

Einfluss von Materialstrategieverbesserungen auf die industrielle Energienachfrage¹

Andrea Herbst, Tobias Fleiter, Eberhard Jochem

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Str. 48, 76139
Karlsruhe, +49 721 6809-439, andrea.herbst@isi.fraunhofer.de,
<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/mitarbeiter-seiten/hea.php>

Kurzfassung: Die Projektionen von Energieangebots- und –nachfrage-Modellen sind heute wichtige Werkzeuge im politischen Entscheidungsprozess. Ihre Ergebnisse dienen oft als Basis für die politische und gesellschaftliche Diskussion, wodurch die Qualität dieser Ergebnisse durchaus zum Erreichen energie- und klimapolitischer Ziele beitragen kann. Häufig wird das größte Augenmerk in der (bottom-up) Energienachfragemodellierung auf klassische Einsparoptionen zur Reduktion der Energienachfrage und der CO₂-Emissionen gelegt, während alternative Strategien und Effekte (z.B. Strukturwandel, Sättigungseffekte, Materialeffizienz und -substitution) vernachlässigt werden. Bei dem hier vorgestellten Modellsystem handelt es sich um einen hybriden Modellierungsansatz, welcher das europäische bottom-up Energienachfragemodell FORECAST-Industry mit dem top-down makroökonomischen EU-Modell ASTRA verbindet. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Transformation ökonomischer und demographischer Information aus dem makroökonomischen Modell ASTRA in physische Treiber der Energienachfrage gelegt, welche von dem bottom-up Modell als Input zur Berechnung der Energienachfrage benötigt werden. Die Ergebnisse von Herbst (unv. Diss) diskutieren die Einflüsse und Ausprägungen alternativer Strategien zur Reduktion des zukünftigen Energieverbrauchs in der deutschen Stahlindustrie (im Gegensatz zu den in der wissenschaftlichen Gemeinschaft intensiv diskutierten Energieeffizienzmaßnahmen). Gezeigt werden in diesem Konferenzbeitrag insbesondere die Effekte von Materialstrategieverbesserungen auf die Stahlnachfrage und –produktion, und deren Einfluss auf die zukünftige Energienachfrage auf Prozessebene für Deutschland bis zum Jahr 2035.

Keywords: Hybrid-Energiesystem-Modellierung, industrielle Energienachfrage, Elektrostahl- und Oxygenstahlproduktion, Materialeffizienz und -substitution

1 Einleitung

Bei dem hier vorgestellten Modellsystem handelt es sich um einen, in der Dissertation von Herbst (unv. Diss) entwickelten **hybriden Modellierungsansatz**, welcher das europäische bottom-up Energienachfragemodell FORECAST-Industry mit dem top-down

¹ Dieser Konferenzbeitrag basiert zur Gänze auf der bisher unveröffentlichten Dissertation von Andrea Herbst „Kopplung eines makroökonomischen Modells mit einem „bottom-up“ Energienachfrage-Modell für die Industrie: Eine Fallstudie für die Stahlindustrie“ (Arbeitstitel), Dissertation an der Universität Flensburg zur Erlangung des Dr. rer. pol., Referent: Prof. Dr. Olav Hohmeyer, Korreferent: Prof. em. Dr. Eberhard Jochem. Voraussichtliche Abgabe und Veröffentlichung 2016. Alle Inhalte wurden im Rahmen der Dissertation erstellt und dort bereits vollständig erfasst.

makroökonomischen EU-Modell ASTRA verbindet und Projektionen bis 2035 gestattet. Alle Inhalte, Annahmen, Daten, methodische Beschreibungen und Ergebnisse stammen aus der Dissertation von Andrea Herbst „Kopplung eines makroökonomischen Modells mit einem „bottom-up“ Energienachfrage-Modell für die Industrie: Eine Fallstudie für die Stahlindustrie“ (Arbeitstitel), welche voraussichtlich 2016 an der Universität Flensburg eingereicht wird.

