

Die Zukunft von grünem Stahl beginnt in Leoben

Forschung. Weltweit werden pro Jahr 1,8 Milliarden Tonnen Stahl produziert, wobei rund die doppelte Menge an CO₂-Emissionen anfällt. An der Montanuniversität Leoben wird an der „Stahlrevolution“, der Herstellung von grünem Stahl mittels neuer Verfahren, geforscht.

Stahl verwendet jeder Mensch und das täglich. Er begleitet uns oft, ohne dass wir es bewusst wahrnehmen. Dennoch hat Stahl zum Teil ein schlechtes Image. Dabei wird übersehen, dass Stahl sehr langlebig, vollständig recycelbar und etwa beim Bau von Windrädern, Wasserstofftanks oder Elektroautos für die Energiewende essenziell ist. Die Herausforderung ist nicht, Stahl zu ersetzen, sondern ihn nachhaltiger zu produzieren und intelligenter einzusetzen. Smarte Lösungen für diesen Bereich stammen von der Montanuniversität Leoben. Im Rahmen des Innovationsforums von „Die Presse“ beleuchtete Michael Kötritsch mit Susanne Michelic, Leiterin des Lehrstuhls für Eisen- und Stahlmetallurgie und des Christian Doppler Labors für Einschlussmetallurgie, und Daniel Ernst, Inhaber des Lehrstuhls für Eisen- und Stahlmetallurgie, die heutigen Möglichkeiten in der Stahlproduktion und die Rolle der Montanuniversität Leoben als österreichische Innovationsuniversität.

Unverzichtbarer Werkstoff

Die Herstellung von Stahl wird mit einem hohen Energiebedarf und damit mit hohen CO₂-Emissionen assoziiert. „Unsere heutige Gesellschaft würde ohne Stahl ganz anders aussehen und wir können auf diesen Werkstoff eigentlich nicht verzichten“, unterstreicht Susanne Michelic. „Er zeichnet sich durch seine Diversität und die Vielfalt an Eigenschaften aus, wodurch sehr viele unterschiedliche Anwendungen möglich sind.“ Einzigartig und unverzichtbar wird Stahl durch seine Eigenschaften, durch das Zusammenspiel von Festigkeit und Zähigkeit. Dennoch bleibt ein übler Beigeschmack – die sehr hohen CO₂-Emissionen bei der Produktion. Derzeit werden global 1,8 Milliarden Tonnen Stahl jährlich in 3000 unterschiedlichen Stahlgüten hergestellt. „Zwei Drittel entstehen über die sogenannte integrierte Route, eine Abfolge von Hochofen mit einem nachfolgenden LD-Konverter“, führt Michelic aus. „Ein Drittel wird in der Elektrolichtbogenofen- oder der Recycling-Route hergestellt, und deren Tendenz ist steigend.“

Enorme Mengen an CO₂

Bei der Hochofenroute entstehen pro produzierter Tonne Rohstahl je nach Betrachtungsweise zwischen 1,8 und bis zu 2,3 Tonnen CO₂. „Im Elektrolichtbogenofen, also bei der Recyclingroute, werden pro Tonne Rohstahl nur 0,3 Tonnen CO₂ emittiert. Betreibt man Lichtbogenöfen mit erneuerbarer Energie, sinken die Emissionen zusätzlich“, erläutert Daniel Ernst. „Diese Technologie wird in Zukunft global eine immer bedeutendere Rolle spielen.“ Allerdings gebe es bei dieser Methode einige technische Grenzen, schränkt Ernst ein. Stahl sei eine Legierung aus Eisen, Kohlenstoff und diversen anderen Elementen. Einige dieser Bestandteile ließen sich aus der Schmelze mittels Elektrolichtbogenöfen nicht entfernen. „Für spezielle, hochreine Stahlgüten kann dieser Verfahrensweg nur bedingt gewählt werden“, so der Forscher weiter. „Wir sind also auch in Zukunft auf frischen Stahl basierend auf Eisenerzen angewiesen.“

Stahlindustrie der Zukunft

Die Transformation der Stahlindustrie ist ein schrittweiser Umstellungsprozess, und es existieren be-



Susanne Michelic, Leiterin des Lehrstuhls für Eisen- und Stahlmetallurgie und des Christian Doppler Labors für Einschlussmetallurgie, und Daniel Ernst, Gruppenleiter am Lehrstuhl für Eisen- und Stahlmetallurgie, sprachen mit Michael Kötritsch, „Die Presse“, über die Stahlproduktion in Österreich. [Roland Rudolph]

reits vollkommen neue Verfahren und Prozesse, die aber noch nicht in industriellem Maßstab einsetzbar sind. Ernst: „In Zukunft spielen Direktreduktionsverfahren eine sehr große Rolle. Dabei werden Eisenerze durch den vermehrten Einsatz von Wasserstoff reduziert. Dabei entsteht ein Eisenschwamm, auch Direct Reduced Iron (DRI) genannt. Dieser Schritt ersetzt die Reduktion im Hochofen.“ Bei dieser Methode verwenden die Wissenschaftler Wasserstoff, und anstelle von CO₂ entsteht H₂O in Form von Wasserdampf.

