

**stahl-online.de**

Themenpapier



# Energiewirtschaft

**Ansprechpartner:**

Dr.-Ing. Jean-Theo Ghenda

Stahl-Zentrum

Sohnstraße 65

40237 Düsseldorf

Tel.: +49 211 6707-407

E-Mail: [jean-theo.ghenda@stahl-zentrum.de](mailto:jean-theo.ghenda@stahl-zentrum.de)

Die deutsche Stahlindustrie gehört zu den besonders energieintensiven Branchen. Sie ist der bedeutendste Stahlerzeuger innerhalb der EU; ihr Anteil an der europäischen Erzeugung liegt bei 25,3 % (2012, EU27).

Die Rohstahlerzeugung in Deutschland von 42,7 Mio. Tonnen im Jahre 2012 wurde zu 67,7 % aus Oxygenstahl und zu 32,3 % aus Elektrostahl mit einem hohen Anteil an Edelstahl erschmolzen. Die steigenden Qualitätsanforderungen und der zunehmende Kostendruck haben in der deutschen Stahlindustrie in der zurückliegenden Zeit erhebliche technologische Fortschritte hervorgerufen. Erkennbar sind diese insbesondere in einer wesentlichen Steigerung der Energie- und Stoffeffizienz. Effizienzsteigerung heißt hierbei eine fortlaufende Erhöhung des Output-Input-Verhältnisses beim gesamten materiellen Ressourceneinsatz. roßflächige und unkompliziert handhabbare Verlege-Einheiten von 50 Zentimetern bis zu 8 Metern Länge erlauben es, Dächer in wenigen Tagen neu zu decken. Durch die zügige Montage können die Gebäude in der Zeit der Sanierung weiter genutzt werden.

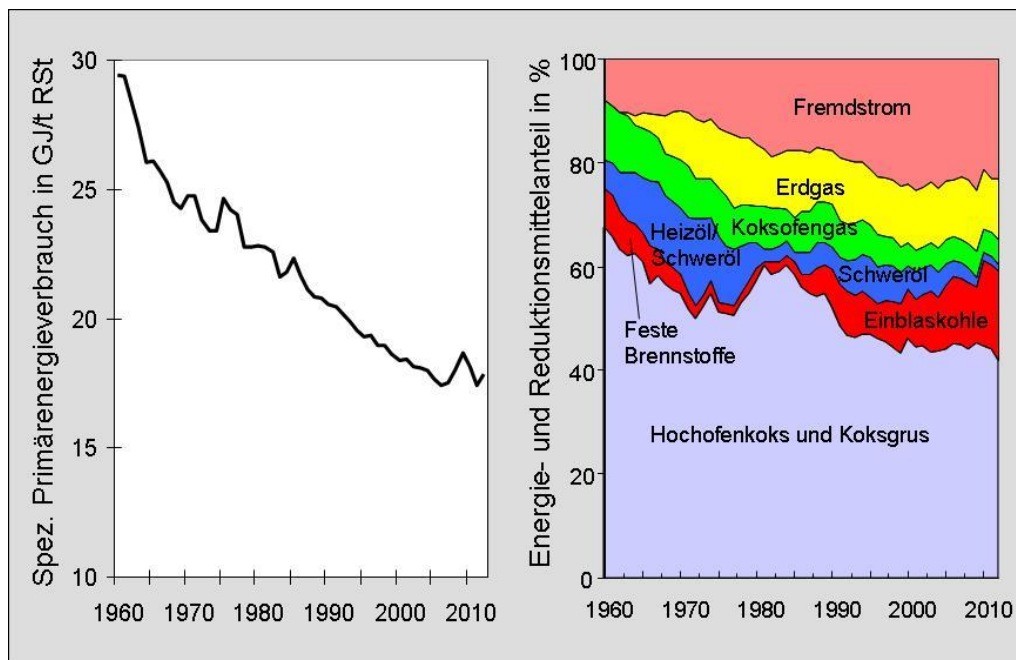


Abbildung 1: Entwicklung der Energieeffizienz und der Struktur des Energieträgereinsatzes für die Stahlherzeugung in Deutschland

