

Thyssenkrupp: zwei Technologiepfade zur nachhaltigen Stahlproduktion

Das Ziel ist klar definiert: Thyssenkrupp hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 ein klimaneutrales Unternehmen zu werden. Insbesondere im Stahlgeschäft bietet sich ein erheblicher Hebel zur Senkung von Emissionen. Um eine klimaneutrale Stahlproduktion zu erreichen, bedarf es daher grundlegender technologischer Veränderungen. Thyssenkrupp Steel verfolgt dabei einen technologieoffenen Ansatz und setzt auf zwei Technologiepfade, um bis 2050 klimaneutralen Stahl zu produzieren: den Einsatz von Wasserstoff im Hochofen sowie die Carbon2Chem®-Technologie.

Die beiden Ansätze von Thyssenkrupp setzen auf zwei parallele, gleichberechtigte Pfade: die Vermeidung von CO₂ durch den Einsatz von Wasserstoff („Carbon Direct Avoidance“, CDA) sowie die Nutzung von anfallendem CO₂ („Carbon Capture and Usage“, CCU). Dabei geht Thyssenkrupp schrittweise vor.

1. Vermeidung von CO₂: Einsatz von Wasserstoff im Hochofen

Statt Kohlenstoff soll künftig Wasserstoff als Reduktionsmittel eingesetzt werden. Der Duisburger Stahlhersteller hat dazu eine Versuchsreihe zum Einsatz von Wasserstoff im laufenden Hochofenbetrieb gestartet. Es sind die bislang ersten Tests dieser Art. Sie dienen dem Ziel, die bei der Stahlherstellung entstehenden CO₂-Emissionen nachhaltig zu reduzieren. Der Versuchsstart im

Beisein von NRW-Wirtschafts- und Digitalminister Prof. Dr. Andreas Pinkwart markiert einen Meilenstein in der Transformation zur klimaneutralen Stahlproduktion (**Bild 1**).

Zwischenziel 2030: 30 % weniger Emissionen

Die gestartete Versuchsreihe ist ein wichtiger Baustein der Klimastrategie von Thyssenkrupp. Bis 2050 will das Unternehmen klimaneutral werden. Bereits bis zum Jahr 2030 sollen die Emissionen aus Produktion und Prozessen (die sogenannten Scope 1-Emissionen) im eigenen Unternehmen sowie die Emissionen aus dem Bezug von Energie (Scope 2) um 30 % reduziert werden. „Wir haben uns mit unserer Klimastrategie ein klares Ziel gesetzt.“, sagte Dr. Klaus Keysberg, Mitglied des Vorstands der Thyssenkrupp AG. „Die Stahlproduktion nimmt für die Erreichung unserer Klimaziele eine



Bild 1: Im Beisein von NRW-Wirtschafts- und Digitalminister Prof. Dr. Andreas Pinkwart (5.v.l.) hat Thyssenkrupp eine Versuchsreihe zum Einsatz von Wasserstoff im laufenden Hochofenbetrieb gestartet



Bild 2: Die Initiative Carbon2Chem soll den Beweis erbringen, dass sich CO₂ als Rohstoff nutzen lässt. Im Technikum auf dem Gelände von Thyssenkrupp Steel in Duisburg beginnt die Forschung in der Praxis

wichtige Rolle ein, denn der Hebel der Sparte bei der Senkung der Emissionen ist groß. Deswegen treiben wir den Wandel zur Wasserstofftechnologie mit aller Kraft voran.“

Wasserdampf statt CO₂

Beim klassischen Hochofenprozess werden für die Herstellung von 1 t Roheisen rund 300 kg Koks und 200 kg Kohlenstaub benötigt. Der Kohlenstaub wird im unteren Schachtbereich des Hochofens als zusätzliches Reduktionsmittel über 28 sogenannte Blasformen eingblasen. Zum Versuchsstart wurde an einer dieser Blasformen am Hochofen 9 Wasserstoff injiziert. Damit beginnt eine Versuchsreihe, in der Thyssenkrupp Steel den Einsatz von Wasserstoff schrittweise erst auf alle 28 Blasformen dieses Hochofens und ab dem Jahr 2022 dann auf weitere Hochöfen ausweiten will. Der Vorteil: Während beim Einsatz von Einblaskohle CO₂-Emissionen entstehen, entsteht beim Einsatz von Wasserstoff Wasserdampf. Somit können bereits an dieser Stelle im Produktionsprozess bis zu 20 % CO₂ eingespart werden.

