMittal mit Kosten von rund 40 Milliarden Euro.⁵ Beim größten deutscher Stahlerzeuger, thyssenkrupp, sind die kalkulierten 10 Milliarden Euro, zur klimaneutralen Umstellung seiner Stahlproduktion bis 2050, bereits budgetiert.⁶ Mittel- bis langfristig erscheint die Erzeu-

² Vgl. <https://www.woodmac.com/news/opinion/how-green-can-steel-go--and-what-does-it-mean-for-coal-and-iron-ore/>

³ <https://www.primetals.com/de/news-media/metals-magazine/issue-02-2020/what-if>

⁴ <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/decarbonization-challenge-for-steel>

⁵ <https://www.ft.com/content/571b99b9-e48a-4a30-a2db-f45880560ba3>

⁶ <https://www.handelsblatt.com/english/companies/green-energy-thyssenkrupp-steels-itself-for-a-carbon-free-future/23894808.html>

gung von grünem Stahl auf Basis von Eisenerz und grünem Wasserstoff als Mittel der Wahl. Aktuell ist diese noch vier Mal so teuer wie herkömmlicher Stahl.⁷ Technische Entwicklungen, wie das HYFOR Projekt in Donawitz, bei welchem voestalpine, Primetals Technologies und weitere Projektpartner aktuell die Direktreduktion von Feinerzen im Demonstrationsmaßstab erfolgreich umsetzen, sowie zunehmend sinkende Preise für grünen Wasserstoff, verändern diese Rechnung jedoch in Richtung des „grünen Stahls“.

Neben diesen technologisch revolutionären Veränderungen erfordert der politische Handlungsdruck jedoch, weitere kurzfristig realisierbare Optionen für eine umweltgerechtere Stahlproduktion. Eine Option ist die Einbindung von Hochleistungsinduktionsöfen als ökologisch und ökonomisch effizientester Schluss der Stahl-Kreislaufwirtschaft in integrierten Stahlwerksrouten.

Merkmale des Induktionsofens in der Stahlproduktion

Für den industriellen Einsatz von Induktionsöfen gibt es zwei Haupttypen - den Induktions-Rinnenofen und den -Tiegelofen.

Als leistungsstarkes Schmelzaggregat für Eisenwerkstoffe hat der Rinnenofen inzwischen nur noch untergeordnete Bedeutung, sodass man sich auf den Tiegelofen fokussieren kann. Hauptkomponenten sind die Stromversorgungseinheit (mit Transformator, Frequenzumrichter und Kondensatorbatterie), der mechanische Ofenkörper, das Chargiersystem, die primären und sekundären Kühlsysteme der Stromversorgung und des Ofenkörpers, die Rauchgasabsaugung sowie das Leitsystem für die Prozesssteuerung (**Bild 1**).⁸ Der Tiegelofen ist ein Schmelzaggregat, das aus dem Feuerfesttiegel, der ihn umgebenden Spule und aus einem tragenden Stahlgerüst besteht. Die von Wechselstrom durchflossene Spule erzeugt ein elektromagnetisches Feld, das direkt im metallischen Schmelzgut Wirbelströme induziert, die nach dem Joule'schen Gesetz zur Erwärmung und schließlich zum Schmelzen der Einsatzstoffe führen. Der gesamthafte Wirkungsgrad auf der Mittelspannungsebene liegt bei ca. 75 %, d.h. 530 kWh/t Stahl.⁹

8 Dötsch, E.: Induktives Schmelzen und Warmhalten. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 2009, S. 15-53

9 Vgl. Dötsch, E.: Induktives Schmelzen und Warmhalten. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 2009, S. 7-11

