

# Energieverschwendung

## Stahlwerksabgase zu Chemikalien – kein Weg für Klima- und Ressourcenschutz

Detlef Bimboes

Im Juni dieses Jahres wurde im Ruhrgebiet der Grundstein für ein längerfristig milliardenschweres Projekt gelegt. Es zielt auf einen großen chemisch-energetischen Industriekomplex auf fossiler Rohstoffgrundlage ab und soll in großem Stil mit erneuerbaren Energien verknüpft werden. Abgase des Stahlwerks Thyssenkrupp am Standort Duisburg sollen zu einer ganzen Palette an Stoffen verarbeitet werden. Im Folgenden wird näher auf das Projekt, damit verbundene Probleme für Umwelt- und Klimaschutz sowie Alternativen eingegangen. Für einen raschen Überblick sorgt eine kurze Zusammenfassung am Schluss in Kapitel 7.

### 1. Das Projekt Carbon2Chem und seine Akteure

Seit Jahren steht die deutsche Stahlindustrie unter Druck. Steigende Importe aus China, anhaltender Preisdruck und Überkapazitäten auf den Weltmärkten sorgen für Probleme. Deshalb sucht die energieintensive deutsche Stahlindustrie nach Möglichkeiten zur Kostensenkung. Sie wehrt sich gegen eine Verschärfung von Klimaschutzziele und höhere Ausgaben für Emissionszertifikate, die ab 2021 teurer werden sollen. Die deutsche Stahlindustrie ist für ungefähr 6 % des Gesamtausstoßes an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in Deutschland verantwortlich. Konkret sind das rd. 54 Millionen Tonnen Kohlendioxid pro Jahr. Mehr als 95 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen stammt von mit Kohle (Koks) betriebenen Stahlwerken, der Rest stammt von Elektrostahlwerken (DEHSt, 2016).

Der Konzern Thyssenkrupp, Betreiber des größten kohlebasierten Stahlwerks hierzulande, hat deshalb die branchenübergreifende Initiative Carbon2Chem<sup>®</sup> zur Nutzung von Stahlwerksabgasen – auch Hüttengase genannt - gestartet. Aus Kohlendioxid und den übrigen Abgasbestandteilen sollen mit erneuerbarem Wasserstoff Chemieprodukte hergestellt werden (Thyssenkrupp, Pressemitteilung, 2016). Die technologischen Grundlagen für die

Herstellungsprozesse sind bekannt. Die industrielle Umsetzung anhand von Stahlwerksabgasen fehlt aber noch. Dafür arbeiten in diesem Projekt insgesamt achtzehn Forschungseinrichtungen und große Konzerne aus Chemie- und Energiewirtschaft sowie Anlagenbau branchenübergreifend eng zusammen. Es ist ein Stelldichein bekannter Akteure. Aus dem Forschungsbereich sind u. a. die Fraunhofer-Gesellschaft, die Max-Planck-Gesellschaft und die Ruhr-Universität Bochum vertreten. Aus dem Industriebereich sind es die Konzerne AkzoNobel Industrial Chemicals GmbH, BASF SE, Clariant Produkte (Deutschland) GmbH, Covestro Deutschland AG (gehört zur Bayer AG), Evonik Ressource Efficiency GmbH, Linde AG und Siemens AG (BMBF, 2016).

Vom Bundesforschungsministerium (BMBF) sind rund 62 Millionen Euro für das Projekt zur Verfügung gestellt worden. Bis 2025 sind Investitionen – darunter Test- und Pilotanlagen - von mehr als 100 Millionen Euro und für die kommerzielle Umsetzung mehr als eine Milliarde Euro vorgesehen. In etwa 15 Jahren soll die Technologie industriell anwendbar sein (Thyssenkrupp, 2016). Es geht um viel. Bundesweit entstehen durch die Stahlindustrie 55 – 60 Millionen Tonnen Abgase, die sich nach Angaben von Thyssenkrupp durch die Nutzung von 20 Millionen Tonnen Kohlendioxid auf 40 Millionen Tonnen Abgase reduzieren lassen. Diese eingesparte Menge an Kohlendioxid macht etwas mehr als ein Drittel des derzeitigen Gesamtausstoßes an Kohlendioxid durch die Stahlbranche aus. Profitable Geschäfte für die neue Technologie werden längerfristig nicht nur in Deutschland, sondern auch weltweit gewittert. Insgesamt gibt es mehr als 50 Stahlwerke, in denen sie eingesetzt werden könnte.

## **2. Was aus den Stahlwerksabgasen gemacht werden soll**

Stahlwerksabgase (Hüttengase) stammen aus den drei Grundprozessen der Stahlherstellung, der Kokerei, dem Hochofen und Konverter. Allerdings wird man auch in Zukunft nicht sämtliche Stahlwerksabgase einer chemischen Verwertung zuführen können. So teilte der Thyssenkrupp-Chefmetallurge Achatz mit, das „rund zwei Fünftel der Hüttengase weiterhin in der Stahlerzeugung und Weiterverarbeitung genutzt würden, etwa um Wärmeöfen vorzuwärmen. So könne das Unternehmen auf fossile Rohstoffe verzichten“ (Ahrens, 2015).