Der im Teilbild links auf die Rohstahlerzeugung bezogene spezifische Primärenergieverbrauch konnte von 1960 bis 2012 um 39,2 % von 29,4 auf 17,9 GJ je Tonne Rohstahl verringert werden. Diese Verbrauchsminderung entspricht 393 kg SKE/t Rohstahl. Noch bedeutender war die Absenkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emission um 1.083 kg von 2.439 auf 1.356 kg CO<sub>2</sub> je Tonne Rohstahl oder um 44,4 %. Erreicht wurde dies durch den fortlaufenden Strukturwandel, durch Innovationen in der Verfahrens- und Anlagentechnik und die energietechnische und ausbringensverbessernde Weiterentwicklung der Prozesse. Begleitet wurden diese Maßnahmen durch die ständige Anpassung und Optimierung der emissionsmindernden Energieverbundwirtschaft.

Die im rechten Teilbild dargestellte Struktur der Energieträger wurde durch die bedeutende Verringerung des Bedarfs an Reduktionsmitteln für den Hochofenprozess sowie den Einsatz von Schweröl als Ersatz für den Hochofenkoks ebenso beeinflusst, wie durch den verstärkten Einsatz von Erdgas und einen erhöhten Strombedarf für die Hochtemperatur- und Umformprozesse sowie den zunehmenden Bedarf für Anlagen der Weiterverarbeitung sowie durch Umweltschutzmaßnahmen.

In letzten 30 Jahren gewann bei den Ersatzreduktionsmitteln die Einblaskohle steigende Bedeutung, wobei der Kohleeinsatz den Schweröleinsatz schon seit Jahren mengenmäßig übertrifft. Der rohstofflich bedingte und metallurgisch unverzichtbare Einsatz an Reduktionsmitteln für die Roheisenerzeugung hat heute einen Anteil von rund 65,2 % am Gesamtenergiebedarf der Stahlindustrie. Da sich aufgrund der gegebenen Einsatzstoffe und Prozesstechnik der Bedarf an Kohlenstoffträgern für den Eisenerz-Reduktionsprozess im Hochofen nur noch in geringem Umfang verringern lässt, werden Energieeinsparpotentiale nahezu ausschließlich im Bereich der restlichen 34,8 %, nämlich beim Bedarf an Brenngasen und elektrischer Energie, wirksam werden.

Unter dem Gesamtaspekt der Ressourceneffizienz umfasst die rationelle Energienutzung in der Metallurgie mit ihrer Vielzahl von verketteten Einzelprozessen vor allem eine möglichst effiziente Stoffnutzung, sowohl beim Rohstoffeinsatz als auch bei der Herstellung der Zwischen- und Fertigprodukte. So sind die ständige Verbesserung des Ausbringens in den einzelnen Fertigungsstufen genauso wie die Verminderung, Rückgewinnung und Nutzbarmachung von kreislaufgeeigneten Stoffen bei der Stoffumwandlung bedeutende Maßnahmen zur Minderung des Gesamtenergiebedarfs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## Energieverbundwirtschaft integrierter Hüttenwerke