7 Vgl. https://rp-online.de/wirtschaft/unternehmen/thyssenkrupp-hofft-auf-klima-milliarden-vom-staat_aid-60154829

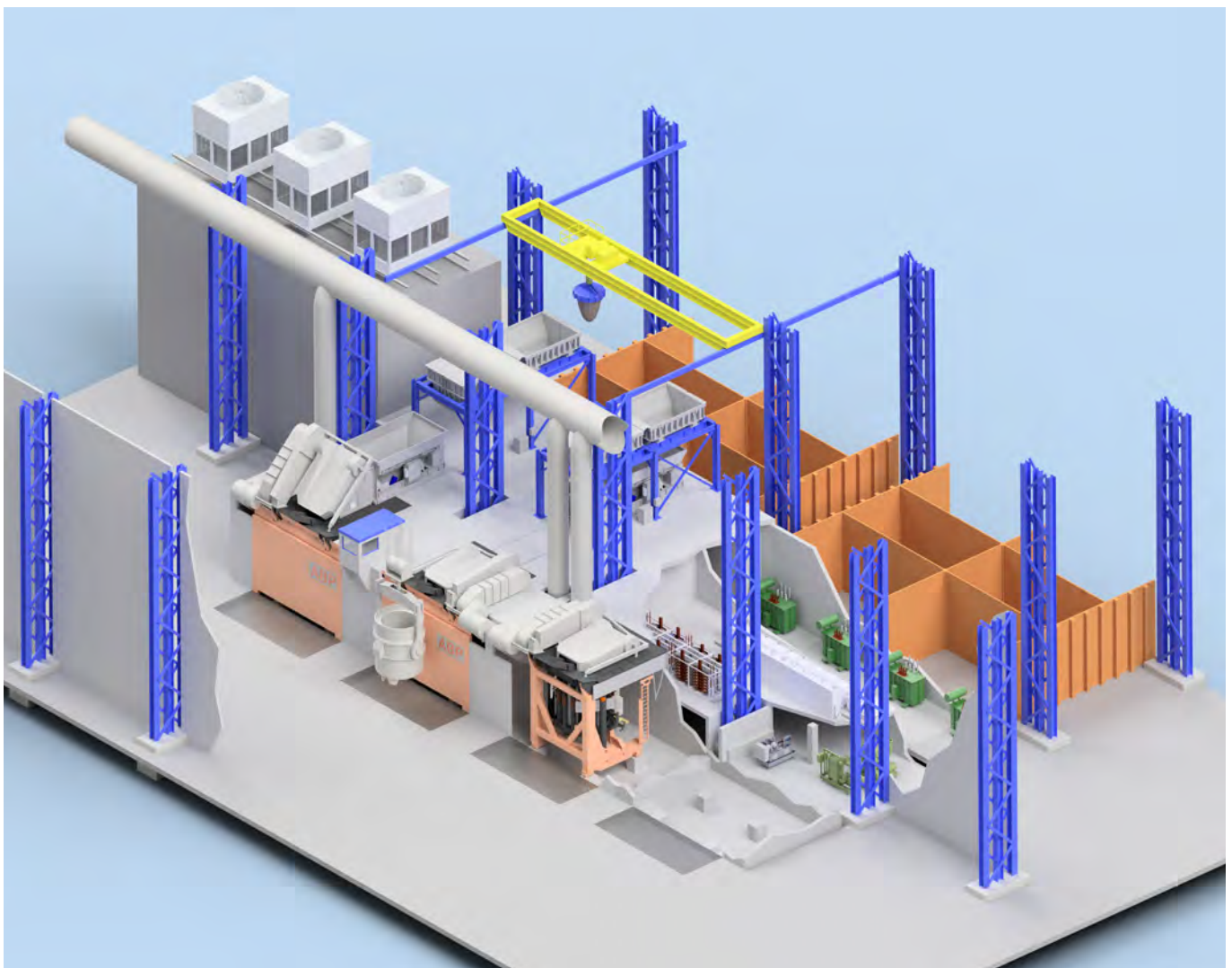


Bild 1: Aufbau einer Induktionsschmelzanlage (Quelle: ABP)