Das Stahlwerksabgas von Thyssenkrupp am Standort Duisburg besteht zu 44 Prozent aus Stickstoff, 23 Prozent Kohlenmonoxid, 21 Prozent Kohlendioxid, 10 Prozent Wasserstoff und zwei Prozent Methan. Die Bestandteile lassen sich zu chemischen Produkten verarbeiten und ersetzen dann für deren Herstellung das sonst übliche Erdöl und Erdgas. Dafür werden – der kleine Anteil an Wasserstoff im Stahlwerksabgas reicht nicht aus - große Mengen an erneuerbarem Wasserstoff gebraucht. Die Konzerninteressen richten sich auf eine Reihe wichtiger Stoffe. Zum einen auf Methanol, das nicht nur als chemischer Grundstoff zur Herstellung vieler Chemikalien dient, sondern auch als Kraftstoff eingesetzt werden kann. Zum anderen auf Alkohole wie Ethanol, Propanol und Butanol, die als Grundstoffe und Kraftstoff-Zusätze dienen. Kohlendioxid kann inzwischen auch direkt als Baustein zur Herstellung von Kunststoff eingesetzt werden. Besonderes Augenmerk gilt der Herstellung von Oxymethylenether, einer neuen Generation von Kraftstoffen bzw. Kraftstoffadditiven. Sie werden als Alternative zur teuren Abgasnachbehandlung bei Dieselmotoren gesehen (s. Kap. 4). Ferner soll mit dem Stickstoff der Stahlwerksabgase Ammoniak hergestellt werden, das als Rohstoff zur Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln für die Landwirtschaft dient.

### **3. Hoher Energieverbrauch, Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, Umweltschäden und marginaler Klimaschutz**

Die Nutzung von Stahlwerksabgasen ist mit erheblichen Problemen verbunden. Nachstehend wird einigen davon nachgegangen.

#### **Hoher Energieverbrauch**

Die Herstellung von Chemie-Produkten wie Methanol oder Ethanol erfolgt anhand eines altbekannten, energieaufwendigen chemisch-technischen Verfahrens, dessen Grundlagen Wasserelektrolyse und Synthesegasverfahren bilden (Bimboes, S. 12, 2014). Es ist ein alter Bekannter, der heute in neuem Outfit als **Power-to-Gas** und **Power-to-Liquid** daherkommt. Hier wird in einem ersten Schritt Wasser mit erneuerbarem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dabei entsteht in erheblichem Umfang Abwärme, die – damit sie nicht verloren geht - genutzt werden muss. Der erzeugte erneuerbare Wasserstoff wird dann in einem zweiten Schritt gemeinsam mit Kohlendioxid zu den entsprechenden Zwischen- bzw. Endprodukten umgesetzt. Häufig schließen sich weitere Verfahrensschritte an, um von den Zwischenprodukten zu den gewünschten Endprodukten zu kommen.

Konkret braucht das Projekt Carbon2Chem<sup>®</sup> am Standort Duisburg für den großtechnischen Betrieb allein für die Wasserelektrolyse „so viel Strom, wie die Deutsche Bahn verfährt“, „das bedeutet etwa 400 neue Windräder oder entsprechenden PV-Zubau (Photovoltaik-Zubau, der Verf.“ (Schlögl, 2016). Das wäre ein Stromverbrauch, der dem jährlichen Bahnstrombedarf der Deutschen Bahn von rund elf Terrawattstunden (TWh) entspricht. Das ist der Jahresverbrauch einer Großstadt wie Berlin. Gerade zur Herstellung von Ammoniak werden große Mengen an Strom zur Erzeugung für den benötigten, erneuerbaren Wasserstoff gebraucht.

#### **Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Wenn Kohlendioxid aus Stahlwerksabgasen zur Herstellung von Chemieprodukten verwendet wird, dann kann die genutzte Menge nicht mehr direkt am Stahlwerksstandort in die Umwelt entweichen. Kohlendioxid entsteht aber wieder aus den hergestellten Produkten am Ende ihres Lebensweges. Das passiert bei Brenn- und Treibstoffen sofort, wenn sie verbrannt werden, bei Kunststoffen und anderen Chemikalien, wenn sie nicht mehr gebraucht und entsorgt werden, z. B. in einer Müllverbrennungsanlage. Dem Klimaschutz ist damit nicht

oder nur marginal gedient. Stattdessen sind neue technologische Pfade einzuschlagen, mit denen sich kohlebasierte Stahlwerksabgase auf längere Sicht nahezu vollständig vermeiden (s. Kap. 5) lassen.

### **Umweltschäden und Ressourcenverbrauch**

Neben den Klimaschäden setzen sich die bekannten Belastungen und Probleme für die Umwelt im Wesentlichen fort, die mit der kohlebasierten Stahlproduktion lokal und regional verbunden sind. Sie werden, wenn sich nichts ändert, wie bisher schon in der langen Geschichte der Ressourcennutzung nach dem alten Motto gelöst: Privatisierung der Gewinne und Sozialisierung der Verluste.