Förderung durch Land NRW

Das Projekt wird im Rahmen der von der Landesregierung gestarteten Initiative IN4climate.NRW gefördert und vom Betriebsforschungsinstitut des VdEH (BFI) wissenschaftlich begleitet. Im April 2019 übergab die Landesregierung den Förderbescheid für die erste Testphase. NRW-Wirtschafts- und Digitalminister Prof. Dr. Andreas Pinkwart: „Das Projekt ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Industrie und ein schönes Beispiel dafür, wie innovative Schlüsseltechnologien aus Nordrhein-Westfalen heraus entwickelt werden können. Wir müssen die Nutzung von Wasserstoff im Industriesektor weiter vorantreiben, denn sie bietet gerade bei der Stahlherstellung große Chancen.“

Vom Labor in den Industriemaßstab

Der Versuchsstart markiert auch den Übergang des Projekts in den industriellen Maßstab. In den letzten Monaten wurden vorgelagerte Untersuchungen und Simulationsrechnungen durchgeführt. Mit dem Versuch im laufenden Hochofen wird das Projekt auf die nächste Ebene gehoben. „Wir wollen durch die Nutzung von Wasserstoff die Emissionen senken und gleichzeitig weiterhin Roheisen in gewohnter Qualität produzieren“, erläutert Produktionsvorstand Dr. Arnd Köfler. „Gleichzeitig gilt auch: wir betreten mit der Versuchsreihe am Hochofen 9 technologisches Neuland. Es geht jetzt darum, den Betriebsablauf im Hochofen kontinuierlich zu analysieren und auszuwerten. Die Ergebnisse werden uns helfen, die Ausweitung des Wasserstoffeinsatzes auf alle 28 Blasformen des Hochofens gezielt anzugehen.“

Wasserstoff-Infrastruktur gewinnt an Bedeutung

Nach der Umstellung der Hochöfen plant Thyssenkrupp ab Mitte der 2020er Jahre den Aufbau von großtechnischen Direktreduktionsanlagen, die dann mit wasserstoffhaltigen Gasen betrieben werden. Der dort produzierte Eisenschwamm wird zunächst in den bestehenden Hochöfen eingeschmolzen, soll langfristig aber in Elektrolichtbogenöfen („Electric Arc Furnaces“, EAF) mithilfe erneuerbarer Energien zu Rohstahl verarbeitet werden. Die Stromversorgung der EAF erfolgt dann auf Basis eines möglichst hohen Anteils erneuerbarer Energien.

Mit Air Liquide ist beim Einblasversuch ein Projektpartner an Bord, der über Expertise in der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette von der Produktion über die Speicherung bis hin zur Entwicklung von Endverbraucheranwendungen verfügt.

Gilles Le Van, Vorsitzender der Geschäftsführung von Air Liquide Deutschland: „Wasserstoff ist der Schlüssel zu Ener-

gievende und industrieller Transformation gleichermaßen. Dieses besondere Molekül kann beides sein: Grundstoff für die Wirtschaft und Medium zur Energiespeicherung und -rückgewinnung. Bei Air Liquide sind wir vom Potenzial einer weltweiten Wasserstoffwirtschaft überzeugt – und bringen mehr als 60 Jahre Erfahrung in diesem Feld in die gemeinsame Projektarbeit ein. So gestalten wir zusammen die Wasserstoffzukunft in Deutschland und tragen zum Erreichen der Klimaziele bei.“

2. Nutzung von anfallendem CO₂: Carbon2Chem

Der zweite Technologiepfad, den Thyssenkrupp verfolgt, um bis 2050 klimaneutral zu werden, ist das Projekt Carbon2Chem. Mit ihm bereitet das Unternehmen Prozessgase auf, die bei der Stahlproduktion anfallen, und verarbeitet sie weiter. Carbon2Chem soll 20 Mio. t des jährlichen deutschen CO₂-Ausstoßes der Stahlbranche wirtschaftlich nutzbar machen. Das entspricht 10 % der jährlichen CO₂-Emissionen der deutschen Industrieprozesse und des verarbeitenden Gewerbes. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Projekt mit mehr als € 60 Mio.