Innovation hat Tradition

Österreichs Industrie erwies sich bereits in der Vergangenheit als sehr innovativ bei der Stahlherstellung. Bahnbrechend war dabei das Linz-Donawitz-Verfahren, das in den 1950er-Jahren in den beiden namensgebenden Städten entwickelt wurde. Der LD-Prozess basiert auf der Behandlung von flüssigem Roheisen mit Sauerstoff in einem

Konverter. Dabei oxidieren unerwünschte Elemente wie Kohlenstoff oder Phosphor, und sie können entfernt werden. Das entstandene Produkt, Rohstahl, muss zusätzlich veredelt werden, um danach die gewünschten mechanischen Eigenschaften einstellen zu können. Weitere Prozessschritte sind die Sekundärmetallurgie, der Gießprozess und Verformungs- und Wärmebehandlungsprozesse. Im Zuge der zukünftigen „Stahlrevolution“, an der die Montanuniversität Leoben forscht, ist eine Optimierung der verwendeten Lichtbogen- und plasmabasierten Prozesse nötig. „Wir betreiben einen Lichtbogenofen, der neue Wege bei der Stahlerzeugung aufzeigen soll. Dabei wollen wir Verfahren weiterentwickeln, die es ermöglichen, in den kommenden Jahrzehnten in industriellem Maßstab grünen Stahl abseits der Hochofenroute herzustellen“, umreißt Ernst das Vorhaben. „Dabei spielt das Verhalten eines veränderten

Einsatzmixes aus Schrott und DRI im Lichtbogenofen unter oxidierenden bzw. auch reduzierender Atmosphäre eine Rolle. Außerdem können Alternativen zur kohlenstoffbasierten Reduktion untersucht werden.“ Anstatt Kohlenstoff als Energieträger und Reduktionsmittel einzusetzen, verwenden die Forscher Wasserstoff und Wasserstoffplasma – ein möglicher Grundstein für eine zukünftig nachhaltige Stahlproduktion.

Schritt für Schritt

Die Planung, Auslegung, Konstruktion und Inbetriebnahme des neuen Lichtbogenofens in der ebenfalls neuen Forschungseinrichtung im Wasserstoff-Kohlenstoff-Zentrum der Montanuniversität Leoben dauerte drei Jahre, und es wurde eine halbe Million Euro investiert. Er ermöglicht nun die experimentellen Untersuchungen diverser lichtbogenbasierter Technologien zur Stahlherstellung.

„Dabei werden mit mehreren Elektroden Lichtbogen gezündet, die das Einsatzmaterial schmelzen. Über eine zentrale Lanze lassen sich dann oxidierende oder reduzierende Atmosphären einstellen, je nachdem, welche Schmelztechnologie untersucht werden soll“, führt Ernst aus. „Weiters können wir Wasserstoff zugeben, der mit der oxidischen Schmelze reagiert, den Sauerstoff bindet, und es entsteht klimafreundlicher Wasserdampf. Die resultierende metallische Phase kann durch das Kippen des gesamten Reaktorgefäßes abgestochen werden. Das ist ein neuer Prozessweg bei der Produktion von grünem Stahl.“

„Wir versuchen, aus der metallurgischen Perspektive, Wasserstoff als Prozessgas einzusetzen, als Alternative zu anderen Reduktionsmitteln.“ Aus einem anderen werkstofforientierten Blickwinkel kann Wasserstoff im Produkt als Be-



„Die Skalierung auf industrieller Ebene braucht natürlich Zeit, aber die Montanuniversität Leoben ist dabei sicher einer der Innovationstreiber im System.“

Susanne Michelic



„Wir sind also auch in Zukunft auf frischen Stahl basierend auf Eisenerzen angewiesen.“

Daniel Ernst

standteil des Stahls aber negative Auswirkungen wie Versprödungsneigung und die negative Beeinflussung von Korrosionseigenschaften haben“, ergänzt Susanne Michelic. Insgesamt ist es im Zuge der Transformation der Stahlherstellung wesentlich, die gesamte Prozesskette mitzubetrachten. Im Fokus steht die Reduktion der CO₂-Emissionen, aber das Produkt muss auch die entsprechende Qualität für diverse Anwendungen aufweisen. „Wir versuchen, aus der metallurgischen Perspektive, Wasserstoff als Prozessgas einzusetzen, als Alternative zu anderen Reduktionsmitteln. Wasserstoff kann im Produkt als Bestandteil des Stahls aber negative Auswirkungen wie Versprödungsneigung und die negative Beeinflussung von Korrosionseigenschaften haben“, ergänzt Susanne Michelic. „Dieser zentrale Punkt will mitgedacht werden, denn trotz der Reduktion von CO₂-Emissionen muss das Produkt die entsprechende Qualität für diverse Anwendungen aufweisen.“

Kein neues Phänomen

Das Potenzial von Wasserstoff ist seit Jahrzehnten bekannt, nun geht es um die Schaffung der entsprechenden Rahmenbedingungen für seinen Einsatz bei der Stahlproduktion. „Für uns ist es wichtig, dann gerüstet zu sein, wenn die Prozesse mit dem Einsatz von Wasserstoff betrieben werden können“, unterstreicht Michelic. „Das dauert natürlich, denn man muss immer die Skalierung mitdenken. Das eine ist die Wasserstoffanwendung im Labormaßstab, aber wir sprechen schlussendlich von der Herstellung von 1,8 Milliarden Tonnen Stahl pro Jahr. Die Skalierung auf industrieller Ebene braucht natürlich Zeit, aber die Montanuniversität Leoben ist dabei sicher einer der Innovationstreiber im System.“



Die Herausforderung der heutigen Zeit liegt darin, Stahl nachhaltiger zu produzieren und intelligenter einzusetzen. [Gettyimages]