Weitere bekannte Umwelt- und Klimaschäden resultieren aus der Nutzung von künstlich hergestellten stickstoffhaltigen Düngemitteln in der Intensivlandwirtschaft und aus der Nutzung fossiler Treibstoffe für Automobile. Im Übrigen verbraucht die großtechnische Wasserelektrolyse viel Wasser. Gerade mit dieser Ressource ist mit Blick auf den Klimawandel - wegen lokal und regional zunehmender Trockenheit - umsichtig und sparsam umzugehen.

## **4. Befestigung fossiler Strukturen im Übergang zum solaren Zeitalter**

Das großtechnische Projekt zielt auf das Entstehen eines ausstrahlungsfähigen chemisch-energetischen Industriekomplexes ab, der fossile Strukturen überkommener Stoff- und Energiewirtschaft über Jahrzehnte verfestigen und zugleich erneuerbare Energien in großem Stil binden kann. Das Entstehen solch großer, kapitalintensiver Industriekomplexe behindert dezentrale Möglichkeiten zur Stoffproduktion.

Der Duisburger Industriekomplex schafft nicht nur Möglichkeiten zur Verwertung von Stahlwerksabgasen aus Steinkohle, sondern auch Voraussetzungen zur flexiblen Bereitstellung von erneuerbarem Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser, der u. a. für eine energie- und ressourcenverschwendende Wasserstoffmobilität dienen kann. Zugleich entsteht bei der Elektrolyse Sauerstoff für diverse Anwendungszwecke.

Durch die Verwertung des Kohlendioxids aus den Abgasen können fossile Rohstoffe eingespart werden. Rein rechnerisch sind das bei Nutzung der eingangs erwähnten 20 Millionen Tonnen Kohlendioxid jährlich rund sechs Millionen Tonnen Rohöl (Erdöl). Das Projekt Carbon2Chem weist zwar grundsätzlich in die richtige Richtung, ist aber fehl am Platz, wenn dafür fossile kohlenstoffhaltige Ressourcen eingesetzt werden. Sinnvoll sind solche Projekte nur mit anderen CO<sub>2</sub>-Quellen und Stoffpaletten, die sich mit einer solaren und ökologischen Wirtschaft verbinden (s. Kap. 6). Überdies ist es viel entscheidender, den Verbrauch von Stahl absolut zu senken und damit auch die Gesamtmenge an Stahlwerksabgasen. Zudem ist der Weg für ein nahezu CO<sub>2</sub>-freies Stahlherstellungsverfahren frei zu machen (s. Kap. 5). Im Industriebereich entfallen allein auf diesen Stoff und vier weitere Grundstoffe (Aluminium, Kunststoff, Zement, Papier) fünfzig Prozent der Emissionen. Vor diesem Hintergrund sollte deshalb durch eine kluge Infrastruktur- und Verkehrspolitik bis 2050 durchgesetzt werden, dass der PKW-Bestand in Deutschland halbiert und der größte Teil des LKW-Frachtverkehrs auf die Schiene verlagert wird. Mit einem breitflächigen Ausbau von ÖPNV und Bahnverkehr wie auch Taxen, Mietwagen und CarSharing auf Basis von Elektromobilität kann das gelingen. Damit werden längerfristig nicht nur große Mengen an Ressourcen eingespart, sondern zugleich auch entsprechende Mengen an klima- und gesundheitsschädlichen Abgasen und Feinstäuben vermieden.

## **Landwirtschaft – immer weiter so mit stickstoffhaltigen Düngern**

Die Herstellung von Stickstoffdüngern mit erneuerbarem Wasserstoff trägt weiter zur Be- und Verfestigung der konventionellen Intensivlandwirtschaft und damit verbundenen Umwelt- und Klimaschäden bei. Ausgangsstoff für die Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln ist Ammoniak. Der dafür benötigte Wasserstoff wird in Deutschland überwiegend aus Erdgas und daneben in beträchtlichem Umfang aus Produkten gewonnen, die bei der Verarbeitung von Erdöl anfallen. Dabei entsteht in großen Mengen Kohlendioxid, das in die Umwelt entweicht.

Statt lediglich die Quellen zur Herstellung von Wasserstoff auszutauschen, sind endlich Voraussetzungen für einen breiten Einstieg in den ökologischen Landbau zu schaffen. Er verzichtet auf den Einsatz von künstlich hergestellten stickstoffhaltigen Düngemitteln und leistet so einen maßgeblichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen und Umweltschäden.

