

Zukunftsfähige Industrie – aber wie?

Klimakiller Industrie – ein Fall für mutige und langfristige Politik

Hans Thie / Detlef Bimboes

Die Industrie ist das vernachlässigte Stiefkind des Klimaschutzes in Deutschland. Kohleausstieg, Verkehrswende, energetische Gebäudesanierung – das sind die allseits bekannten Stichworte. Als Klimakiller kaum beachtet werden dagegen Unternehmen wie Thyssenkrupp, BASF und HeidelbergCement. Insgesamt sorgen die 47.000 Betriebe des verarbeitenden Gewerbes für 21 Prozent der deutschen Treibhausgase – mehr als alle Autos, LKWs und inländischen Flüge zusammen. Rechnet man noch diejenigen Emissionen hinzu, die von der Industrie indirekt verursacht werden (durch den Bezug von Strom und Wärme aus der Energiewirtschaft), dann steigt dieser Anteil auf rund 30 Prozent.

Deutschlands Industrie-Intensität ist eine ökonomische Stärke und gleichzeitig eine enorme klimapolitische Last. Wenn das Pariser Klima-Abkommen tatsächlich zur verbindlichen Leitlinie werden soll, dann müssen alle Sektoren der Volkswirtschaft schnell und drastisch ihre Emissionen senken. Dabei steht die Industrie vor Herausforderungen, die bislang kaum oder gar nicht adressiert worden sind:

- Welche politischen Instrumente sorgen zielsicher für die Reduktion der Industrie-Emissionen von aktuell rund 200 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (2017) auf eine Restgröße von unter 20 Millionen Tonnen in 2050?
- Welche Maßnahmen müssen schnell wirksam werden, damit die Industrie-Emissionen, die seit 2003 im Trend nicht mehr gesunken sind, wieder rasch abnehmen?
- Wie sind die Kosten des Klimaschutzes, die vor allem in der energieintensiven Industrie entstehen, angemessen und im Sinne von Wettbewerbsneutralität abzufedern?
- Wie sind die Innovatoren vor „Schmutzkonzurrenz“ zu schützen und wie ist die Abwanderung von Unternehmen zu verhindern („Carbon leakage“)?
- Mit welchen Mitteln ist sicherzustellen, dass die erheblichen Aufwendungen für Forschung und Innovation tatsächlich getätigt werden?
- Was ist zu tun, damit die Industriebeschäftigten die notwendige Umgestaltung der Produktionsprozesse unterstützen statt Arbeitsplätze zu verteidigen, die keine Zukunft haben?

Rund zwei Drittel der Emissionen, die gegenwärtig im Industriesektor durch die Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas anfallen, entstehen durch selbst erzeugten Strom (häufig in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung) und aus der Wärmebereitstellung für vielfältige Produktionsprozesse. Der industrielle Prozesswärmebedarf gestaltet sich ganz unterschiedlich. So braucht die Nahrungsmittelindustrie Warmwasser und Dampf im Niedertemperaturbereich. Dagegen benötigt die Grundstoffindustrie (Chemie, Stahl, Zement) Temperaturen, die vielfach oberhalb von 600 Grad liegen und bis weit über 1.000 Grad Celsius reichen.

Von den Emissionen aus der Verbrennung der genannten fossilen Energieträger werden die sogenannten prozessbedingten Emissionen unterschieden. Sie fallen als „Abfall“ chemischer Reaktionsprozesse an und machen rund ein Drittel der gesamten Industrie-Emissionen aus. Sie entstehen überwiegend in industriellen Großanlagen von vier Branchen: Grundstoffchemie, Raffinerien, Eisen und Stahl sowie Zement und Kalk. So entstehen beispielsweise bei der Stahlherstellung prozessbedingte Emissionen hauptsächlich durch den Einsatz von Koks für die Reduktion des Eisenerzes. Die Prozessemissionen der Zementherstellung resultieren aus der Entsäuerung des Kalksteins beim Klinkerbrennen. Die Herstellung von Ammoniak dominiert mittlerweile die Prozessemissionen der Grundstoffchemie.