Bottom-up Energienachfragemodelle und deren Projektionen sind wichtige Werkzeuge im politischen Entscheidungsprozess und ihre Ergebnisse dienen oft als Basis für die politische und gesellschaftliche Diskussion. Somit trägt die Qualität dieser Ergebnisse enorm zum Erreichen (oder Nicht-Erreichen) der energie- und klimapolitischen Ziele bei. Oft wird das größte Augenmerk in der (bottom-up) Energienachfragemodellierung auf klassische Einsparoptionen wie Energieeffizienz oder neue Technologien zur Reduktion der Energienachfrage und folglich der CO₂-Emissionen gelegt, während weitere wichtige Faktoren und Maßnahmen, wie zum Beispiel strukturelle Änderungen, Sättigungseffekte und Materialstrategieverbesserungen in der Energiemodellierung vernachlässigt werden. Mit Hilfe des in Herbst (unv. Diss) entwickelten Transformationsmodul und dem sich daraus ergebenden hybriden Modellsystems, sollen am Fallbeispiel der deutschen Stahlindustrie, eine Methodik zur Modellierung eben dieser Einflussfaktoren und Maßnahmen transparent und detailliert dargestellt werden.

2 Die deutsche Stahlindustrie

Die Stahlindustrie gehört, mit einem energetischen Endverbrauch von rund 22 Prozent des gesamten industriellen Endenergieverbrauches im Jahr 2013 (Eurostat, 2016), zu den wichtigsten energieintensiven Industrien Deutschlands.

Grundlegend kann bei der Stahlproduktion zwischen zwei Produktionsrouten unterschieden werden: einerseits der Hochofenroute, welche Eisenerz und Kohle als wichtigste Rohstoffe nutzt (auch primäre Produktionsroute genannt), und andererseits der Elektroofenroute, mit Stahlschrott und Strom als wichtigsten Produktionsinputs (auch als sekundäre Produktionsroute bekannt). Die primäre Produktionsroute ist um ein vielfaches energieintensiver als die Sekundäre, bei der sich der energetische Aufwand hauptsächlich auf das Einschmelzen der Stahlschrotte konzentriert. (Fleiter, Schlomann & Eichhammer 2013:277–281) Dieser geringere Energiebedarf in der Elektroofenroute, ist mit ein Grund für den, sich seit den 1990er Jahren in Deutschland, abzeichnenden Trend in Richtung sekundärer Produktionsroute (vgl. Abbildung 1).

Der sichtbare Stahlverbrauch in Deutschland stieg in den letzten 20 Jahren stetig an, während sich auf der Angebotsseite (Produktion) kaum noch Zuwächse verzeichnen ließen und die deutsche Stahlindustrie stagnierte (vgl. Abbildung 1). Zu den wichtigsten stahlnachfragenden Branchen gehört das Baugewerbe, der Fahrzeugbau, der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Verpackungsindustrie.