## **Automobilwirtschaft – neue Kraftstoffe für Massenmobilität von gestern**

Die Automobilindustrie befindet sich am Beginn tiefgreifender Umbrüche. Ihre auf fossilen Treibstoffen beruhende Antriebstechnologie gerät immer mehr unter Druck. Alternative und zunehmend technisch ausgereifte Antriebe auf Basis von Wasserstoff und elektrischem Strom betreten die Bühne. Deshalb zeigen Automobilkonzerne vermehrt Interesse an der Wasserstoffmobilität. Der benötigte Wasserstoff könnte von solchen o. g. chemisch-energetischen Industriekomplexen geliefert werden. Ein breiter Einstieg in die Wasserstoffmobilität im Verkehrsbereich wäre aber Energie- und Ressourcenverschwendung. Und das nicht nur wegen einem Verfahren, das viel Energie zur Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff verbraucht, sondern auch mit Blick auf teure Infrastrukturen und aufwendige Tankausrüstungen für Fahrzeuge.

Bislang halten die Automobilkonzerne aber noch zäh an Benzin- und Dieselfahrzeugen als ihren Gelddruckmaschinen fest. Für wachsende Akzeptanzprobleme sorgt der Ausstoß der vielen giftigen Abgase und Feinstäube für Mensch und Umwelt bei Dieselmotoren, zuletzt drastisch am Abgasskandal sichtbar geworden. Deshalb sollen Dieselmotoren künftig möglichst geringe Mengen dieser Stoffe und Partikel ausstoßen. Vor diesem Hintergrund wird seit geraumer Zeit unter Hochdruck an einer neuen Generation von Kraftstoffen und Kraftstoffadditiven gearbeitet (KIT, 2016; Ford, 2015). Hier ragen sogenannte **Oxymethylenether (OME)** heraus, deren künftige Herstellung am Standort Duisburg ins

Auge gefasst wird. Deshalb sind die daran beteiligten Hochschulen Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die RWTH Aachen auch an dem Thyssen-Projekt beteiligt. Der VW-Konzern – herausragend im sich auf immer mehr Autokonzerne ausweitenden Abgasskandal – tritt hier durch Anbindung an das Projekt die Flucht nach vorn an, um möglichst schnell wieder eine reine Weste zu bekommen.

**Oxymethylenether (OME)** enthalten im Gegensatz zu Diesel und Benzin Sauerstoff in ihren Molekülen und können deshalb die Schadstoffbildung bereits während der Verbrennung im Motor unterdrücken. Damit wird der Ausstoß von Ruß und Stickoxiden gesenkt. Auf diesem Wege soll so sauber und so lange wie möglich noch die Massenmobilität mit der Dinosaurier-Antriebstechnologie aus dem 20. Jahrhundert in das des 21. Jahrhundert hinübergerettet und so lange als möglich profitabel gestaltet werden. Dem ist – wie skizziert – eine andere, auf Elektromobilität basierende Verkehrspolitik entgegen zu setzen. CO<sub>2</sub>-basierte Kraftstoffe werden dann künftig nur noch für Schiffe, Flugzeuge und einen Teil der LKW gebraucht. Hierfür wird das Verfahren Power-to-Liquid bedeutsam sein.

## 5. Alternative in Sicht - CO<sub>2</sub>-freie Stahlproduktion möglich

Der mit Koks betriebene Hochofen dient dazu, das Eisen im Eisenerz von Sauerstoff zu befreien, um es danach weiter zu fertigen Eisen- und Stahlprodukten verarbeiten zu können. Mit einem anderen Verfahren – der **Wasserstoff-Direktreduktion** – wird Wasserstoff statt Kohle dazu verwendet. Das Eisenerz wird eingangs in einer Direktreduktionsanlage (Schacht- oder Wirbelschichtofen) mit Wasserstoff behandelt und der gewonnene sog. Eisenschwamm kann dann in einem nachgeschalteten Elektrolichtbogenofen (zentraler Teil des Elektrostahlwerks) zu Rohstahl verarbeitet werden. Kommt in beiden Anlagen erneuerbarer Wasserstoff und erneuerbarer Strom zum Einsatz, so ist das **Gesamtverfahren nahezu CO<sub>2</sub>-frei**. Während bei mit Kohle betriebenen Hochofen ca. 1630 kg CO<sub>2</sub>/t Rohstahl in die Luft geblasen werden, so sind es bei diesem Verfahren nur noch ca. 180 kg CO<sub>2</sub>/t Rohstahl. Die kleine Menge resultiert aus Kohlenstoffzusätzen im Lichtbogenofen für notwendige Stahlqualitäten und von verbleibenden indirekten Emissionen, die u. a. aus Transportvorgängen herrühren.

Die **Wasserstoff-Direktreduktion** könnte sich – eine ambitionierte und konsequent betriebene Energiewende voraus gesetzt - als das „**profitabelste und CO<sub>2</sub>-ärmste Herstellungsverfahren im Verfahrensvergleich**“ erweisen. Zudem ermöglicht „die übliche Anlagengröße von nur etwa ein bis zwei Megatonnen Stahl pro Jahr (Megatonnen = Millionen Tonnen, der Verf.) eine höhere Flexibilität der Produktionskapazität“ (Weigel, S. 14, 2014). Die Investitionskosten für eine Direktreduktions- und Lichtbogenanlage (die sog. Elektrostahlroute) zur Rohstahlerzeugung von 2 Millionen Tonnen/Jahr liegen in einer Größenordnung von 1,75 Milliarden Euro. Eingeschlossen in diese Kosten ist eine alkalische Wasserelektrolyseanlage zur Erzeugung des notwendigen Wasserstoffs.