Es stellt sich die Frage, was angesichts der Vielfalt an Produktionsprozessen getan werden kann. Sind für jede Branche spezielle Maßnahmen notwendig? Die EU-Kommission wie auch die Bundesregierung betrachten den Europäischen Emissionshandel (EU ETS) als zielführendes Instrument für den Industriesektor. Im EU ETS sind 931 deutsche Industrieanlagen einbezogen, die für 124 Millionen Tonnen Klimagase verantwortlich sind (Stand: Mai 2019). Davon blasen allein die 50 schmutzigsten Betriebe rund 85 Millionen Tonnen in die Luft.

Neben dem Emissionshandel gibt es eine Vielzahl weiterer Regelwerke der EU und nationaler Maßnahmen. Sie sollen ebenfalls für die Senkung der Industrie-Emissionen sorgen. Dazu gehören beispielsweise die F-Gase-Verordnung (drastische Minderung von teilfluorierten Kohlenwasserstoffen, die insbesondere als Kältemittel eingesetzt werden) und in nationale Rechtsvorschriften umgesetzte Energieeffizienz- und Ökodesign-Richtlinien sowie Förderprogramme für neue Technologien.

Die Fülle an Vorschriften ist jedoch aufgrund ihrer industriefreundlichen Ausgestaltung ohne jeden „Biss“ und mithin praktisch wirkungslos. Deshalb bewegen sich die deutschen Industrie-Emissionen seit 2003 auf einem viel zu hohen Niveau. Und sie sind sogar von 2012 bis 2017 wieder gestiegen! Insbesondere der Emissionshandel hat eklatant versagt. Die kostenlose und viel zu großzügige Zuteilung von Emissionsrechten brachte den Industrieunternehmen Zusatzgewinne und bewirkte klimapolitisch fast nichts.

Angesichts dessen ist es derzeit meist deutlich kostengünstiger, an veralteten Produktionsprozessen festzuhalten und die Atmosphäre mit Treibhausgasen zu belasten. Für einen Innovations- und Investitionsschub fehlen bislang strenge, rechtliche Verpflichtungen und wirksame Anreize. Was klimapolitisch notwendig und volkswirtschaftlich sinnvoll ist, wird nicht zu einem betriebswirtschaftlichen Gebot.

Jede eingesparte Kilowattstunde schont Umwelt, Klima und Ressourcenverbrauch. Was auf dem Weg in die solare Energiewirtschaft zählt, gilt auch für industrielle Grundstoffe. Der Verbrauch von Stahl, Zement, Ammoniak und anderer Basisstoffe muss schrumpfen. Denn sie können bisher nur sehr klimaschädlich und künftig nur mit hohen Kosten für die Vermeidung von CO₂ hergestellt werden. Deshalb ist es notwendig, dass viel weniger an diesen Stoffen verbraucht werden. Das aber setzt längerfristig einen weitreichenden Wandel der gesamten energie-, stoff- und raumverschlingenden industriellen und agrarischen Produktions-, Konsum- und Lebensweise

voraus. So liegt der Ressourcenverbrauch in Deutschland nach Angaben des Wuppertal-Instituts (2016) bei 33 bis 40 Tonnen pro Kopf und Jahr. Als global nachhaltiges Maß gelten acht Tonnen pro Kopf und Jahr!

Für erdölbasierte Raffinerien gibt es einen klar absehbaren Auslaufpfad, denn der künftige Verkehrssektor braucht keine fossilen Kraftstoffe mehr. Eine weniger drastische, aber ähnliche Perspektive gibt es für die Agrochemie. Der notwendige ökologische Umbau der Landwirtschaft lässt den Verbrauch von Stickstoffdüngern und Pestiziden sinken. Damit nimmt das Volumen der agrochemischen Produktion ab. Auch für andere energieintensive Branchen gilt: jede Tonne nicht benötigten industriellen Grundstoffs ist eine gute. Aber selbst wenn ein solcher Strukturwandel gelingen würde, dann bliebe der Umbauebedarf in der Industrie immer noch hoch. Was also ist zu tun?