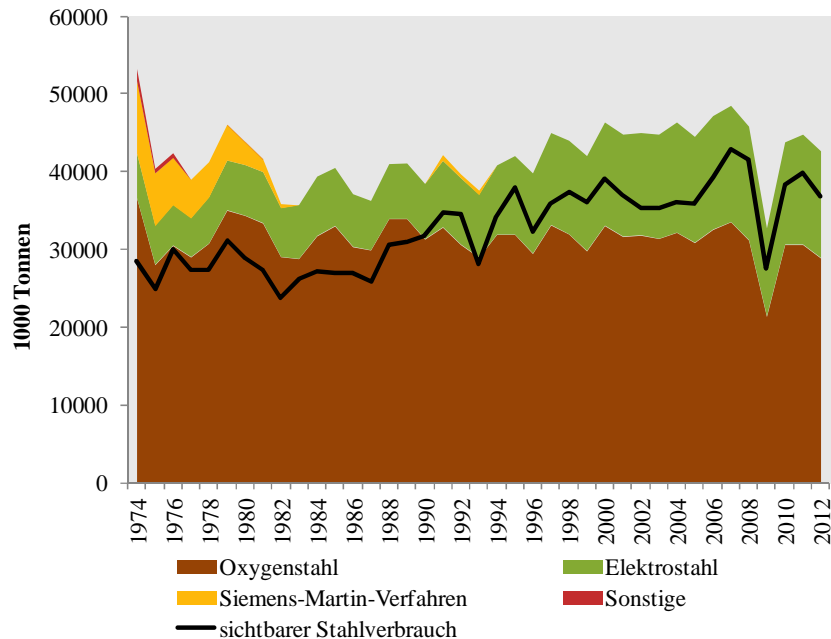


Abbildung 1: Rohstahlproduktion nach Prozess und sichtbarer Stahlverbrauch
Quelle: Herbst (unv. Diss); Daten von World Steel Association (mehrere Ausgaben)

Trotz des tendenziellen Produktionszuwachses in der Elektroofenroute in der Vergangenheit, gibt es auch hier wichtige Faktoren, welche in der langen Frist zu Beschränkungen der sekundären Produktionsroute führen können:

- **Schrottverfügbarkeit** als Obergrenze für das Produktionsvolumen (wichtigster Rohstoff der Elektroofenroute).
- **Schrottpreisentwicklung**, welche bei steigender globaler Nachfrage den Schrott-Außenhandel und folglich die inländische Schrottverfügbarkeit eines Landes bzw. die Konkurrenzfähigkeit der europäischen Elektroofenroute beeinflusst.
- **Schrottqualität**, welche die zukünftigen Einsatzmöglichkeiten der Elektrostahlprodukte und somit die Nachfrage nach den selbigen maßgeblich beeinflussen kann.

Noch werden nicht alle Stahlqualitäten in der sekundären Produktionsroute hergestellt, weshalb für qualitativ hochwertige Produkte (z.B. für den Fahrzeugbau) höchstwahrscheinlich immer ein gewisser Anteil an Hochofenstahl benötigt werden wird. Ob dieser jedoch zukünftig lokal oder international produziert wird ist unklar, und hängt maßgeblich von den Entwicklungen der internationalen Überkapazitäten und dem technologischen Aufholprozess großer Schwellenländer wie China, Indien, Brasilien und Russland ab.

3 Methodische Vorgehensweise

Das von Herbst (unv. Diss) entwickelte Modell, verbindet das europäische bottom-up Energienachfragemodell FORECAST-Industry (FORecasting Energy Consumption Analysis and Simulation Tool) mit dem makroökonomischen, system-dynamischen, integrierten

Bewertungsmodell ASTRA (ASsessment of TRAnsport Strategies) und ermöglicht iterative Berechnungsläufe auf EU-Länderebene bis zum Jahr 2035.

Das entwickelte Transformationsmodul übersetzt ökonomische und demographische Information aus dem makroökonomischen Modell (z.B. BIP, Bevölkerung, Bruttowertschöpfung, Netto-Außenhandel, Energiepreise) in physische Treiber der Energienachfrage (im Fall der Stahlindustrie produzierte Tonnen Oxygen-/Elektrostahl), welche von dem bottom-up Modell FORECAST-Industry als Input zur Berechnung der Energienachfrage benötigt werden. Dieser Konferenzbeitrag konzentriert sich auf einen wesentlichen Teilaspekt des Transformationsmoduls, ein Materialflussmodell für die Stahlindustrie, welches es ermöglicht, sehr detailliert und transparent intra-industrielle strukturelle Änderungen (z.B. Materialeffizienzverbesserungen, Änderungen im Recycling- und Nutzungsverhalten, Trends zu höherer Wertschöpfung, etc.) in der Branche, sowie deren Einfluss auf den Energiebedarf der Stahlindustrie abzubilden.

Um das zukünftige Potential der Elektrostahlproduktion abschätzen zu können, muss zuerst das künftige Schrottaufkommen (welches hierfür zu Verfügung stehen kann) bestimmt werden. Das inländische Schrottaufkommen setzt sich zusammen aus Eigenschrott (entsteht im Stahlwerk), Neuschrott (entsteht im Weiterverarbeitungsprozess) und Altschrott (entsteht am Ende der Nutzungsdauer eines stahlhaltigen Produktes).