Die Direktreduktionsanlage kann auch getrennt von einer Lichtbogenanlage d. h. einem Elektrostahlwerk errichtet und betrieben werden. Der produzierte und zu Briketts verarbeitete Eisenschwamm kann dann flexibel auf dem Markt zur Rohstahlproduktion angeboten werden. Die Kosten für eine solche Anlage nebst dazugehöriger alkalischer Wasserelektrolyseanlage belaufen sich schätzungsweise auf 1,38 Milliarden Euro. Der alkalischen Wasserelektrolyse dürfte in absehbarer Zukunft Konkurrenz durch PEM-Elektrolyseanlagen mit hoher Leistung und sehr flexiblem Betrieb erwachsen.

Die Direktreduktion von Eisenerz erfordert große Mengen an Wasserstoff, die mittels Wasserelektrolyse und sehr viel Strom erzeugt werden müssen. Für eine Jahreskapazität von 2 Millionen Tonnen Rohstahl wird eine Wasserstoffmenge von knapp 0,142 Millionen Tonnen benötigt. Für deren Erzeugung werden nahezu 4,72 TWh Strom und 1,42 Millionen Tonnen Wasser verbraucht.

### **Große Strommengen für die Zukunft der Stahlerzeugung**

Für die Umstellung der bislang noch mit Kohle betriebenen Stahlerzeugung in Deutschland auf die Elektrostahlroute mit Wasserstoff-Direktreduktions- und Lichtbogenanlagen sind sehr große Strommengen notwendig. Hinzu kommen die schon bestehenden Elektrostahlwerke mit deren Strom- bzw. Energieverbrauch. Das lässt sich am Beispiel der deutschen Stahlproduktion für 2014 zeigen. In dem Jahr wurden knapp 43 Millionen Tonnen Stahl produziert, gewonnen im Wesentlichen aus 27,1 Millionen Tonnen Roheisen und 19 Millionen Tonnen Schrott. Dafür wären – legt man 3,7 MWh/t Stahl zugrunde – fast 160 TWh Strom verbraucht worden (Faustzahl siehe Wuppertal Institut und Ecofys, S. 9, 2013). Das entspricht rd. 31 Prozent vom bundesweiten Nettostromverbrauch in Höhe von rd. 512 TWh im gleichen Jahr. In NRW – Schwerpunkt der Stahlherstellung im Bundesgebiet – wären für die hergestellten 16,5 Millionen Tonnen Stahl rd. 61 TWh an Strom notwendig gewesen.

Diese Daten zeigen, dass es nicht ausreicht, die Stahlproduktion langfristig lediglich immer effizienter zu betreiben, denn deren Erfolge werden bekanntlich durch den rebound-Effekt stets wieder aufgezehrt. Notwendig ist vielmehr, daß der Stahlverbrauch absolut gesenkt wird. Deshalb kommt der weiter oben skizzierten Verkehrswende erhebliche Bedeutung zu. Immerhin lag der Stahlbedarf der Automobilbranche im Jahre 2015 bei 25 Prozent des Gesamtstahlbedarfs (Stahlinstitut, S. 7, 2015). Weitere Einsparpotenziale für Stahl bestehen u. a. im Rüstungssektor. Die Stahlindustrie ist mit vielen industriellen und gewerblichen Sektoren der Volkswirtschaft eng verknüpft. Solche Verknüpfungen bestehen auch für andere Stoff- und Materialien. Ein grundlegender Wandel hin zu einer ressourcenschonenden Arbeits- und Lebensweise braucht deshalb Zeit. Zudem stammt der größte Anteil energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland aus den Sektoren Energiewirtschaft, Haushalte und Verkehr. Die vorrangigen Handlungsschwerpunkte liegen daher in einer Strom-/Wärme- und Verkehrswende.

## **Ziel 2050 – CO<sub>2</sub>-freie Stahlerzeugung mit ersten Anlagen im Bundesgebiet**

Vor dem Hintergrund des hohen Stromverbrauchs für eine nahezu CO<sub>2</sub>-freie Stahlproduktion sollte mit dem **Einstieg in das Verfahren der Wasserstoff-Direktreduktion erst gezielt** begonnen werden, **wenn zunehmend große Mengen an erneuerbarem Überschussstrom** anfallen. Damit ist erst ab einem Anteil der erneuerbaren Energien von 50 – 70 Prozent an der gesamten Stromerzeugung zu rechnen. Das dürfte zwischen 2020 und 2030 der Fall sein. Gegebenenfalls könnte im Bedarfsfall auch auf Regelstrom zurückgegriffen werden, soweit der deutsche Strommix zu 50 Prozent aus erneuerbarem Strom besteht. Er ist dann immer grüner und immer weniger von einer negativen CO<sub>2</sub>- und Schadstoffbilanz geprägt. Dann ist der Zeitpunkt für Bau und Betrieb einer Demonstrationsanlage gekommen, für die Fördermittel bereitgestellt werden sollten. Das Verfahren ist Stand der Technik (Fleiter et al, S. 311, 2013). Allerdings bedarf es für den Praxisbetrieb noch einiger Optimierungen. Damit werden technische Voraussetzungen geschaffen, dass sich die Direktreduktion bis 2050 mit ersten Anlagen zu einem wegweisenden Faktor in der deutschen Stahlproduktion entwickeln und bis zum Ende dieses Jahrhunderts die Stahlerzeugung auf Kohlebasis ablösen kann.