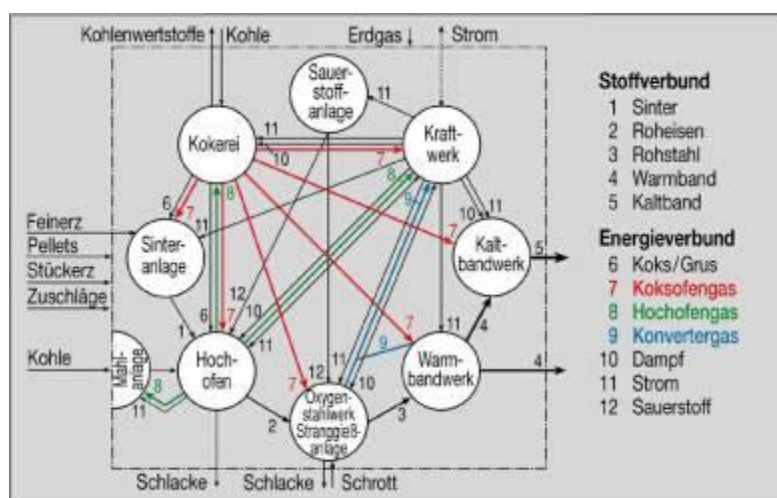


Abbildung 2: Oxygenstahlerzeugung: Anlagenstruktur des Kernbereichs integrierter Hüttenwerke mit Kuppelenergienutzung im Energieverbund

Das Prozess- und Energieverbundschemata verdeutlicht, dass die Energieverbundwirtschaft, als dominierende Einflussgröße in der Energiewirtschaft eines integrierten Hüttenwerks, entscheidend durch die Art der Prozesskombination und der Energienutzung in aufeinanderfolgenden Produktionsprozessen und den verbundenen Energieumwandlungsprozessen

sen geprägt wird. So kann die zwangsweise erzeugte Kuppelenergie oder nicht nutzbare Restenergie eines Prozesses als Nutzenergie im folgenden Prozess eingesetzt werden. Die mehrmalige Anwendung dieses Prinzips wird als Energiekaskade bezeichnet.

Um die Hochofenanlage - als zentralen Betriebsbereich - sind alle anderen Betriebe in unmittelbarer Nähe angeordnet. Ebenfalls in zentraler Lage befindet sich das Kraftwerk. Dies ist für die Energiewirtschaft des Hüttenwerkes von Bedeutung, da von hier aus alle anderen Betriebsbereiche Strom und Dampf beziehen und hier alle überschüssigen Kuppelgase, die in anderen Betriebsbereichen nicht eingesetzt werden, verstromt werden. Je nach Standortgegebenheiten kann das Kraftwerk ein reines Hüttenkraftwerk, ein Gemeinschaftskraftwerk mit einem Versorgungsunternehmen oder eines anderen Unternehmens, wie z. B. die Bundesbahn, sein. Gleiches trifft in Bezug auf die Verbundbeziehungen auch für die Sauerstoffversorgung zu. Der Energieverbund kann mit anderen Energieträgern über das Hüttenwerk hinaus bestehen, wenn mit benachbarten Industrieunternehmen oder kommunalen Versorgungsbetrieben bestimmte Vereinbarungen über Energiebezug oder -lieferung getroffen sind.

Die energiewirtschaftliche und ökologische Bedeutung dieser Verbundnutzung ist vorrangig auch dadurch gegeben, dass die in der Kokerei, am Hochofen und im Oxygenstahlwerk zwangsweise erzeugten Prozessabgase, Koksofengas, Hochofengas und Konvertergas, nach Aufbereitung als umweltgerechte gasförmige Sekundärenergieträger genutzt werden.

Das beim Entgasungsprozess in der Kokerei entstehende Koksofengas hat durch das hohe Verhältnis Wasserstoff zu Kohlenstoff noch einen um 25 % günstigeren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor als Erdgas. Sowohl Koksofengas als auch Hochofengas und Konvertergas werden als schwefelarme Brennstoffe neben den thermischen Hochtemperaturprozessen der Stahlindustrie auch zu einem erheblichen Anteil in anderen energieverbrauchenden Sektoren eingesetzt.