Das Materialflussmodell

Ein Regressionsmodell (welches im Umfang dieses Beitrages nicht weiter diskutiert werden kann) liefert eine jährliche Projektion des „sichtbarer Stahlverbrauchs (sSV)“ und der „Rohstahlproduktion (RSP)“ bis zum Jahr 2035 als Ausgangspunkt für die Berechnungen mit dem Materialflussmodell. Ausgehend von diesen Kenngrößen, kann dann das Eigenschrottaufkommen (*SchEig*) aus der Rohstahlproduktion und das Neuschrottaufkommen (*SchNeu*) nach Stahlanwendung (Baugewerbe, Fahrzeugbau, Maschinen und Anlagen, Produkte und sonstige) berechnet werden (vgl. vereinfachte Darstellung in Abbildung 2). Um das Altschrottaufkommen (*SchAlt*) zu berechnen, benötigt man eine Abschätzung des sich tatsächlich in Gebrauch befindlichen Stahls (*tSV*), z.B. gebunden in Konsum- und Investitionsgütern. Diesen erhält man nach Abzug des Neuschrottaufkommens und des indirekten Stahlhandels (vgl. Abbildung 2, Konzept nach World Steel Association (2012)). Auch hier muss wiederum zwischen den verschiedenen Stahlanwendungsmöglichkeiten unterschieden werden. Mit einem Lebensdauer-Modell, basierend auf Schätzungen der durchschnittlichen Nutzungsdauer der vier Stahlanwendungsgruppen, können dann die Rückflüsse aus dem sich in Gebrauch befindlichen Stahl berechnet werden und mittels sektor-spezifischer Recyclingraten das jährliche Altschrottaufkommen ermittelt werden. Bildet man die Summe der drei Schrottarten, kann man, nach Abzug der Nettoschrottexporte, das tatsächliche Schrottaufkommen eines Landes berechnen (vgl. Abbildung 2). Dieses Schrottaufkommen (nach Abzug des Schrottanteils, welcher in die Oxygenstahlproduktion fließt) bildet dann die Basis für die Berechnung der Elektrostahlproduktion mittels sich über den Projektionszeitraum verändernden und Szenario-abhängigen Schrotteinsatzfaktoren. Die jährliche Oxygenstahlproduktion bis 2035 wird dann, basierend auf der Rohstahl- und der Elektrostahlproduktionsprojektion, ermittelt.