Parallel dazu sollten noch **ausstehende Effizienzpotenziale in der konventionellen Stahlherstellung** erschlossen werden. Sie liegen in einer besseren Ausnutzung eingesetzter Energie, darunter der Abwärmenutzung (Fleiter et al, Kap. 4.3, S. 291 ff, 2013). Das betrifft insbes. die Kokstrockenkühlung. Gemäß Kenntnisstand ist keine der aktuell betriebenen Kokereien in Deutschland damit ausgerüstet. Thyssenkrupp hatte in Schwelgern im Jahre 1998 zwar den Bau einer Kokstrockenkühlung geplant und zur Genehmigung eingereicht, diesen Plan dann aber zugunsten einer umwelt- und klimaschädigenden Koksnass- und Kokstrockenlöschanlage zurückgezogen. Der Widerstand einer Bürgerinitiative gegen die veraltete Technik konnte sich vor Gericht nicht durchsetzen. Gewinner blieb der Thyssenkonzern. Die ursprünglichen Kosten von 900 Millionen Euro konnten so im Dienste des Profits um 100 Millionen Euro gesenkt werden (Wikipedia, 2016). Demgegenüber sind in Japan wegen höherer Energiepreise nahezu alle Kokereien mit Kokstrockenkühlung ausgestattet und in China werden immer mehr Anlagen damit ausgerüstet (Fleiter et al, S. 310, 2013).

Nicht zuletzt sind konsequent gesundheitsgefährdende Feinstaubemissionen zu reduzieren, insbesondere durch den Einbau von Gewebefiltern (Ahrens, 2013). Die sind längst noch nicht überall im Einsatz. Immerhin wurden im Jahre 2013 im Zuge der deutschen Roheisen- und Stahlerzeugung noch 3920 Tonnen an Feinstaub (PM 10) freigesetzt (UBA, S. 6, 2015). Dabei sind PM 10 Partikel gegenüber ultrafeinen Partikeln noch nicht einmal die gefährlichsten und sie dürften auch von Gewebefiltern nur begrenzt zurückgehalten werden.

### **Ohne politischen Druck kein Umsteuern der Stahlindustrie**

Der CO<sub>2</sub>-freie Weg der Stahlherstellung wie auch die Erschließung noch möglicher Effizienzpotenziale der fossil geprägten Herstellung wird sich aber nicht ohne einen ambitionierten Klima- und Umweltschutz für die angestrebte erneuerbare Energiewende realisieren lassen. Hierfür muss die Befreiung von der Öko-Steuer aufgehoben, das Emissionshandelssystem wirksam ausgestaltet und für ein Ende der zahlreichen steuerlichen Ermäßigungen und Befreiungen für energieintensive Industrien gesorgt werden (arepo consult, 2012).

## 6. Zukunft gestalten mit nicht vermeidbaren CO<sub>2</sub>-Quellen

Chemieanlagen zur Herstellung von Grundstoffen oder daraus aufbauend erzeugten Chemieprodukten sollten vorrangig an Standorten errichtet und betrieben werden, wo Kohlendioxid prozessbedingt zwangsläufig anfällt und nicht vermieden, sondern auch in Zukunft nur vermindert werden kann. Beispiele für solche Anlagen sind Biogasanlagen, Klärwerke, Brauereien, Kalkbrennereien, Ziegeleien und Zementwerke. Hier fallen größere bis große Mengen an Kohlendioxid an, die sich mit dem bereits erwähnten **Power-to-Gas** Verfahren zu synthetischem Methan verarbeiten lassen. Das kann entweder direkt vor Ort genutzt werden oder in das Erdgasnetz eingespeist werden und dann andernorts vielfältigen Zwecken als Brennstoff oder Grundstoff für die Chemieproduktion dienen. Von der Chemischen Industrie kann synthetisches Methan längerfristig – vorausgesetzt entsprechende Mengen stehen zur Verfügung - zur Produktion von Kunststoffprodukten mit langer Lebensdauer eingesetzt werden. Ein Beispiel wären hier Rohre aus Polyäthylen.

Soweit das **Power-to-Liquid** Verfahren zum Tragen kommen soll, dann bietet es sich an, daraus bevorzugt Methanol herzustellen. Methanol hat eine hohe Energiedichte und kann vielseitig als Brennstoff im Energiesektor und Kraftstoff im Verkehrsbereich oder als Grundstoff zur Herstellung vieler Chemikalien eingesetzt werden.