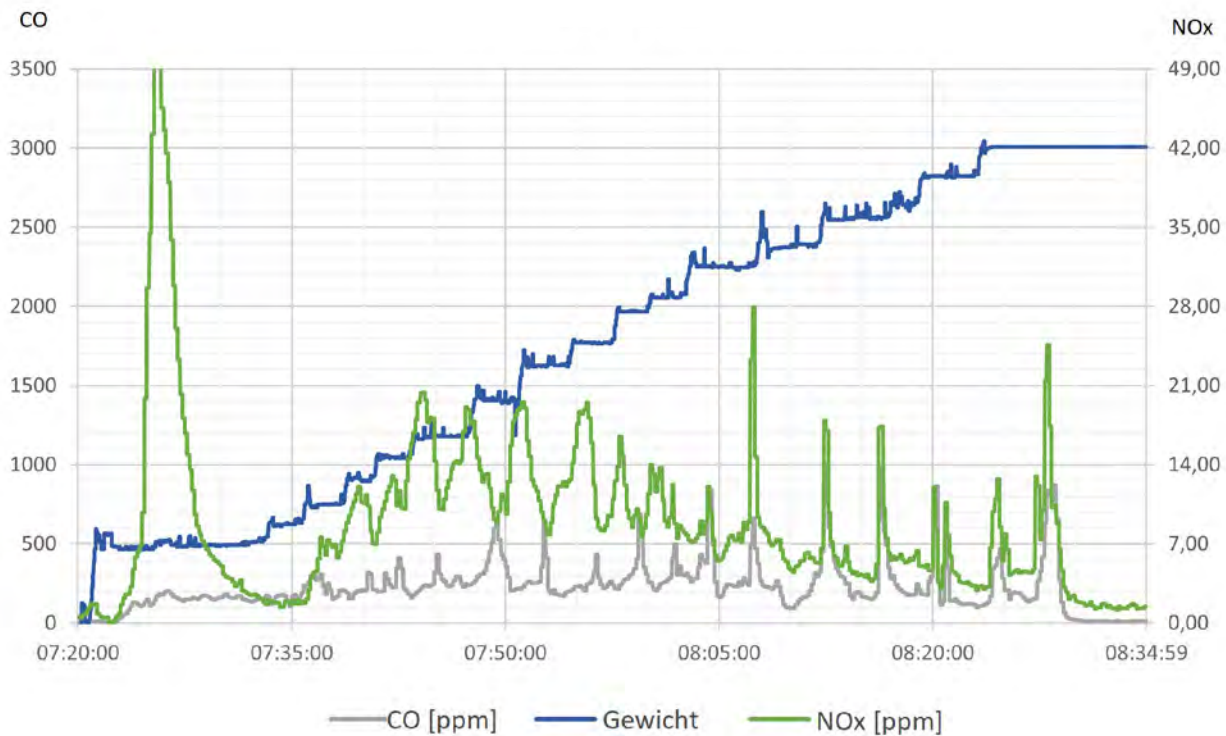


Bild 2: Messungen der CO/NOx-Emissionen an einem Induktionsofen beim Einsatz von Schredderschrott (Quelle: ABP)

Der Energieeintrag im Induktionsofen basiert ausschließlich auf elektrischer Energie. Wärme wird direkt im Schmelzgut erzeugt und durch die elektromagnetische Badbewegung gleichmäßig verteilt, ohne starke lokale Überhitzungen. Der Einsatz von chemischen Energieträgern wie Sauerstoff, Kohlenstoff oder Erdgas ist zur Prozessführung oder -kontrolle nicht erforderlich.¹⁰ Die in konventionellen Stahlerzeugungsöfen anfallenden Emissionen entstehen daher im Induktionsofen nicht. Weitere Vorteile der überhitzungsfreien Energieübertragung bestehen darin, dass die Gasaufnahme aus der Atmosphäre stark eingeschränkt wird sowie Verschlackung und Abbrand der Einsatz- und Legierungsstoffe minimal sind.¹¹

Damit verursacht das Prinzip des induktiven Schmelzens sehr geringe CO₂-Emissionen.¹² Das Verfahren ist zu 100 % elektrisch und bietet so maximales Potenzial zur direkten Emissionsvermeidung (Carbon Direct Avoidance – CDA). Messungen ergaben spezifische Emissionen zwischen 0,8 kg CO₂/t Flüssigstahl für weitgehend sauberes Einsatzmaterial und 11 kg CO₂/t Stahl, durch Abbrand organischer Schrottbestandteile von marktüblichem Schredderschrott (**Bild 2**). Auch die Stickoxidbelastung (NOx) durch den Induktionsofen ist, bei optimierter Absaugung, minimal.¹³ Ebenso liegen die Aufwände für Deponierung oder Aufbereitung von Schlacken und Stäuben aufgrund des geringen Anfalls, sowie die Entstehung

gefährlicher Gase wie SO_x und CO unter denen vergleichbarer Systeme und in direkter Korrelation zu den eingesetzten Materialien.

Unter dem Einsatz sauberen Stahlschrotts und der Induktionsofen-Technologie ist es also möglich, Stahl zu erzeugen unter vollständiger Vermeidung von Scope-1-Emissionen (**Bild 3**). Die Menge an CO₂ pro Tonne Stahl gemäß Scope 2 basieren folglich ausschließlich auf den Emissionen der Stromproduktion und -verteilung. Zur Einbindung des Induktionsofens ist es notwendig, die Produktionsrouten anzupassen, das heißt den Anteil des Roheisens über die Hochofenroute zu verringern und den Anteil der zu verarbeiteten Schrottmengen zu erhöhen.

Gründe für den Einsatz von Induktionsofen

Neben der ökologischen Perspektive gibt es auch eine ökonomische: Die Verwendung der Induktionsofen-Technologie gilt aktuell als die kostengünstigste Umwandlung von festem Einsatzmaterial in Flüssigstahl. Dadurch eignet sich der Induktionsofen perfekt als komplementäre Ergänzung bestehender Stahlwerksinfrastruktur zur nachhaltigen Erhöhung der Schrottrate. Dazu ist neben einer stahlwerksoptimierten Induktionsofentechnik die intelligente Integration und entsprechende metallurgische Optimierung bestehender Prozessanlagen und Prozessrouten zu einem nahtlosen Prozess von höchster Bedeutung.