Das Beispiel der Hochofengasnutzung soll diese Anwendungsvielfalt verdeutlichen. Hochofengas ist für die Energiebedarfsdeckung und somit für die Energiestruktur der integrierten Hüttenwerke noch immer von vorrangiger Bedeutung. Es wird vorzugsweise prozesssynchron oder prozesskettensynchron in den Winderhitzern und zur Windverdichtung, in der Kokerei zur Unterfeuerung, in den Dampfkesseln und zur Prozessdampf- und Stromerzeugung eingesetzt. Mit dem eigenerzeugten Strom werden in der Tieftemperaturluftzerlegungsanlage mittelbar Sauerstoff und die Kuppelprodukte Stickstoff und Argon erzeugt. Das durch das Frischen mit dem Sauerstoff im Oxygenstahlprozeß freigesetzte schwefelarme Konvertergas eignet sich aufgrund seiner wärmetechnischen Eigenschaften ausgezeichnet für die Nutzung in Wärmöfen und substituiert in diesen und anderen Hochtemperaturprozessen fremdbezogenes Erdgas. Sauerstoff wie auch Stickstoff werden beispielsweise wiederum verstärkt im Hochofenprozess beim Kohleeinblasen eingesetzt - Argon zum Bodenspülen bei den metallurgischen Prozessen.

Diese Energieverbundwirtschaft bezieht ihren Gewinn aus dem großen Optimierungsfeld kombinierter Verfahrensstufen, Versorgungs- und Nebenanlagen und gewährleistet ein hohes Maß an Restenergienutzung sowie zur Minimierung aller energiebedingten Emissionen. Eine Tatsache, der im Zusammenhang mit der Diskussion um rationellere Energienutzung und Forderung nach klimaentlastender Energietechnik Vorbildfunktion zukommt und die in der Öffentlichkeit noch viel zu wenig Beachtung findet.

### **Thermoprozesstechnik**

Tätigkeitsschwerpunkt dieses Aufgabengebietes in den Unternehmen der Stahlindustrie ist die technisch-wissenschaftliche Behandlung von Bau, Betrieb und Prozessoptimierung sowie die Entwicklung und Forschung der thermoprozesstechnischen Verfahren, Anlagen und Komponenten. Ein besonderer Schwerpunkt innerhalb dieses Gesamtgebietes sind die verschiedenen brennstoffbeheizten Wärmöfen in Walzwerken. Sie haben die Aufgabe, das Einsatzgut möglichst gleichmäßig durchwärmt auf eine vom Umformprozess jeweils vorbestimmte Zieh-temperatur zum vorgegebenen Ziehzeitpunkt zu erwärmen. Weiterhin soll dieser Erwärmungs- und Durchwärmungsvorgang energieoptimal und kostengünstig bei geringer Verzunderung und den Werkstoff nicht beeinträchtigender Randentkohlung erfolgen. Ebenso sollen andere Oberflächenfehler, wie beispielsweise Kratzmarken während des Ofentransportes des Einsatzgutes, vermieden werden.

Die ofentechnische, wärmewirtschaftliche und emissionsmindernde Weiterentwicklung besonders der letzten zehn Jahre führte dazu, dass neue oder modernisierte Walzwerksöfen als prozessrechnergeführte Erwärmungsmaschinen betrieben werden. Zielsetzung einer Prozessrechnerführung an einem Ofen mit zum Teil unterschiedlicher Gewichtung sind Minimierung des Energieverbrauchs, Vergleichmäßigung und Einhaltung des geforderten Erwärmungszustandes besonders bei instationärem Betrieb, Verminderung der Verzunderung, Entlastung des Ofenpersonals, Leistungssteigerung, Abstimmung des Einsatz- und Ziehtaktes innerhalb einer Ofengruppe, Qualitätssicherung und Dokumentation.