„Bei der Stahlproduktion entsteht Hüttengas mit kohlenstoffhaltigen Komponenten. Mit Carbon2Chem gewinnen wir daraus Basischemikalien für die chemische Industrie, für die sonst Synthesegas aus importierten fossilen Ressourcen wie Öl oder Erdgas benötigt wird“, beschreibt Dr. Markus Oles, Projektleiter Carbon2Chem, den zentralen Ansatz. „Aus den Basischemikalien lassen sich dann beispielsweise Dünger, Kunststoffe oder Treibstoffe herstellen.“

Seit September 2018 arbeitet Thyssenkrupp im Technikum Carbon2Chem in Duisburg unter realen Hüttengas-Bedingungen an der Technologie. Es hat eine Fläche von 3.700 m² und liegt direkt neben dem Werksgelände der Thyssenkrupp Steel Europe AG in Duisburg (**Bild 2**). Seine Demonstrationsanlagen sind in das

Leitungsnetzwerk des integrierten Hüttenwerks eingebunden. Der erste Spatenstich fand am 2. November 2016 statt. Die Inbetriebnahme war nur 16 Monate später, im März 2018. Die offizielle Eröffnung fand zugleich mit der ersten Herstellung von Methanol aus Hüttengasen am 20. September 2018 statt.

Im Technikum hat Thyssenkrupp – weltweit zum ersten Mal – Ammoniak und Methanol aus Hüttengasen produziert. Ab 2020 beginnt die industrielle Pilotphase, in der aus Hüttengasen des Stahlwerks Methanol produziert wird. Bis 2025 wird eine Großanlage im industriellen Maßstab etabliert. Mit dem parallelen Einsatz beider Verfahren – Carbon2Chem und dem Einblasen von Wasserstoff als Reduktionsmittel – kann Thyssenkrupp die Emissionen auf der bestehenden Hochofenroute zukünftig deutlich reduzieren. Die Carbon2Chem-Technologie ist auch für andere Industrien anwendbar.

Neben Thyssenkrupp sind die folgenden Projektpartner an Carbon2Chem beteiligt: AkzoNobel, BASF, Clariant, Covestro, Evonik, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Linde, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, RWTH Aachen, Ruhr-Universität Bochum (RUB), Siemens, Technische Universität Kaiserslautern, Volkswagen, Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT).

Weitere Informationen:

www.thyssenkrupp-steel.com/de/unternehmen/nachhaltigkeit/klimastrategie

www.thyssenkrupp.com/carbon2chem

Bildquellen: © Thyssenkrupp Steel Europe

Thyssenkrupp, Equinor und OGE untersuchen Produktion von „blauem“ Wasserstoff

Der Stahlhersteller Thyssenkrupp Steel Europe, das norwegische Energieunternehmen Equinor und die Erdgasfernleitungsnetzbetreiberin OGE haben eine gemeinsame Machbarkeitsstudie gestartet. Diese soll Wege für die dekarbonisierte Produktion von „blauem“ Wasserstoff auf Basis von Erdgas sowie die Versorgung des größten deutschen Stahlwerks in Duisburg mit diesem Wasserstoff prüfen.

Ausgangspunkt der Studie ist die Produktion von Wasserstoff aus Erdgas und die dauerhafte Offshore-Speicherung des dabei entstehenden Kohlendioxids, möglicherweise im Rahmen des von Equinor betriebenen Speicherprojekts „Northern Lights“ auf dem norwegischen Schelf. In

der Studie werden mehrere Optionen für die Gewinnung und den Transport von Wasserstoff zum Thyssenkrupp-Standort sowie Optionen für den Transport und die Speicherung von Kohlendioxid untersucht. Die OGE wird ihr Wissen über die Weiterleitung und den Transport von Gasen in die Studie einbringen.

Thyssenkrupp Steel prüft mögliche Wege, um eine ausreichende Wasserstoffversorgung für die Umstellung der Stahlproduktion sicherzustellen und das Ziel zu erreichen, bis 2050 ein klimaneutrales Unternehmen zu werden. So werden die Ergebnisse der Studie zur Zielerreichung beitragen.