Eine durchgreifende EU-Klimapolitik für die Industrie ist nicht absehbar

Die meisten klimapolitisch relevanten Industrieunternehmen unterliegen nicht nur europäischer, sondern vielfach auch internationaler Konkurrenz. Deshalb kommt man nicht umhin, die Reduktion der Industrie-Emissionen auf europäischer Ebene einheitlich zu regeln. Deutschland ist mit Abstand der größte Industrie-Standort in der EU. Deshalb steht es in der Pflicht für eine klimaneutrale Industrie zu sorgen.

Der europäische Emissionshandel ist bisher unwirksam geblieben und bedarf deshalb grundlegender Verbesserungen. So muss die zulässige CO₂-Gesamtmenge (das sogenannte CAP) deutlich schneller sinken. Emissionsrechte dürfen nicht mehr kostenlos vergeben werden, sondern sind kostenpflichtig zu ersteigern. Die in der Vergangenheit im Interesse großer Wirtschaftsinteressen großzügig vergebenen Emissionsrechte sind zu löschen. Ein spürbarer CO₂-Mindestpreis würde den kurzfristig kalkulierenden Unternehmen klarmachen, dass die Verschmutzung der Atmosphäre teuer ist und noch viel teurer wird.

Ein solch grundlegend reformierter Emissionshandel zwingt die EU-Unternehmen, in neue, zunächst teurere Technologien zu investieren. Das führt kurz- und mittelfristig zu höheren Kosten gegenüber Konkurrenten außerhalb der EU, die einem geringeren oder keinem Umweltschutz unterworfen sind. Um diesen Nachteil auszugleichen, muss die EU ihre Handelsregeln ändern. Notwendig ist ein Grenzausgleich, der umweltbelastende und daher relativ billige Importe verteuert und die eigenen umweltschonenden und deshalb relativ teuren Exporte billiger macht.

Allerdings ist eine derartige Klimapolitik für die Industrie einschließlich einer dafür notwendigen handelspolitischen Neuorientierung gegenwärtig nicht absehbar. Deshalb bedarf es eines verbindlichen Regulierungsrahmens auf nationaler Ebene. Dabei geht es primär um einen Umbau in bestehenden Unternehmen.

Klare Vorgaben für die Industrie mit einem Klimaschutz-Gesetz

Mit einem **Gesetz für den Klimaschutz in der Industrie** sollte ein verbindlicher und langfristig wirksamer Rahmen festgelegt werden. In ihm sind Reduktionsziele und Umsetzungsmaßnahmen zu regeln, die neue innovative Lösungen ermöglichen und gleichzeitig sowohl Anreize als auch Sanktionen enthalten. Dabei sind drei Kernbereiche zu unterscheiden: Strom, Wärme und prozessbedingte Emissionen, die aufgrund chemischer Umwandlungsprozesse entstehen:

ZIELE

- Bis 2030 sinken die Treibhausgase der Industrie möglichst kontinuierlich auf ein Niveau von maximal 110 Millionen Tonnen.
- Bis 2040 ist eine Obergrenze von 55 Millionen Tonnen zu erreichen, um dann bis 2050 klimaneutral zu werden.