Neben der rechnerunterstützten Ofenführung ist die ständige Verminderung von umweltbeeinflussenden Emissionen bei Verbrennungsprozessen durch eine weiterentwickelte Brenner- und Wärmerückgewinnungstechnik sowie die Sicherheit, Überwachung und Instandhaltung von Ofenanlagen ein weiterer wesentlicher Bestandteil des branchenübergreifenden Erfahrungsaustausches mit Instituten der Hochschulen und der Gaswirtschaft. Bedeutende Impulse zur energie- und prozesstechnischen Weiterentwicklung ergeben sich insbesondere durch die seit 1968 bestehende enge Zusammenarbeit mit dem Bereich Energie- und Verfahrenstechnik des Betriebsforschungsinstituts (BFI) - VDEh-Institut für angewandte Forschung GmbH.

## CO<sub>2</sub>-Monitoring der Stahlindustrie

Die Stahlindustrie beteiligt sich schon seit 1990 an der nationalen Klimavorsorgepolitik, die eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit des Inputs an Kohlenstoff zum Ziel hat. In ihrer zweiten Branchenerklärung vom Mai 2001 hat die Stahlindustrie im Rahmen der Klimavorsorgeerklärung der deutschen Wirtschaft zugesagt, bis 2012 ihre spezifische rohstoff- und energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emission gegenüber 1990 um 22 % zu vermindern.

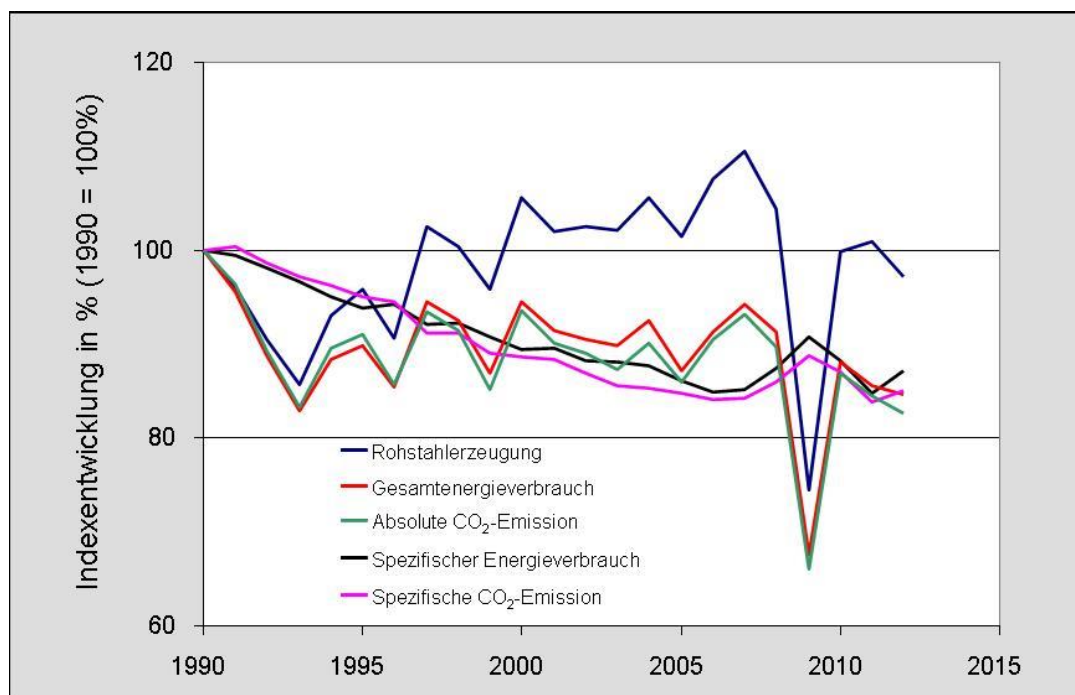


Abbildung 3:: Indexentwicklung der absoluten und spezifischen CO<sub>2</sub>-Emission der Stahlindustrie in Deutschland seit 1990