„Wir brauchen eine europäische Wasserstoffstrategie“

Dr.-Ing. Jens Reichel, Leiter Nachhaltige Produktion, Thyssenkrupp Steel Europe AG, spricht im Interview mit der PROZESSWÄRME über die klimaneutrale Stahlerzeugung sowie die Bedeutung von Wasserstoff als Energieträger.

Welche Themen stehen bei Ihnen derzeit ganz oben auf der Agenda?

Reichel: Thyssenkrupp hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 ein klimaneutrales Unternehmen zu werden. Im Stahlgeschäft haben wir einen besonders großen Hebel zur Senkung von Emissionen. Insofern spielt die klimaneutrale Stahlproduktion derzeit für uns eine bedeutende Rolle. Da die bisherigen verfahrenstechnischen Wege der Stahlgewinnung an ein physikalisches Minimum bei der Prozessführung gelangt sind, wird dies nur gelingen, wenn wir auch unsere Verfahrenstechnik massiv erneuern.

Am 11. November 2019 haben wir eine Versuchsreihe zum Einsatz von Wasserstoff als zusätzliches Reduktionsmittel im Hochofen gestartet. Unser Ziel ist es, weitere Hochöfen schrittweise umzurüsten und die Emissionen so bereits deutlich zu reduzieren. Zukünftig soll der Roheisen-Reduktionsprozess dann vollständig ohne Kohlenstoff und ausschließlich mit Wasserstoff als Reduktionsmittel erfolgen. Diese sogenannte Direktreduktionstechnologie erfordert allerdings den Ersatz der Hochofentechnologie durch eine neue Verfahrenstechnik. In diesem Verfahren nutzt ein Gegenstromreaktor den Wasserstoff zur Reduktion von Fe₂O₃, damit am Ende Eisen und Wasser anfallen und kein Kohlendioxid.

Wie geht Thyssenkrupp Steel Europe bei der Umstellung der Produktion vor?

Reichel: Bevor wir großtechnisch reinen Wasserstoff in unseren Hochöfen einsetzen, haben wir uns dafür entschieden, eine Pilotanlage einzurichten. An unserem Hochofen 9 setzen wir Wasserstoff als Zusatz-Reduktionsmittel in einem Pilotprojekt bereits ein. Der Versuchsstart erfolgte in Begleitung des NRW-Wirtschaftsministers Prof. Andreas Pinkwart. Ziel ist es, Erfahrungen mit dem Verhalten von reinem Wasserstoff im Hochofen zu sammeln. Das ist weltweit die erste Installation dieser Art.

Das Projekt wird vom Land NRW über die Initiative IN4Climate gefördert und vom BFi wissenschaftlich begleitet. Zudem arbeiten

wir mit zwei weiteren Partnern zusammen: Das ist zum einen die Firma Küttner, die auf der anlagentechnischen Seite die Entwicklung der Verfahrenstechnik begleitet. Und zum anderen die Firma Air Liquide auf der Versorgungsseite für technische Gase. Sie stellt uns für den Pilotversuch den Wasserstoff bereit und treibt auch die notwendige Entwicklung der Sicherheitstechnik zum Einblasen von Wasserstoff am Hochofen gemeinsam mit uns voran.

In welchem Zeitrahmen kann Wasserstoff großtechnisch eingesetzt werden?

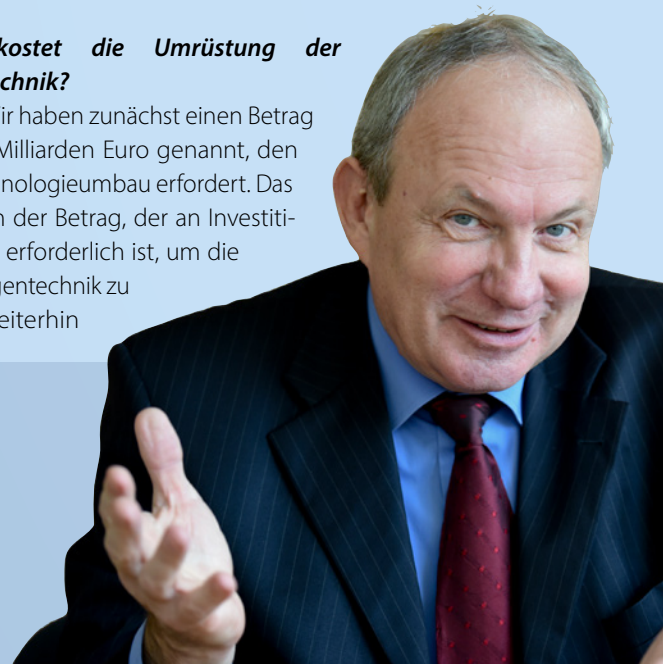
Reichel: Wenn das Projekt erfolgreich ist, werden wir in ca. 12 bis 18 Monaten an einem unserer Hochöfen Wasserstoff an allen Blasformen zur Reduktion von Eisen einsetzen.