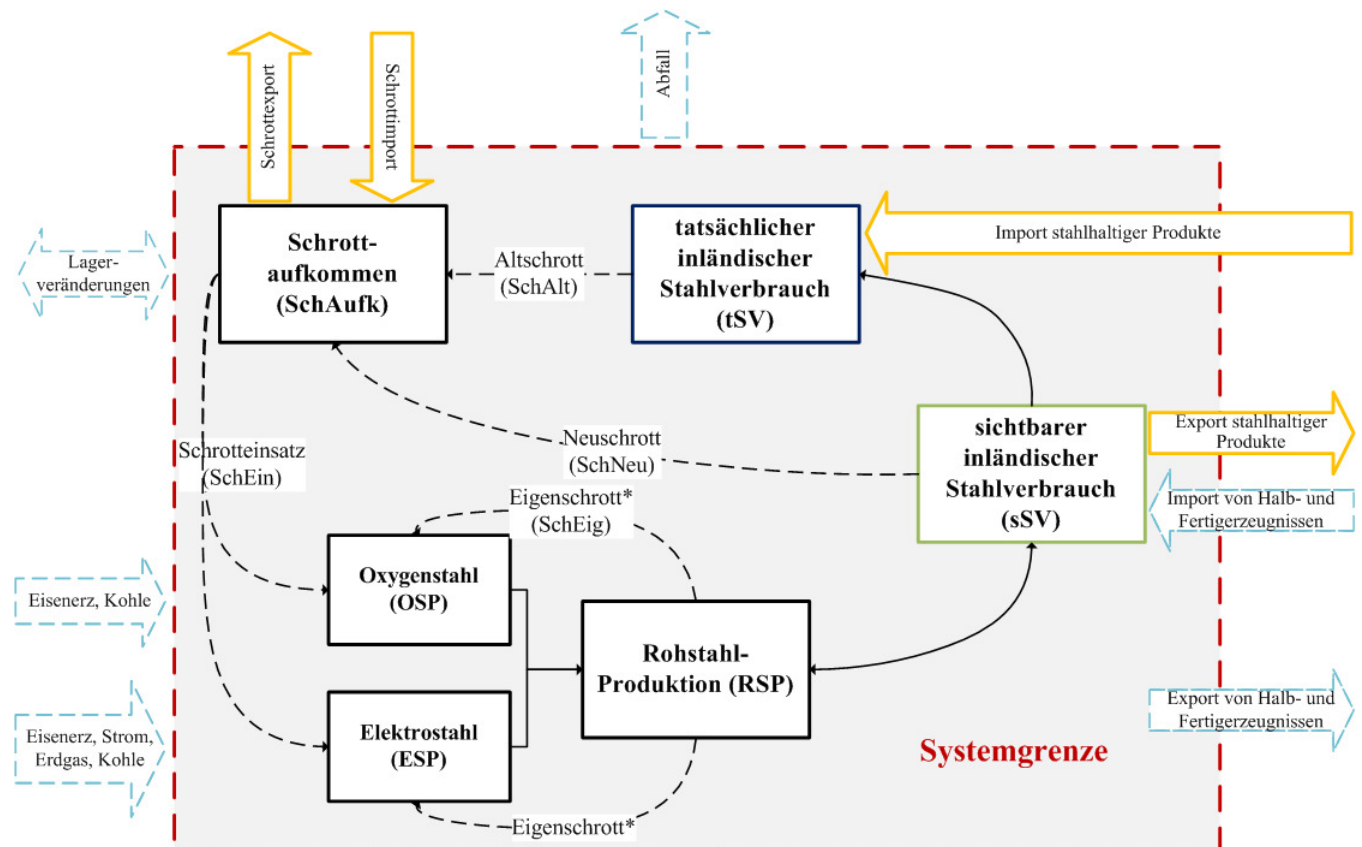


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des entwickelten Materialflussmodells für die Stahlindustrie
Quelle: Herbst (unv. Diss)

Zusätzlich zu den Referenzberechnungen ermöglicht das Transformationsmodul die Modellierung von Szenario-Varianten, welche detailliert und transparent

- **intra-industriellen Strukturwandel** (strukturelle Änderungen in der Zusammensetzung der Nachfrage, Trends zu höherer Wertschöpfung, Prozesswechsel von primärer zu sekundärer Produktionsroute, etc.) und
- zukünftige sektor-spezifische **Materialstrategieverbesserungen** (Materialeffizienz, Materialsubstitution, intensivere Produktnutzung, Wiederverwendung)

als Werkzeuge zur Reduktion des Energiebedarfs abbilden können.

FORECAST-Industry

FORECAST-Industry berechnet im nächsten Schritt, basierend auf den physischen Produktionsprojektionen in der Hochofenroute (Oxygenstahl) und der Elektroofenroute (Elektroofenroute), den technologiespezifischen Strom- und Brennstoffverbrauch der wichtigsten Industrieprozesse der Stahlindustrie (Hochofenroute, Elektroofenroute, Koksofen, Sintern, Walzstahl) und für ausgewählter Querschnitts-Technologien. Für eine detaillierte Modellbeschreibung siehe <http://www.forecast-model.eu>.

Rückkopplung an das makroökonomische Modell ASTRA

Des Weiteren können iterative Rechenläufe mit dem makroökonomischen Modell ASTRA, durch die Rückkopplung von Investitionen in Materialstrategien, vermiedene Energiekosten und Programmkosten (welche durch die Materialstrategieverbesserungen entstehen), in dem hybriden Modellsystem durchgeführt werden. Eine genaue Erläuterung des Vorgehens und

der Ergebnisse dieser Iteration übersteigt jedoch den Rahmen dieses Konferenzbeitrages und kann in Herbst (unv. Diss) nachgelesen werden.