Die infrastrukturellen Anforderungen des Induktionsofens sind vergleichsweise gering. Aufgrund des hohen elektrischen Leistungsfaktors $\cos(\varphi)$ zwischen 0,9 und 0,95 sowie den vielfach geringeren Netzzrückwirkungen durch Oberschwingungen und Lastwechsel ist die elektrische Anbindung schnell realisierbar und aufwandsarm. Kurzzeitige Lastwechsel des Induktionsofens sind steuerbar, und auch die Einbindung in

10 Vgl. Hagedorn, M.; Wimmer, G.: Induction furnaces for CO₂-neutral steel production; presentation at ESTAD 2021, August 2021

11 Vgl. Dötsch, E.: Induktives Schmelzen und Warmhalten. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 2009, S. 7–11

12 Dötsch, E.: Induktives Schmelzen und Warmhalten: Grundlagen/Anlagenaufbau/Verfahrenstechnik, 2018

13 Kramm, B.: Versuchsbericht zur Abgasmessung am Induktionsofen, 2020

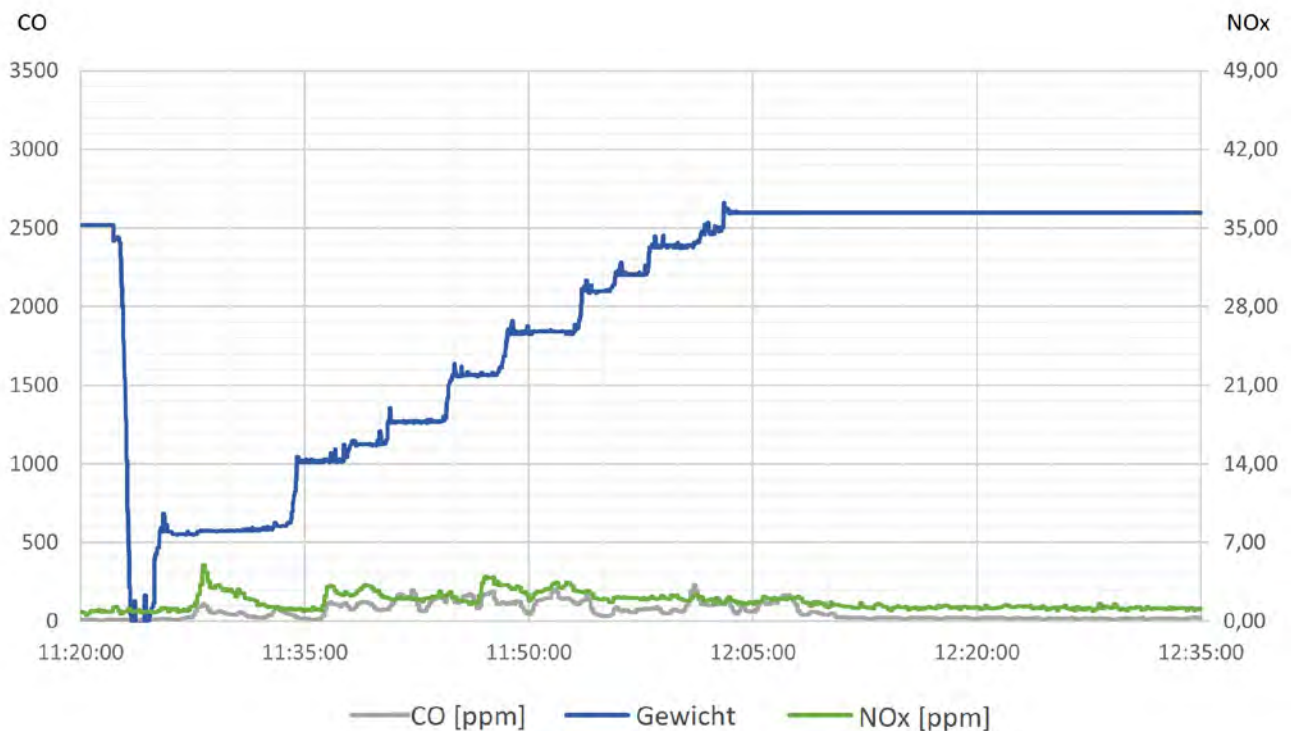


Bild 3: Messungen der CO/NOx-Emissionen an einem Induktionsofen beim Einsatz von sauberem Stahlschrott (Quelle: ABP)

zukünftig stärker fluktuierende Energieverteilnetze ist aufgrund der hervorragenden Regelbarkeit der gewünschten Leistungsaufnahme bedenkenlos machbar. Dazu benötigt der Induktionsofen für kleine Jahrestonnagen aufgrund seiner modularen und kompakten Bauform deutlich weniger Bau- raum und geringe Fundamentlasten. Das Rückkühlsystem ist als integriertes Aggregat lieferbar, ein komplexer Ausbau der Gas- oder Sauerstoffwirtschaft wird nicht benötigt und die geringen Absaugvolumen lassen sich im besten Fall in vorhandene Absauganlagen einbinden.