Wir gehen davon aus, dass wir nach der Inbetriebnahme von Wasserstoff an einem gesamten Hochofen auch den Bau einer ersten Direktreduktionsanlage in Duisburg in den Fokus nehmen. Diese Anlage könnte nach heutiger Planung im Jahr 2024 in Betrieb gehen. Wir würden dann mit dem dort gewonnenen sogenannten Eisenschwamm unsere bisherigen Aggregate-Linien versorgen und gegen Ende der 2020er Jahre eine weitere Direktreduktionsanlage bauen. Der Ersatz der dann noch verbliebenen Hochofenanlagen wird schrittweise mit dem Auslaufen der Nutzungsphasen der Hochöfen erfolgen. Ziel ist, die nicht unerheblichen Investitionen in die Direktreduktionstechnologie mit vermiedenen Investitionen an anderer Stelle teilfinanzieren zu können.

Wieviel kostet die Umrüstung der Anlagentechnik?

Reichel: Wir haben zunächst einen Betrag von zehn Milliarden Euro genannt, den dieser Technologieumbau erfordert. Das ist lediglich der Betrag, der an Investitionsmitteln erforderlich ist, um die neue Anlagentechnik zu bauen. Weiterhin

„Wir werden uns darauf einstellen müssen, dass Deutschland weiterhin Energieimportland bleiben wird“



spannend wird an dieser Stelle insbesondere die Versorgung mit grünem Wasserstoff sein, der Voraussetzung für eine klimaneutrale Stahlerzeugung ist.

Kann grüner Wasserstoff in der notwendigen Menge zur Verfügung gestellt werden?

Reichel: Heute finden wir den Wasserstoff in drei Varianten. Da ist zum einen der graue Wasserstoff, der mithilfe der Dampfreaktion aus Erdgas gewonnen wird. Das ist die heutige gängige Technologie, die man, beliebig skalierbar, auch zur Bereitstellung von großen Wasserstoffmengen nutzen kann.

Die zweite Generation ist der sogenannte blaue Wasserstoff. Bei dessen Erzeugung wird der anfallende Kohlenstoff aus dem Methan abgetrennt und entweder als fester Kohlenstoff gespeichert oder als CO₂ anderen Verwendungen zugeführt. Alternativ kann er auch eingelagert werden.

In den nächsten Jahren werden diese ersten beiden Technologien den Markt bestimmen. Die Produktion von grünem Wasserstoff, der mithilfe von grünem Strom und der Wasserelektrolyse gewonnen wird, befindet sich noch ganz am Anfang. Wir würden alleine für die klimaneutrale Roheisenproduktion in Duisburg rund 8 Mrd. m³ Wasserstoff pro Jahr benötigen. Dazu braucht man nach heutigem Stand der Technik etwa acht der größten Erdgaskraftwerke vom Typ Irsching 5, die die notwendige Leistung bereitstellen könnten. Das verdeutlicht, wie hoch der Bedarf an regenerativ erzeugtem Strom ist, um Deutschland in eine klimaneutrale Gesellschaft umzuwandeln.

Deshalb werden wir uns darauf einstellen müssen, dass Deutschland ein Energieimportland bleiben wird. Denn diese Mengen an regenerativ erzeugtem Strom werden wir innerhalb nationaler Grenzen nicht erzeugen können.

Welche Rahmenbedingungen werden benötigt, um Wasserstoff als Energieträger großflächig einzusetzen?

Reichel: Wir brauchen eine nationale und darüber hinaus eine europäische Wasserstoffstrategie. Denn es kann nicht sein, dass jedes einzelne Industrieunternehmen oder jeder lokale Energieerzeuger anfangen muss, eigene Konzepte zu erstellen. Hier lassen sich sicherlich im großtechnischen Maßstab Effizienzvorteile gewinnen, die sich dem einzelnen Unternehmen nicht erschließen.