STROM UND WÄRME

- Alle Industrie-Unternehmen (mit Ausnahme von Kleinbetrieben) werden verpflichtet, ihren Energieeinsatz zu reduzieren. Es gelten klar definierte Benchmarks.
- Grundlage für Ersatzinvestitionen bildet ausschließlich beste verfügbare Technik.
- Der Stromverbrauch für mechanische Energie und Beleuchtung ist in allen Industriesektoren zu reduzieren. Im Jahr 2016 entfiel auf mechanische Energie ein Strom-Endverbrauch von 552 Petajoule (PJ) und auf Beleuchtung von 32,2 PJ. Das Einsparpotential wird bis 2030 mit rund 130 PJ (= 36 TWh=Terrawattstunden) beziffert. Vor diesem Hintergrund sind effizientere, stromsparende und sich rasch rechnende Querschnitt-Technologien verbindlich einzusetzen (Pumpen, Motoren, Ventilatoren, Druckluft, Kältekompressoren etc.).
- Weiterentwicklung der Energieeffizienzanforderungen für Querschnittstechniken im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie (nach einer Übergangszeit darf nur noch beste verfügbare Technik in den Verkehr gebracht werden).
- Verstärkte Förderung anwendungsorientierter Forschung zur mittel- und langfristigen Steigerung der Energieeffizienz bei Querschnittstechniken.
- Verbindliche Einführung von Energiemanagementsystemen in Nicht-KMU.
- Eigenstrom der Industrie ist bis 2030 genauso schnell zu dekarbonisieren wie der Strom-Mix insgesamt. Der Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK) ist hier gefordert. Seine rund 300 Mitglieder stehen für 80 Prozent des Industriestromverbrauchs in Deutschland.
- Umrüstung aller noch mit Kohle oder Erdöl betriebenen Industriefeuerungsanlagen auf Erdgas bis 2030 und Ersatz durch strombasiert hergestelltes, erneuerbares Methan bis 2050.
- Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme müssen ab 2022 die Reduktion ihrer CO₂-Emissionen um jährlich mindestens fünf Prozent nachweisen.
- Die in nahezu allen industriellen Prozessen anfallende Abwärme ist vermehrt und effizient zu nutzen. Von besonderer Bedeutung ist dafür Prozesswärme, die ab Temperaturen von

200 Grad Celsius aufwärts, insbesondere aber oberhalb von 600 Grad Celsius gebraucht wird.

- Niedertemperaturbereich: Verstärkte Nutzung von Power-to-Heat (PtH) zur Prozesswärmeversorgung (Ersatz von Erdgas durch Umrüstung auf Betrieb mit erneuerbarem Strom), insbesondere in Verbindung mit Wärmepumpen sowie entsprechend vorlaufende Forschungsförderung; Einbindung entstehender Abwärme in Fernwärmenetze, wo möglich und sinnvoll.
- Hochtemperaturbereich: fossiles Erdgas ab 2030 sukzessive durch strombasiert hergestelltes, erneuerbares Methan ersetzen.
- Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Rückgewinnung und Nutzung industrieller Abwärme einschließlich der Stromerzeugung aus Abwärme bei kaskadenartiger Abwärmenutzung.
- Erweiterung der Definition für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), so dass eine industrielle Thermoprozessanlage inklusive einer Abwärme-Verstromungsanlage als eine KWK-Anlage gilt.

PROZESSBEDINGTE EMISSIONEN

- Reduktion durch verbindliche branchenspezifische Benchmarks in der Chemieindustrie, Eisen- und Stahlindustrie, der NE-Metallindustrie sowie der Zement- und Kalkindustrie.
- Reduktion in der Zementindustrie zusätzlich durch die Festlegung von Quoten für neuartige Bindemittel als Ersatz für Zementklinker und durch neue, den Zement- und Betonbedarf senkende DIN-Normen in den Anwendungsbereichen.
- Ausschreibung von Kontingenten industrieller Grundstoffe, die mit neuen klimaneutralen, aber auch teuren Technologien hergestellt werden. Die Differenzkosten im Vergleich zu alten, billigeren Technologien sind durch die öffentliche Hand zu übernehmen. Als Gegenleistungen der geförderten Unternehmen sind Gewinn- und/oder Kapitalbeteiligung sowie Anteile an der Verwertung von Patenten für den Subventionsgeber festzulegen.