4 Szenario-Annahmen

Das Referenzszenario für Deutschland stammt aus dem europäischen ASSIST-(Assessing the Social and Economic Impacts of Past and Future Sustainable Transport)-Projekt (Kraill & Schade 2014; Kraill u.a. 2014). Die Haupttrends dieses Referenzszenarios wurden im Wesentlichen in Einklang mit dem PRIMES-TREMOVE 2013 Referenz Szenario der europäischen Kommission festgelegt. Bei dem betrachteten Szenario handelt es sich um eine industrielle Hochwachstums-Szenario-Variante mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von rund 2% p.a. im Verarbeitenden Gewerbe. Auch das durchschnittliche jährliche Wachstum des Baugewerbes wird, in dieser Szenario-Variante bis 2020, als überdurchschnittlich hoch angenommen (5% p.a.) - mit anschließender Stagnation bis 2035 (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Bruttoinlandsprodukt und Bevölkerungsentwicklung (Hohes-Wachstum-Szenario)

Region	Indikator	Milliarden Euro/1000 Personen			Jährliche Wachstumsrate	
		2010	2020	2035	2010-'20	2020-'35
Deutschland	BIP	2.286	2.687	3.067	1,6%	0,9%
	Bevölkerung	82.048	81.262	77.679	-0,1%	-0,3%
	Verarbeitendes Gewerbe	487,771	634,450	842,956	2,66%	1,91%
	Baugewerbe	117,598	195,683	194,507	5,22%	-0,04%

Quelle: Herbst (unv. Diss)

Annahmen zu wichtigen Modellparametern, wie zum Beispiel der sektoralen Aufteilung der Stahlnachfrage, Sektor-spezifischen Nutzungsdauern, Schrott- und Recyclingraten sowie Materialstrategieparametern, wurden in Herbst (unv. Diss) mittels Literaturanalyse und basierend auf Experteninterviews getroffen.

5 Simulationsergebnisse

Die Ergebnisse von Herbst (unv. Diss) diskutieren die Einflüsse und Ausprägungen alternativer Strategien, wie Materialeffizienz, Materialsubstitution, intensivere Produktnutzung und Wiederverwendung (nachfolgend zusammengefasst unter dem Begriff Materialstrategieverbesserungen) zur Reduktion des zukünftigen Energieverbrauchs in der deutschen Stahlindustrie bis zum Jahr 2035. Hierzu werden zwei Szenario-Varianten des zuvor diskutierten Hochwachstums-Szenarios berechnet: eine Variante vor zusätzlichen Materialstrategieverbesserungen (*vor MSV*) und eine Variante nach zusätzlichen Materialstrategieverbesserungen (*nach MSV*).

Getrieben wird das hohe Wachstum des tatsächlichen Stahlverbrauchs (*tSV*) vor MSV (rund 2,2% p.a. zwischen 2010 und 2035), wie bereits in Kapitel 4 diskutiert, von den starken Wachstumsannahmen des zugrunde liegenden Szenarios (vgl. Abbildung 3 oben).