Die Effekte sind schon heute sichtbar: Der Marktanteil der induktiven Rohstahlerzeugung hat sich in den letzten Jahren verdoppelt, jedoch primär in Entwicklungs- und Schwellen- ländern.¹⁴ Gründe dafür sind u.a. die vormals rudimentäre Automatisierung, Größen- und Leistungsbeschränkungen sowie die Restriktionen für Reduktionsmetallurgie.¹⁵ Basie- rend auf den bestehenden Betriebserfahrungen, u.a. im größten Induktionsschmelzbetrieb bei TISCO, VR China, mit 180 t Flüssigmaterial/Stunde¹⁶, hat ABP Induction die IFM- S-Ofenanlage weiter für die Anforderungen der effizienten Stahlproduktion in modernen Hochleistungsstahlwerken optimiert. Der IFM-S-Ofen von ABP ist für den zuverlässigen, sicheren und hochautomatisierten Betrieb über mehr als 7.200 jährliche Produktionsstunden optimiert. „Induktions- öfen werden immer leistungsstärker und werden damit jetzt

zunehmend das Mittel der Wahl sein, wenn es darum geht, klimaneutralen Stahl zu produzieren“, bestätigt ABP CEO Till Schreiter. Mit der bestehenden Technologie lassen sich durch zwei aktive Hochleistungsöfen Tap-to-Tap-Zeiten unter 35 Minuten und Produktionskapazitäten bis zu 900.000 t/Jahr pro Anlage zuverlässig erreichen.

Die hohe metallurgische Ausbringung von 98 bis 100 Pro- zent ist ein Kernargument für die wirtschaftliche Überlegen- heit des Induktionsofens für das Recycling von Stahlschrott. Preiswerte Einsatzmaterialien, wie z.B. großvolumige Spei- serreste oder Bearbeitungsspäne lassen sich ebenfalls mit minimalen metallurgischen Verlusten recyceln. Werks- oder konzernintern geschlossene Stoffkreisläufe sorgen dabei für minimale außerbetriebliche Transport und Logistikaufwände.

Durch die äußerst geringen Mengen von Schlacken und Stäuben entfallen zusätzliche Kosten für die Wiederverwer- tung oder Deponierung. Dazu kommt der Vorteil des nahezu vollständigen Erhalts des Silizium- und Mangangehaltes z.B. in niedriglegierten Hochleistungsstählen bis zu Konstruktions- stählen. Dies wird von stetiger Bedeutung sein, aufgrund der sich zunehmend verknappenden Manganvorkommen und der stark steigenden Nachfrage nach Silizium durch dessen wachsende Bedeutung in der Elektroindustrie.

Erste Ansätze und Perspektiven

Die Erhöhung der Schrottrate bei der Stahlerzeugung in der integrierten Route ist eine vielversprechende Lösung, die ein- fach zu implementieren ist und bereits kurzfristig eine erste Reduktion der CO₂-Emissionen erlaubt. Es gibt zahlreiche Varianten, wie ein Induktionstiegelofen in eine bestehende integrierte Hütte eingebunden werden kann, um diese Erhö- hung der Schrottrate zu erreichen (**Bild 4**).

14 <https://www.oecd.org/industry/ind/latest-developments-in-steelmaking-capaci-ty-2020.pdf>

15 Koblenzer, H.; Vucinic, B.: Induction furnace versus electric arc furnace in steelmaking process; advantages and disadvantages, in SEASI quarterly 46-2; 2017, p. 6-13

16 Liu, S.: Induction Furnace in Stainless Steel Making Application, in 17th ABP Induc- tion Conference, 2013, p. 4.1 - 4.9