RECYCLINGQUOTEN, LIEFER- UND ABNAHMEPFLICHTEN

- Rechtsverbindliche, hohe Recyclingquoten für prioritäre Rohstoffe, insbesondere für Eisen-/Stahl- und Nichteisenmetallabfälle sowie für ausgediente Elektro- und Elektronikgeräte.
- Im Kunststoffsektor hat die umfassende Verwertung von Plastikmüll höchste Priorität.
- Festlegung von sukzessive steigenden Wasserstoffquoten für den Einsatz in Grundstoffchemie und Stahlherstellung zur Reduktion von Treibhausgasen. Der Großhandel für Industriegase ist verpflichtet, Wasserstoff in Verkehr zu bringen, der in zunehmendem Maße auf erneuerbarer Grundlage hergestellt wird.
- Festlegung zur Abnahme von schrittweise steigenden Quoten an erneuerbarem Methan durch Erdgashändler für Industrieunternehmen.

ANREIZE UND SANKTIONEN

- Für sämtliche Maßnahmen sind Sonderabschreibungen von 50 Prozent im ersten Jahr zu gewähren.
- In den einschlägigen Energiegesetzen werden zur Steigerung von Energieeffizienz und zur CO₂-Reduktion alle bislang nicht oder nicht ausreichend sanktionsbewehrten Maßnahmen in wirksame, rechtsverbindliche Vorschriften umgewandelt.
- Für die Betreibergrundpflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung sind im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) verschärfte Anforderungen festzulegen einschließlich einer Verpflichtung zur Umsetzung von Maßnahmen zur Abwärmenutzung.
- Für Unternehmen, die sich nicht an die Vorgaben halten, sind empfindliche Strafen vorzusehen. Soweit erforderlich, ist die Betriebserlaubnis zu widerrufen.

Fördern und fordern mit einem Industrie-Umbau-Förderprogramm

Klimaschutz bedeutet kurz- und mittelfristig höhere Kosten für Betriebe. Ohne staatliche Unterstützung wird vieles nicht gelingen – zumal die Vorgaben in Deutschland strenger ausfallen dürften als bei ausländischen Mitkonkurrenten und ein strenger Regulierungsrahmen für einen EU-weiten Klimaschutz der Industrie kaum zu erwarten ist. Staatliche Unterstützung ist insbesondere für Forschung, Entwicklung und Anwendung neuer Prozesstechnologien der Grundstoffindustrie erforderlich, die CO₂ vermeiden und für die Verwertung des abgeschiedenen CO₂ in besonderen chemischen Verfahren (CCU – Carbon Capture and Utilization) sorgen können. Deshalb sollte das Förderprogramm folgende Punkte umfassen:

- Integration des bereits vorhandenen Förderprogramms „Dekarbonisierung der energieintensiven Industrie“ in ein umfassendes Klimaschutzgesetz für die Industrie. Erhöhung der Fördermittel von aktuell 45 Millionen Euro auf mindestens 250 Millionen Euro jährlich.
- Bewilligung von einfachen, nicht rückzahlbaren Zuschüssen für kleinere und mittlere Investitionen (bis zu einer Grenze von zehn Millionen Euro), die einen besonders ambitionierten Beitrag zur CO₂-Minderung leisten.
- Bewilligung von zinslosen Krediten mit sehr langer Laufzeit durch die dem Bund gehörende Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für größere Investitionen in neue, weitgehend klimaneutrale Produktionsverfahren oder direkte Unterstützung der jeweiligen Investition durch den vorhandenen Energie- und Klimaschutz-Fonds. Im Falle der Inanspruchnahme des Fonds sind Erfolgsbeteiligungen (Anteile am Kapital, am Gewinn oder an Patentverwertungen) vorzusehen.
- Umbau-Hilfen für einzelne Unternehmen, die ihre Produktpalette klimaneutral gestalten.
- Verstärkter Einsatz von strombasiert hergestellten, erneuerbaren statt fossilen Kohlenwasserstoffen zur Herstellung von Chemieprodukten.
- Strukturhilfen für Raffinerie-Standorte. Wegen der in großem Umfang nicht mehr benötigten fossilen Kraftstoffe wird der Produktionsumfang der Raffinerien spürbar schon bis 2030 und um 80 Prozent bis 2050 abnehmen.
- Keine staatliche Unterstützung ohne hohe Tarifstandards für die Beschäftigten.