Mit Demonstrationsanlagen zu beiden Verfahren sollte erst begonnen werden, wenn – wie bereits in Kap. 5 dargelegt – zunehmend große Mengen an erneuerbarem Überschussstrom bereitstehen. Für den späteren kommerziellen Betrieb können hier die Verfahren erprobt und einsatzbezogen zur Reife gebracht werden. Mit dem Power-to-Gas Verfahren fallen bei der Spaltung von Wasser mit Strom in Wasserstoff als Nebenprodukte Sauerstoff und Wärme an. Die anschließende Umsetzung von Kohlendioxid mit Wasserstoff zu Methan setzt ebenfalls viel Wärme frei. Beide Nebenprodukte können vermarktet werden. Sauerstoff kann beispielsweise an Klärwerke verkauft und dort zur Belüftung von Belebungsbecken verwendet werden. Die entstehende Abwärme kann in vorhandene Nahwärmenetze eingespeist oder anderweitig für Prozesswärme genutzt werden. Ohne solche Nutzungen sinkt die Energieeffizienz des Verfahrens erheblich.

Vorrangig sollte synthetisches Methan für das Gelingen der Energiewende im Strom- und Wärmebereich verwendet werden. Zum einen kann es zum Betrieb für moderne, rasch regelbare Gaskraftwerke dienen, damit diese jederzeit kurzfristig für Windräder oder Solaranlagen in die Bresche springen können, wenn diese nicht genug Strom liefern. Zum anderen können damit Blockheizkraftwerken betrieben werden, die Strom und Wärme liefern.

Langfristig und mit Blick auf die Zeit nach 2050 bietet der Ausbau von Power-to-Gas große Möglichkeiten zur Versorgung mit Energie und Stoffen. Gerade „die Verknüpfung verschiedener Sektoren wie bspw. Strom, Wärme, Mobilität, Industrie, Landwirtschaft etc. durch Power-to-Gas ermöglicht eine immense Effizienzsteigerung“ (BVES, S. 6, 2014). Power-to-Gas-Anlagen können zeitgleich oder wechselnd in mehrere Märkte eingebunden sein. Es ist deshalb sinnvoll, die Technik heute schon zu entwickeln und für das Morgen heranreifen zu lassen.

### **Kleine Chemiefabriken mit Zukunft für die Region**

An solchen Standorten mit Power-to-Gas-Anlagen kann praxisorientierte Wissenschaft und Forschung gemeinsam mit interessierten Chemieunternehmen weitere innovative Beiträge leisten zugunsten lokaler und regionaler Wertschöpfung. In der Chemie- und Pharmaindustrie weisen seit längerem Signale auf Trends hin zu ressourcenschonenden „Minifabriken“ im Bereich der Herstellung von Pharmaprodukten und Feinchemikalien. Mit modernster Steuerungs- und Regelungstechnik lassen sich in kleinen Reaktionsgefäßen zielgerichtet hochpräzise chemische Synthesen durchführen, die zudem mit geringem Anfall an Nebenprodukten und Abfällen verbunden sind.

## 7. Zusammenfassung

Seit Jahren befindet sich die Stahlindustrie inmitten wachsender wirtschaftlicher Probleme. Deshalb wehrt sich die Branche, die viel Energie und Kohle verbraucht, gegen verschärfte Klimaschutzziele. Der Konzern Thyssenkrupp – Betreiber des größten Stahlwerks in Deutschland – versucht nun mit seiner branchenübergreifenden Initiative Carbon2Chem ein neues, langfristig profitables Geschäftsmodell mit Stahlwerksabgasen zu etablieren. Aus Kohlendioxid und anderen Bestandteilen der Stahlwerksabgase sollen künftig Chemieprodukte werden. Dafür wird viel Wasserstoff gebraucht, der mit großen Mengen an erneuerbarem Strom hergestellt werden muss. An dem Projekt sind insgesamt achtzehn Forschungseinrichtungen und große Konzerne aus Chemie- und Energiewirtschaft sowie dem Anlagenbau beteiligt. Das Projekt wird seitens des Bundesforschungsministeriums üppig gefördert. In etwa 15 Jahren soll die Technologie national und international einsetzbar sein.

Die großtechnische Verwertung von Stahlwerksabgasen zu Chemieprodukten befestigt fossile Strukturen überkommener Stoff- und Energiewirtschaft auf lange Zeit im Übergang in das solare Zeitalter. Zugleich werden dafür große Mengen an erneuerbarem Strom und erneuerbaren Ressourcen gebunden. Außerdem befestigt die geplante Herstellung von Stickstoffdüngern eine klimaschädigende Intensivlandwirtschaft und neue Kraftstofftypen verlängern die Massenmobilität von gestern. Insgesamt ist damit dem Klimaschutz nicht oder nur marginal gedient. Durch die Herstellung von Chemieprodukten mit Kohlendioxid kann dieses nicht mehr am Stahlwerksstandort entweichen, sondern es entsteht erst wieder am Lebensende der Chemieprodukte, sei es bei ihrer Verbrennung als Kraftstoff oder im Rahmen der Entsorgung in einer Müllverbrennungsanlage. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden also lediglich an andere Orte verlagert.