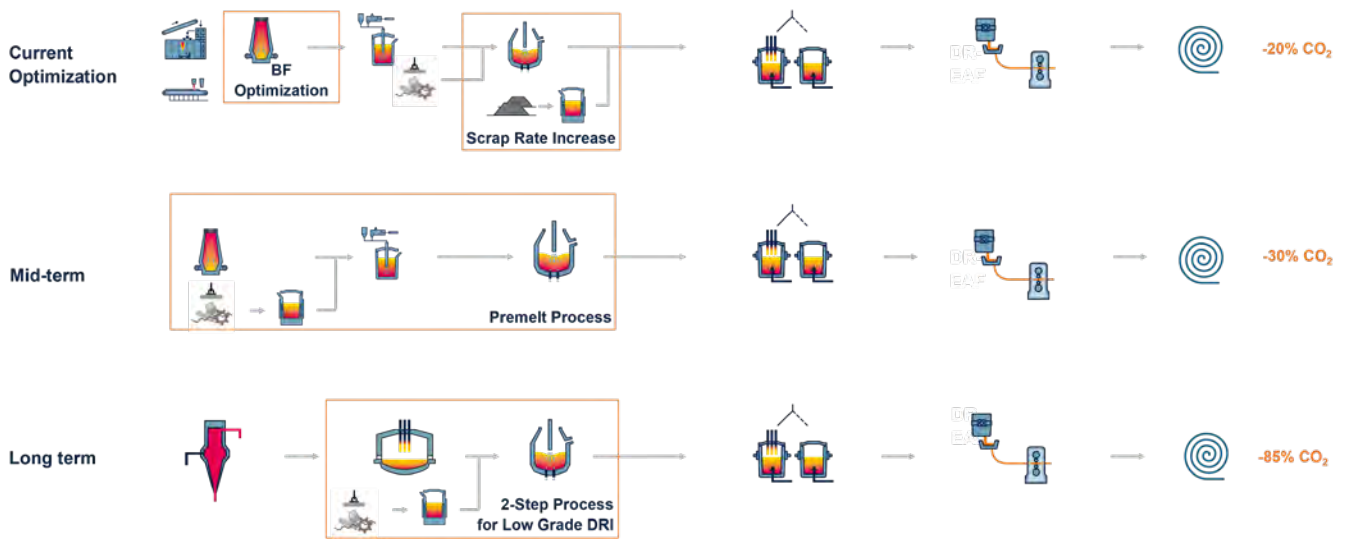


Bild 4: Darstellung der integrierten Routen zur Stahlherstellung (Quelle: Primetals)

Die zuvor genannte Direktreduktion durch Wasserstoff ermöglicht bei qualifizierten, also hochwertigen Eisenerzen ein Erschmelzen des direkt reduzierten Eisens (DRI) im Elektrolichtbogenofen. Um eine großflächige Umstellung der Hochofenprozesse auf die Direktreduktionstechnologie zu ermöglichen, ist jedoch auch die Verwendung von Eisenerzen mit geringeren Eisengehalten unabdingbar. Dazu ist ein sogenannter „2-Schritt-Prozess“ notwendig, indem zunächst das Eisenerz im Schmelzer aufgeschmolzen und dann im BOF-Konverter weiterverarbeitet wird (**Bild 5**). Aufgrund der notwendigen reduzierenden Atmosphäre im Schmelzer und den geringen Kohlenstoffanteilen des aufgeschmolzenen DRIs, ist dieser Prozess ebenfalls sehr emissionsarm. Um relevante Anteile an Schrott oder Ferrolegierungen ebenso emissionsarm zu erschmelzen, ist ein separates

und für entsprechende Mengen und Zusammensetzungen optimiertes Schmelzaggregat notwendig.

Im Induktionstiegelofen ist jede Art von klassifiziertem Schrott physikalisch gut einschmelzbar, da ein hoher Anteil der Wärmeübertragung auf interner Transmission beruht. Für die Zuführung von Teilen mit großen Stückgrößen und die Absaugung möglicher Verbrennungen von Reststoffen bietet ABP Induction intelligente Lösungen an. Insbesondere im Falle eines nachgelagerten Veredelungsprozesses, beispielsweise im BOF-Konverter (**Bild 4**), ist eine Verwendung preiswerter Einsatzmaterialien mit entsprechenden nicht metallischen Reststoffen häufig wirtschaftlich darstellbar.

Im besten Fall wird das Material jedoch bereits vor dem Einbringen in die metallurgischen Aggregate weitgehend aufbereitet, metallurgisch klassifiziert und sortiert.