Branchenspezifische Maßnahmen in den wichtigsten Industriesektoren

Chemieindustrie

Der Gesamtausstoß der chemischen Industrie lag im Jahre 2016 durch Energieverbrauch, prozessbedingte Emissionen und auf fossile Kohlenstoff basierende Produkte bei rund 45 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Am Gesamtausstoß lag der Anteil prozessbedingter Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) der Grundstoffchemie im Jahre 2014 bei 18,1 Millionen. Der Umbau zu Null-Emissionen bis 2050 stellt in diesem komplexen Industriesektor besondere Herausforderungen. Ein Gelingen senkt auch die CO₂-Emissionen von Produkten, die nach dem Ende ihrer Nutzungsphase in Abfallverbrennungsanlagen entsorgt werden müssen.

Umsetzung:

- bis 2030 sind etwa 43,2 PJ (12 TWh) des nicht-energetischen Bedarfs für langlebige Produkte durch Power-to-Gas/Power-to-Liquid (PtG-/PtL)-Kohlenwasserstoffe zu decken. Ein zentraler Punkt ist hier der Ersatz von fossilem Erdgas, mit dem mittels Dampfreformierung Synthesegas für die verschiedensten Produkte gewonnen wird;
- bis 2050 ist der nicht-energetische Bedarf an kohlenstoffhaltigen Rohstoffen vollständig durch Kohlenwasserstoffe zu ersetzen, die mittels PtG/PtL erzeugt werden;
- bis 2050 ist der Energiebedarf der chemischen Industrie durch Umstellungen auf energieeffizientere Prozesse um rund die Hälfte zu senken.

Raffinerien

Der Ausstoß der Raffinerien an prozessbedingten THG-Emissionen belief sich im Jahre 2016 auf 25,3 Mio. Tonnen. Die Versorgung mit Brenn- und Kraftstoffen (mit Ausnahme von gewissem Bedarf für den internationalen Flug- und Schiffsverkehr) sowie von Grundstoffen für die Chemieindustrie kann bis 2050 fast vollständig auf eine erneuerbare und strombasierte Grundlage umgestellt werden. Damit werden erdölbasierte Raffinerien in Deutschland für die Bereiche Energie, Verkehr und Chemie (abgesehen von o. g. Ausnahmen) nicht mehr gebraucht.¹

Umsetzung:

- Verbot der Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ab 2030;
- Verlagerung des straßengebundenen Güterverkehrs auf die Schiene;
- wirksamer europäischer Emissionshandel, wirksame CO₂-Steuer und Abbau umweltschädlicher Subventionen für Kohle und Erdöl (siehe oben).

¹ Der Entfall bzw. das Schrumpfen vieler Raffinerien dürfte durch „peak oil“ und höhere Weltmarktpreise für Erdöl begünstigt werden.

Stahlindustrie

Im Jahre 2016 lag der CO₂-Gesamtausstoß der deutschen Eisen- und Stahlindustrie bei rund 36,3 Mio. Tonnen. Die daran beteiligten prozessbedingten THG-Emissionen werden für 2015 auf 16,7 Mio. Tonnen beziffert. Sie resultieren vorwiegend aus dem Einsatz von Koks als kohlenstoffhaltigem Reduktionsmittel im Hochofen. Mehr als 95 Prozent der CO₂-Emissionen stammt von Stahlwerken auf Kohle- beziehungsweise Koks-Basis. Der Rest entfällt auf Elektrostahlwerke.