Wie die Auswertung für die Stahlindustrie in dieser Darstellung dokumentiert, konnte von 1990 bis 2012 die auf die gesamte Rohstahlerzeugung bezogene spezifisch rohstoff- und energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emission um 15,0 % gesenkt werden. Auch bei der klimapolitisch maßgebenden absoluten CO<sub>2</sub>-Minderung wurde ein wesentlicher Beitrag geleistet. Bezogen auf die gleiche Rohstahlerzeugung 1990 und 2010 verminderte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 10,5 Mio. t. Der zunehmende Abstand im zyklischen Dreijahresverlauf zwischen der Rohstahlerzeugung und absoluten CO<sub>2</sub>-Emission verdeutlicht die fortschreitende Entkopplung dieser Größen. Gleiches trifft auch auf die entkoppelte Entwicklung des spezifischen Primärenergieverbrauchs und der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emission zu. 1960 war noch ein spezifischer Reduktionsmittel- und Energieverbrauch von 29,4, 1990 von 20,6 und letztes Jahr von 17,9 GJ je t Rohstahl erforderlich. Die spezifische CO<sub>2</sub>-Emission konnte von 1990 bis 2012 von 1,59 auf 1,36 t je t Rohstahl gesenkt werden. 1960 wurde je t Rohstahl noch 2,44 t CO<sub>2</sub> emittiert. Modernisierungsinvestitionen aller Art, Investitionen in den Strukturwandel und gezielte Energieeinsparinvestitionen

von mehreren Milliarden EURO führten zu diesem Ergebnis. Es bestätigt erneut die Tatsache, dass energiesparende bzw. CO<sub>2</sub>-mindernde Verbesserungen vor allem durch kontinuierliche, autonome Investitionen bestimmt werden. Je häufiger und schneller der Kapitalstock umgesetzt wird, desto mehr kommen auch energiesparende Techniken zum Einsatz. Eine zusätzliche klimapolitisch bedingte finanzielle Belastung, gleich welcher Art, entzieht der Industrie die Mittel, die sie zur Erneuerung ihrer Produktionsanlagen und Forschung und Entwicklung benötigt und ist deshalb abzulehnen.

Den technisch-wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der metallurgischen Energiewirtschaft und hüttentechnischen Anlagen im Hinblick auf die Einflüsse veränderter Energiemarktdaten und des Fortschrittes der Verfahrenstechnik betreibt der seit 1919 bestehende Energieausschuss des Stahlinstituts VDEh. Bestandteil dieses Erfahrungsaustausches ist auch die Energie- und Klimapolitik. In diesem Bereich wird die Entwicklung auf diesen Gebieten verfolgt, werden die jährlichen CO<sub>2</sub>-Monitoring-Fortschrittsberichte und die Positionen der Stahlindustrie zu energie- und klimapolitischen Themen erarbeitet sowie energiewirtschaftliche und energiesteuerrechtliche Fragestellungen gemeinsam mit der Wirtschaftsvereinigung Stahl behandelt.