Auf den Wasserstoff alleine zu blicken reicht aber nicht: Damit die Bereitstellung dieser grünen Strommengen überhaupt erfolgen kann, benötigen wir außerdem eine internationale Energiewende. Unser nationaler Ansatz ist hier nicht ausreichend.

Welche Anforderungen stellen Sie an die Dienstleister von Thermoprozesstechnikanlagen im Bereich der CO₂-Effizienz?

Reichel: Wenn wir den Blick auf eine klimaneutrale Stahlerzeugung lenken, ist es nicht ausschließlich damit getan, die Roheisenreduktion auf eine klimaneutrale Technik umzustellen. Wir müssen darüber nachdenken, wie wir die heute zum Teil auf Kohlenstoff basierenden Wärmeträger in Wasserstoff-Wärmeträger umfunktionieren. Hierzu liegen bisher nur sehr wenige Entwicklungsansätze vor.

Ich erwarte und erhoffe mir hier von unseren Dienstleistern Unterstützung, damit der Einsatz von klimaneutralen Energieträgern möglich wird.

Wo sehen Sie Entwicklungsmöglichkeiten in der Brennertechnologie?

Reichel: Da das Erdgas im Wärmeofen ein sehr günstiges Verhalten hat, werden wir bei dem Wechsel auf Wasserstoff als Wärmeträger die Brennertechnologie ein ganzes Stück weiterentwickeln müssen. Teilweise stehen Technologien für die Verwendung von Wasserstoff noch gar nicht zur Verfügung. Um hier voranzukommen bieten sich Entwicklungspartnerschaften an, um neue Technologien zu entwickeln, die wir anschließend weltweit vermarkten können.

Sehen Sie im Bereich Wasserstoff einen Wettbewerbsvorteil für den metallurgischen Anlagenbau in Europa?

Reichel: In China entstehen ganze Wasserstoff-Cluster. Trotzdem werden wir in Europa die Chance haben, mit den sehr gut entwickelten Industriepartnerschaften die Vorreiterrolle zu übernehmen. Wir müssen aber unbedingt dafür sorgen, dass es nicht zu einem ähnlichen Effekt wie in der Solarindustrie kommt. In dieser Industrie haben wir die Entwicklungen vorangetrieben, aber die industrielle Fertigung fand am Ende vorwiegend in China statt.

Da wir im Bereich des Anlagenbaus gut etablierte Strukturen haben, kann ich mir jedoch sehr gut vorstellen, dass wir im Fall der Wasserstofftechnologie die Marktführerschaft in Europa halten können.

Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang das Projekt Carbon2Chem?

Reichel: Das Carbon2Chem Technikum, das wir vor 1,5 Jahren auf dem Gelände unseres Duisburger Stahlstandortes in Betrieb genommen haben, ist in seiner Entwicklung erfolgreich vorangeschritten. Bei Carbon2Chem geht es darum, Prozessgase zu nutzen, um entweder Basisstoffe für die Kraftstoffgewinnung oder andere Basisstoffe für die Chemieindustrie herzustellen. Diese Technologie werden wir als zweiten Pfad neben der Umstellung auf Wasserstoff nutzen. Dort, wo wir CO₂ nicht direkt vermeiden können, nutzen wir Prozessgase, um sie einer anderen Verwendung zuzuführen. Das Vermeiden von Kohlenstoffemissionen und die Nutzung von Kohlenstoffträgern wollen wir parallel entwickeln.

Derzeit arbeiten wir an Folgeprojekten, mit denen dann nach Ende der Laufzeit im Jahr 2020 die Technologie aus dem Technikumsmaßstab in einen industriellen Anwendungsmaßstab überführt werden kann. Hier denken wir nicht nur an die Stahlerzeugung in Duisburg, sondern auch an die beteiligten Anlagenbauer in unserem Hause, denn die Technologie kann in vielen Industrien eingesetzt werden, zum Beispiel in der Zementbranche. Wir wollen die im Carbon2Chem Technikum entwickelten Technologien an anderen Standorten einsetzen sowie in anderen Ländern vermarkten.

Herr Dr. Reichel, wir danken Ihnen für das Gespräch.