Damit die mit der heutigen Stahlerzeugung verbundenen THG-Emissionen bis 2050 fast vollständig vermieden werden können, bedarf es grundlegender technischer Neuerungen sowie der Bereitstellung großer Mengen an erneuerbarem Strom und Wasserstoff.

Umsetzung:

- bis 2050 wird die maßgeblich auf dem Einsatz von Schrott und Strom basierende Elektrostahlerzeugung in Lichtbogenöfen um etwa 100 Prozent (auf etwa 27 Mio. Tonnen Rohstahl/Jahr) gesteigert;
- bis 2050 wird der koks-basierte Hochofenprozess für den verbleibenden Bedarf an Rohstahl (18 Mio. Tonnen/Jahr) vollständig auf das gasbasierte Direktreduktionsverfahren mit Wasserstoff umgestellt, mit anschließendem Schmelzvorgang im Elektrolichtbogenofen;
- bis 2050 vollständiger Entfall des Bedarfs der Stahlindustrie an fossilen Brennstoffen. Dafür ist die Bereitstellung von erneuerbarem Strom in Höhe von etwa 169 PJ/Jahr, zuzüglich rund 238 PJ/Jahr regenerativen Wasserstoffs notwendig. Der Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt. Dafür wird Strom in einer Größenordnung von knapp 270 PJ/Jahr gebraucht;
- Hochöfen sind üblicherweise bis zu 20 Jahren kontinuierlich in Betrieb, bevor sie durch neue ersetzt oder ertüchtigt werden müssen. Deshalb muss der Umbau des gesamten Anlagenparks spätestens ab 2030 beginnen, damit dieser wirtschaftlich vertretbar bis 2050 abgeschlossen werden kann.

NE-Metallindustrie

Im Jahre 2014 lag der prozessbedingte CO₂-Ausstoß der deutschen NE-Metallindustrie bei 3 Mio. Tonnen. Für den gesamten Bereich einschließlich Aluminium- und Gießerei-Industrie (NE-Metall-, Eisen- und Stahl-Guss) sind große Anstrengungen notwendig, um die bisherigen energie- und prozessbedingten THG-Emissionen bis 2050 auf null zu bringen. Dem kommt noch größere Bedeutung zu, weil nach Annahme des UBA die inländische Produktionsmenge aufgrund steigender Recyclingquoten deutlich zunimmt.

Umsetzung:

- **NE-Metallindustrie:** Effizienzverbesserungen und Umstellung von Anlagen auf die Verwendung von Power-to-Gas-Brennstoffen oder Strom. Effizienzverbesserungen sorgen dafür, dass der Strombedarf um etwa ein Drittel auf 10 TWh/Jahr (36 PJ/Jahr) abnimmt;

- **Gießereiindustrie:** deutliche Verbesserungen bei der Energieeffizienz und flächendeckende Umstellung auf strombetriebene Schmelzöfen. Prozessbedingte THG-Emissionen durch den Einsatz von Kohle (Aufkohlungsmittel) sind durch die Verwendung von PtG-/PtL-basierten Kohlenstoffträgern zu vermeiden.
- **Primär-Aluminiumindustrie:** prozessbedingte THG-Emissionen durch Umstellung auf inerte Anoden auf null bringen.

Zement- und Kalkindustrie

Im Jahre 2014 lag der CO₂-Gesamtausstoß der deutschen Zement- und Kalkindustrie bei 29 Mio. Tonnen. Für die Zementindustrie werden allein die rohstoffbedingten Emissionen des Jahres 2015 auf 12,4 Mio. Tonnen beziffert. Für die Kalkindustrie werden die rohstoffbedingten Emissionen des Jahres 2015 mit rund 5 Mio. Tonnen angegeben. Erhebliche Verminderungen der THG-Emissionen sind durch Brennstoffwechsel, Neuerungen im Bindemittelbereich (Zement) und in anderen Industriesektoren möglich. Dazu gehört insbesondere auch eine Ausweitung des Holzbaus statt herkömmlicher Bauten mit Zement und Beton.