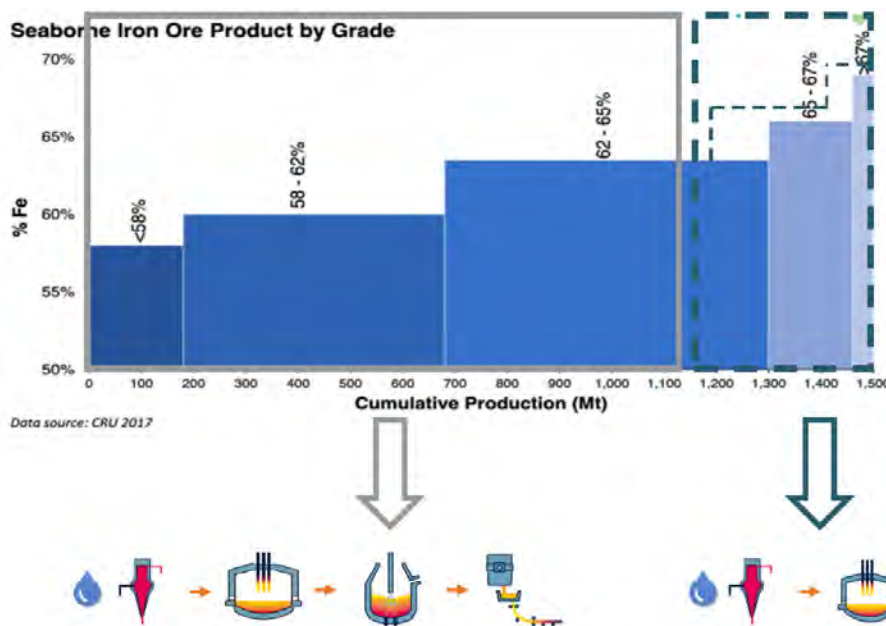


Bild 5: Routen der Direktreduktionstechnologie unter Verwendung von Eisenerzen mit verschiedenen Eisengehalten

(Quelle: Primetals)

Dieses simple Prinzip gilt für den Induktionsofen ebenso wie für alle anderen metallurgischen Prozessaggregate. Die Sortierung ist durch die geringen metallurgischen Eingriffsmöglichkeiten im Induktionsofen jedoch von höherer Bedeutung. So lassen sich im Induktionsofen ein minimaler Materialeinsatz, optimaler Erhalt der erwünschten Legierungselemente und geringstmögliche Umwandlungskosten erreichen. Der Recyclingwirtschaft kommt dabei überragende Bedeutung zu, die Stahlwerkstransformation durch komplementäre Maßnahmen zu



Bild 6: Jahresproduktionsmenge unterschiedlicher Ofengrößen für Ofenanlagen mit einem und zwei aktiven Aggregaten (Quelle: ABP)

begleiten. Technische Lösungen dazu sind bereits existent und für die entsprechenden Tonnagen wirtschaftlich umsetzbar. „Berücksichtigt man die heutige Versorgung der Hütten mit Eigen- und Zukaufschrott, entsteht ein Schrottmehrbedarf zur Produktion von HSR (Hochleistungs-Sekundärrohstoffen) in der Größenordnung zwischen sechs und acht Millionen Tonnen je nach Modell. Der entspricht in etwa dem jährlichen deutschen Stahlschrottexport.¹⁷

Für den Einsatz im Stahlwerk besteht die Notwendigkeit von Schmelzaggregate mit großen Fassungsvermögen und hohen spezifischen Leistungen. Die leistungsstärksten Induktionsöfen Europas sind von ABP entwickelt, produziert und installiert worden. Beim italienischen Edelstahlhersteller ASONext läuft seit mehreren Jahren ein 40-t-Induktionsofen mit einer Anschlussleistung von 18 MW, eine weitere 18-MW-Anlage ist kürzlich in Frankreich verkauft worden. In dieser Leistungsklasse sind mehr als 20 ABP-Induktionstiegelöfen in Europa in Betrieb. Basierend auf der vollautomatisierten Leistungselektronik und der hohen Kompetenz in Prozess- und Elektrotechnik sind durch ABP weltweit Leistungen bis 42 MW pro Schmelzanlage erfolgreich realisiert worden.

Als Marktführer in der Digitalisierung induktiver Schmelzanlagen ist die ABP Induction ebenfalls kompetenter Ansprechpartner für die Automation der Prozesssteuerung. Basierend auf dem Level-1-Schmelzprozessor PRODAPT® Enterprise und dem Level-2-myABP-System bestehen vielfältige Automations- und Integrationsmöglichkeiten. Die Betriebsdaten und -zustände werden im myABP-Portal erfasst und für einen zielgerichteten Datenaustausch mit dem Plant-Management-System aufbereitet. Erweiterungsmöglichkeiten mit verschiedenen Applikationen oder das patentierte Opti-Charge-System sind maßgeschneidert für den hochautomatisierten Betrieb im Stahlwerk. Die Applikationen speichern die Betriebsparameter und schicken erfahrungs- und KI-basierte Vorschläge zur Optimierung der metallurgischen Prozessfüh-

rung an die Mitarbeiter. Indem die Betriebsparameter fortlaufend dokumentiert werden, baut sich die Software einen stetig wachsenden Datensatz auf. Das patentierte ABP-OptiCharge-System erfasst die technischen Ofenparameter über die digitale Umrichtersteuerung (DICU 3) für die energieeffiziente Chargierung. Mithilfe dieses innovativen Steuerungssystems und entsprechendem Chargierequipment lassen sich im täglichen Produktionsbetrieb messbare Energieeinsparungen und Produktionssteigerungen gegenüber einer ungesteuerten Chargierung realisieren. Alle Applikationen sind ‚on-premise‘ sicher im Werk verfügbar, können bei Bedarf aber gleichfalls als Cloud-Anwendungen genutzt werden.