Das Projekt Carbon2Chem weist zwar grundsätzlich in die richtige Richtung, ist aber fehl am Platz, wenn dafür fossile kohlenstoffhaltige Ressourcen eingesetzt werden sollen. Sinnvoll sind solche Projekte nur mit anderen, nicht vermeidbaren CO<sub>2</sub>-Quellen (wie Kalkbrennereien, Zementwerken oder Klärwerken) und Stoffpaletten, die mit einer solaren und ökologischen Wirtschaft verträglich sind. Für die Herstellung von Stahl ist zudem eine nahezu CO<sub>2</sub>-freie Alternative in Sicht. Sie braucht dafür keine mit Kohle betriebene Hochöfen mehr. Allerdings benötigt das alternative Verfahren große Mengen an erneuerbarem Strom und Wasserstoff. Die Durchsetzung des Verfahrens in den nächsten Jahrzehnten bis zum Ende dieses Jahrhunderts erfordert eine ambitionierte erneuerbare Energiewende.

## 8. Literatur:

- Ahrens, Ralph H.: Feinstaub: Tatort Duisburg, in: VDI-Nachrichten Nr. 49 vom 06.12.2013;
- Ahrens, Ralph H.: ThyssenKrupp sucht die große Lösung, in: VDI-Nachrichten Nr. 10 vom 06.03.2015;
- arepo consult: Befreiungen der energieintensiven Industrie in Deutschland von Energieabgaben, Rosa Luxemburg Stiftung, Berlin 20. März 2012;
- Bimboes, Detlef: Signale postfossiler Moderne, Berlin 10.08.2014 (Update 20.03.2016);
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung): Auf einen Blick: „Carbon2Chem“, in: [https://www.thyssenkrupp.com/media/c2c/presse/27\\_06\\_16\\_kurzdarstellung.pdf](https://www.thyssenkrupp.com/media/c2c/presse/27_06_16_kurzdarstellung.pdf); Abruf: 06.07.2016;
- BVES (Bundesverband Energiespeicher): Stellungnahme des BVES zur Speicherstudie der AGORA Energiewende: “Marktoptionen fördern, lokale Wertschöpfung stärken, Abhängigkeiten reduzieren, Berlin 18.07.2014;
- DEHSt (Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt): Treibhausgasemissionen 2015 – Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2015), S. 35, Berlin Mai 2016;
- Fleiter, Tobias; Schломann, Barbara; Eichhammer, Wolfgang (Hrsg): Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente, FhG ISI-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“, Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2013;
- Ford-Werke GmbH: Ford leitet Forschungsprojekt an Diesel-Motoren, die mit Kraftstoffen aus CO<sub>2</sub> nahezu rußfrei betrieben werden können, Pressemitteilung vom 11.09.2015;
- KIT (Karlsruher Institut für Technologie): Oxymethylenether zur Kraftstoffoptimierung, Pressemitteilung vom 11.02.2016; in: <http://www.internetchemie.info/news/2016/feb16/kraftstoff-optimierung-oxymethylenether.php>; Abruf: 28.06.2016;
- Schlögl, Robert: Carbon2Chem – von CCS zu CCU, Solarify Selbst-Gespräch, in: <http://www.solarify.eu/selbstgesprach/>; Abruf: 20.07.2016;
- Stahlinstitut VDEh der Wirtschaftsvereinigung Stahl: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2015, Düsseldorf 2015;
- Thyssenkrupp: Carbon2Chem: Industrie kooperiert für Klimaschutz und Energiewende, Pressemitteilung vom 27.06.2016;
- Thyssenkrupp: „tomorrow starts today – Unser Projekt Carbon2Chem®“, in: <https://www.thyssenkrupp.com/de/carbon2chem/>; Abruf: 28.06.2016;

Umweltbundesamt (UBA): Emissionen aus Betrieben der Metallindustrie, TOP 10 Emissionen von Luftschadstoffen aus der Roheisen- und Stahlerzeugung 2013 (Berichtspflichtige Betriebe nach PRTR), S. 6, Dessau 22.10.2015;

Weigel, Max: Ganzheitliche Bewertung zukünftig verfügbarer primärer Stahlherstellungsverfahren – Einschätzung der möglichen Rolle von Wasserstoff als Reduktionsmittel, Dissertation, Wuppertal, November 2014;

Wikipedia: Kokerei Schwelgern, in: [https://de.wikipedia.org/wiki/Kokerei\\_Schwelgern](https://de.wikipedia.org/wiki/Kokerei_Schwelgern);  
Abruf: 18.07.2016;

Wuppertal-Institut und Ecofys: Branchenpapier Metallerzeugung (Eisen und Stahl) für den Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen, S. 9, Stand: 11.06.2013.

Bearbeitungsschluss: 12.08.2016

**Verfasser:** Dr. Detlef Bimboes, Mitglied der Ökologischen Plattform bei der Partei DIE LINKE