Umsetzung in der Zementindustrie:

- Sukzessiv vollständige Umstellung der Drehrohröfen von Kohle über Erdgas auf erneuerbares Methan;
- Substitution von 50 Prozent der bisherigen Produktionsmenge von Zementklinker durch neuartige Bindemittel. Die neuen Verfahren verursachen nur ein Drittel der prozessbedingten CO₂-Emissionen im Vergleich zum bestehenden Klinkerprozess. Zudem wird ein um 50 Prozent geringerer Energiebedarf gegenüber dem herkömmlichen Verfahren erwartet;
- Vermeidung von jährlich bis zu 10 Mio. Tonnen der rohstoffbedingten CO₂-Emissionen durch Ausweitung des Holzbaus in Deutschland mit Holz aus nachhaltiger, ökologischer Waldwirtschaft (eigene, vorläufige Schätzung).

Umsetzung in der Kalkindustrie

- Sukzessiv vollständige Umstellung des Brennstoffbedarfs auf PtG-/PtL-Brennstoffe;
- Vermeidung von THG-Emissionen durch Verfahrensänderungen in anderen Industrie- und Wirtschaftsbereichen, die (gebrannten) Kalk benötigen (u. a. Holzbau statt Ziegel- und Betonbau, Eisen- und Stahlherstellung).

Literatur:

1. Öko-Institut, Fraunhofer ISI: Klimaschutzszenario 20150, 2. Endbericht, Studie im Auftrag des BMU; Berlin, den 18. Dezember 2015;
2. UBA: Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten; Dessau, Januar 2019;
3. Agora Energiewende & Agora Verkehrswende (2019): 15 Eckpunkte für das Klimaschutzgesetz, Berlin 2019;
4. Klimaallianz Deutschland: WANN, wenn nicht jetzt – Das Maßnahmenprogramm Klimaschutz der deutschen Zivilgesellschaft; Berlin, November 2018;
5. UBA: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung – Diskussionsbeitrag des Umweltbundesamtes, Position // April 2016; Dessau 2016;
6. BMU: Klimaschutz in Zahlen – Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2018; Berlin, Mai 2018;
7. Leopoldina, acatech, UNION der Deutschen Akademien der Wissenschaften: „Sektorkopplung“ – Optionen für die nächste Phase der Energiewende, Stellungnahme November 2017; München 2017;
8. VCI-Position: Regulierungsgrundlagen für die Sektorenkopplung aus Sicht der chemischen Industrie (v 1.0); Frankfurt am Main, den 12. März 2019;
9. Ausfelder, Florian; Dura, Hanna Ewa (DECHEMA): Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X Technologien, Herausforderungen-Potenziale-Methoden-Auswirkungen; 1. Roadmap des Kopernikus-Projektes „Power-to-X“: Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X), gefördert vom BMBF; Frankfurt am Main, den 31.08.2018;
10. acatech (Hrsg.): CCU und CCS – Bausteine für den Klimaschutz in der Industrie, Analyse, Handlungsoptionen und Empfehlungen; München, Oktober 2018;
11. Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES): Prozessemissionen in der deutschen Industrie und ihre Bedeutung für die nationalen Klimaschutzziele – Arbeitspapier 4 im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz durch Energieeffizienz II“ – Zusammenfassung, im Auftrag des BMU; Karlsruhe, Berlin, den 31.05.2018;
12. WWF Deutschland: Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie – Hintergrund und Handlungsoptionen; Berlin Februar 2019;

Weitere Literatur kann bei den Verfassern angefordert werden.