## Selbstverpflichtung der Stahlindustrie zur Klimavorsorge

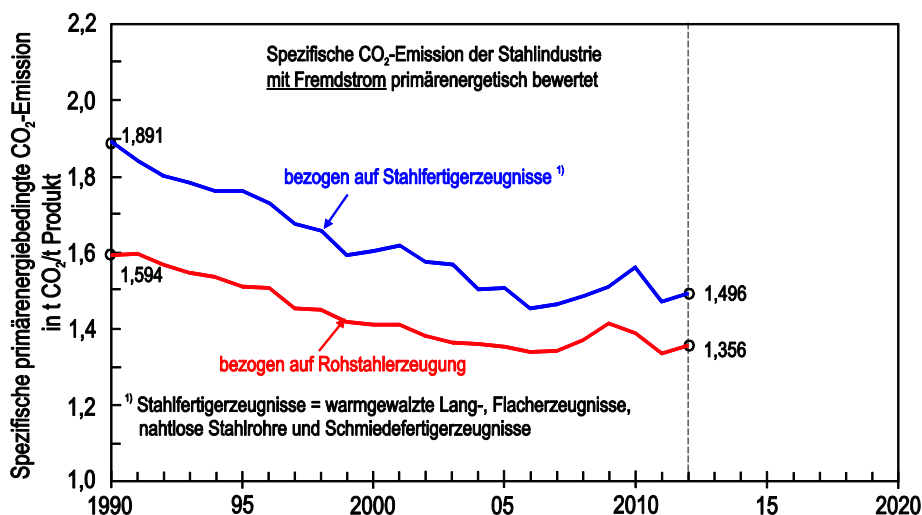


Abbildung 4: Spezifische primärenergiebedingte CO<sub>2</sub>-Emission der Stahlindustrie in Deutschland

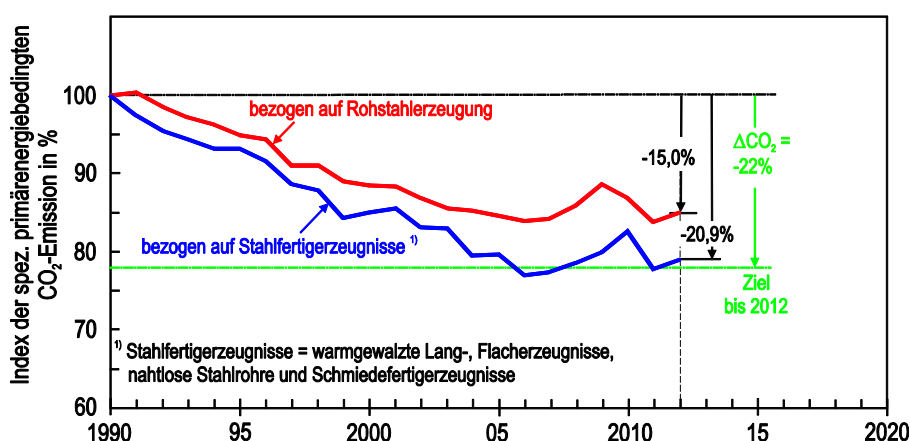


Abbildung 5: Index der spezifischen primärenergiebedingten CO<sub>2</sub>-Emission der Stahlindustrie in Deutschland

Wird der Erfolg der Selbstverpflichtung nur anhand der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlindustrie bezogen auf die Rohstahlerzeugung gemessen, so hat die Stahlindustrie ihre spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 15,0 % von 1,594 t CO<sub>2</sub>/t Rohstahl auf 1,356 t CO<sub>2</sub>/t Rohstahl in 2012 verringert.

Dabei werden allerdings die erzielten Minderungen in der Stahlindustrie nicht vollständig erfasst. Bezogen auf den gesamten Bereich der CO<sub>2</sub>-Entstehung, wie warmgewalzte Stahlfertigerzeugnisse, nahtlose Stahlrohre und Schmiedefertigerzeugnisse, wird neben dem Reduktionsmittel- und Energieeinsatz für die Rohstahlerzeugung auch die Effizienzsteigerung für den Bereich der Weiterverarbeitung berücksichtigt. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Bezug auf die Stahlfertigprodukte verringern sich in dieser Perspektive stärker als in Bezug auf die Rohstahlproduktion – nämlich um rund 21,0 % von 1,891 t CO<sub>2</sub>/t im Jahr 1990 auf 1,496 t CO<sub>2</sub>/t Stahl im Jahr 2012.

Diese Minderung liegt somit knapp bei dem Ziel der Selbstverpflichtung von 22 Prozent. Eine Punktlandung konnte angesichts des langen Betrachtungszeitraums, der Zahl und Vielfalt der



beteiligten Unternehmen und der prognostischen Unsicherheiten bei Abschluss der Vereinbarung nicht erwartet werden. Unter Berücksichtigung dieser Unschärfe kann die Selbstverpflichtung als erfüllt betrachtet werden.