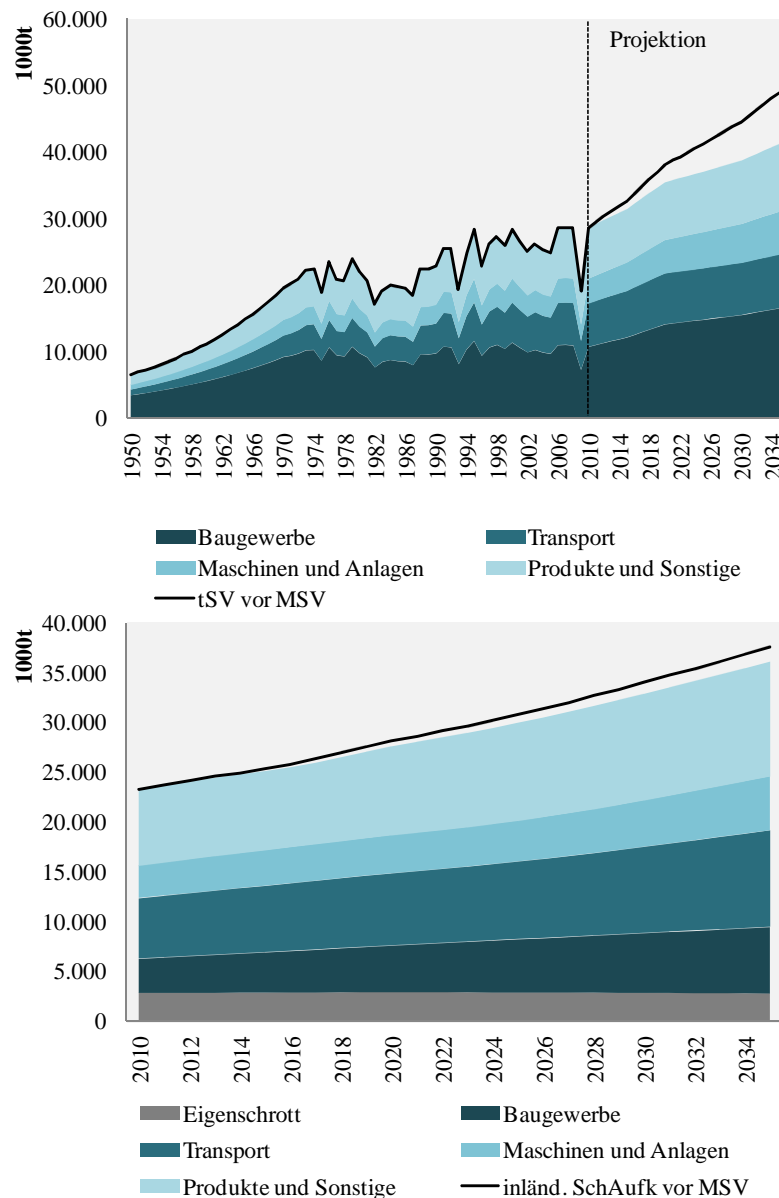


Abbildung 3: Tatsächlicher Stahlverbrauch (oben) und inländisches Schrottaufkommen (unten) vor und nach MSV (Hohes-Wachstum-Szenario) Quelle: Herbst (unv. Diss)

Durch zusätzliche Anstrengungen in Materialeffizienz und –substitution sowie Änderungen im Nutzerverhalten kann der tatsächlich Stahlverbrauch in 2035 um rund 16% gesenkt werden, dies entspricht einem jährlichen Wachstum von rund 1,5% p.a. Der stärkste Nachfrager nach Stahlprodukten bleibt über den gesamten Projektionszeitraum das deutsche Baugewerbe, verursacht durch hohe Wachstumsannahmen und verhältnismäßig geringe Materialstrategieverbesserung-Potentiale (z.B. im Vergleich zum Fahrzeugbau mit größeren Potentialen bei alternativen Werkstoffen - wie z.B. Aluminium oder Carbon-Fasern - und Leichtbau-Strategien; vgl. Abbildung 3 oben).

Durch die verhältnismäßig langen durchschnittlichen Nutzungsdauern von stahlhaltigen Produkten (~20 Jahre), haben Materialstrategieverbesserungen am Ende des Projektionshorizontes nur geringen Einfluss auf das inländische Schrottaufkommen in Deutschland. Bei Projektionen mit längeren Zeithorizonten (z.B. 2050/2100) kann mit einem

durchaus stärkeren Einfluss der MSV auf die inländische Schrottverfügbarkeit gerechnet werden (vgl. Abbildung 3 unten).