Zusammen bieten Primetals Technologies und ABP Induction vollumfängliche Kompetenzen in der metallurgischen Einbindung und Gesamtprozessoptimierung sowie der optimierten Auslegung kundenspezifischer Induktionsofenanlagen. Als Komplettanbieter und Serviceprovider modernster Stahlwerkstechnologien ist Primetals Technologies der kompetente Ansprechpartner zur Untersuchung der jeweiligen Wirtschaftlichkeit einer Induktionsofenanlage und zum Vergleich mit alternativen Technologien. Unterstützt wird dieses Know-how durch entsprechende Planungssoftware für Materialfluss, Metallurgie, Energie- und Stoffbilanzen sowie Prozesssimulation. Dazu zählt der von ABP entwickelte Meltshop-Designer, welcher die Auslegung der Induktionsschmelzanlage anhand der Anforderungen des Gesamtprozesses in der Planungsphase optimiert. Mit dem Tool können Simulationen für Stahlwerksanforderungen durchgeführt werden, um Materialfluss zu analysieren und optimieren. In Kombination mit dem m.simtop Toolset der Primetals Technologies ergibt sich für den Stahlwerksbetreiber eine integrierte Planung bereits in den frühen Konzeptphasen. Das bestätigt auch Stefan Fellner, Primetals Vice President Plant Solutions: „Mit den Möglichkeiten der ABP Induction haben wir eine bedeutende komplementäre Technologie in unser Portfolio bekommen. Durch die Integration haben wir die Möglichkeit unseren Kunden hochwertige technische Lösungen mit Induktionsschmelzanlagen aus einer Hand anzubieten.“

17 Vgl. Pillkahn, H.-B.: Transformation des Stahlrecyclings, Recycling Magazin 5/2021, Seite 40-41

Natürgemäß gibt es nicht die eine Lösung für alle Stahlproduktionsumgebungen. Im Umfeld hochlegierter Werkstoffe oder bei kleinen Jahrestonnagen sind alleinstehende Induktionsofenanlagen hochwirtschaftliche Alternativen (**Bild 6**). Bei der Umstellung integrierter Werke zu einer CO₂-neutralen Stahlindustrie ist ein gesamthafter Vergleich der oben beschriebenen Lösungen mit weiteren Aggregaten aus dem breit aufgestellten Portfolio von Primetals Technologies zielführend. Insbesondere in der aktuellen Übergangsphase ist die ABP-Induktionsofentechnologie eine gute Möglichkeit, um in kurzer Frist substanzielle CO₂-Reduktionen zu erreichen.

FAZIT

Der Wandel der Stahlindustrie ist im vollen Lauf. Regierungen, Investoren und Kunden beschleunigen diesen aufgrund des zunehmenden Drucks für kurz-, mittel- und langfristig umweltgerechtere Lösungen. Mit optimierten Hochleistungsinduktionsöfen lässt sich bereits heute die Umweltbelastung der Stahlerzeugung kurzfristig reduzieren. Langfristig besteht im komplementären Gebrauch des Induktionsofens zu einer innovativen Direktreduktionsanlage, wie z.B. dem HYFOR Prozess, eine Möglichkeit den Rohstoff Stahlschrott effizient zu recyceln. Über die Wirtschaftlichkeit und den ökologischen Wert dieser Investition entscheidet eine optimale metallurgische und logistische Planung. Mit der entsprechenden Simulations- und Planungssoftware, aber insbesondere mit dem kombinierten Know-how und Erfahrungsschatz können Primetals Technologies und ABP Induction erstmalig Lösungen mit Induktionsschmelzanlagen ganzheitlich integrieren.

Autoren



Markus Hagedorn

Sales Manager System Business
ABP Induction Systems GmbH, Dortmund.
Kontakt: markus.hagedorn@abpinduction.com



Dr. Marco Rische

Director System Business
ABP Induction Systems GmbH, Dortmund.
Kontakt: marco.rische@abpinduction.com



Dr. Gerald Wimmer

Vice President Converter Steelmaking
Primetals Technologies Austria GmbH, Linz.
Kontakt: gerald.wimmer@primetals.com

stahl-punkt.de
Hier geht's lang!