Insbesondere in der Hochofenroute (Oxygenstahlproduktion), welche mehrheitlich für die Produktion qualitativ hochwertiger Stahlprodukte - wie sie z.B. im Fahrzeugbau benötigt werden - genutzt wird, sind die Einflüsse von Materialstrategieverbesserungen besonders deutlich. Dort können bis 2035 in Deutschland, unter den getroffenen Hoch-Wachstums-Szenario-Annahmen, rund 4,7 Millionen Tonnen Stahl eingespart werden. In der Elektrostaahlproduktion, welche tendenziell eher einfachere Stahlsegmente (z.B. Baustahl) bedient, sind die Einsparpotentiale vergleichsweise niedrig - nur rund 1,4 Millionen Tonnen in 2035 (vgl. Abbildung 4).

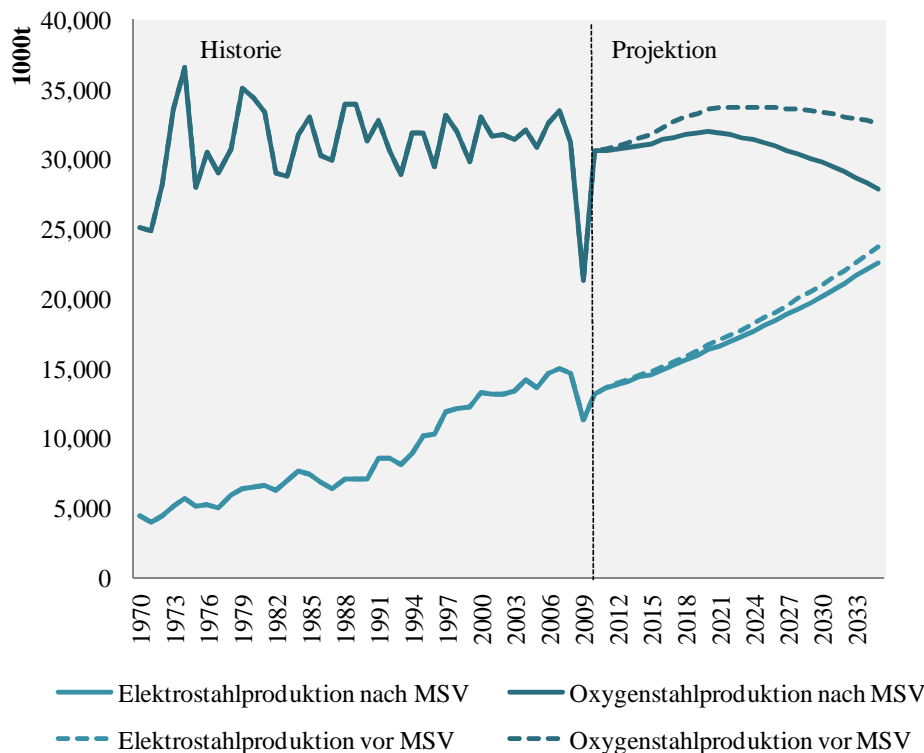


Abbildung 4: Stahlproduktion (nach Prozess) vor und nach MSV (Hohes-Wachstum-Szenario)

Quelle: Herbst (unv. Diss)

Die Resultate zum Energiebedarf der Szenario-Modellierung Hohes-Wachstum zeigen deutlich, dass der Einfluss von Materialstrategieverbesserungen zu einer klaren Reduktion des industriellen Energiebedarfs der deutschen Stahlindustrie in 2035 führen kann.

Unter den getroffenen Szenario-Annahmen kann für Deutschland eine Reduktion des Energiebedarfs von 228 TWh auf 198 TWh nach Materialstrategieverbesserungen in 2035 beobachtet werden (vgl. Abbildung 5). Dies entspricht einem Rückgang von rund -13% bzw. 30 TWh im Vergleich mit dem Szenario vor MSV in 2035. Den stärksten Rückgang verzeichnet die Hochofenroute (getrieben durch die starke Absenkung der Oxygenstahlproduktion), mit rund -14% nach MSV in 2035, während das entsprechende Einsparpotential in der Elektroofenroute nur rund -5% in 2035 beträgt.

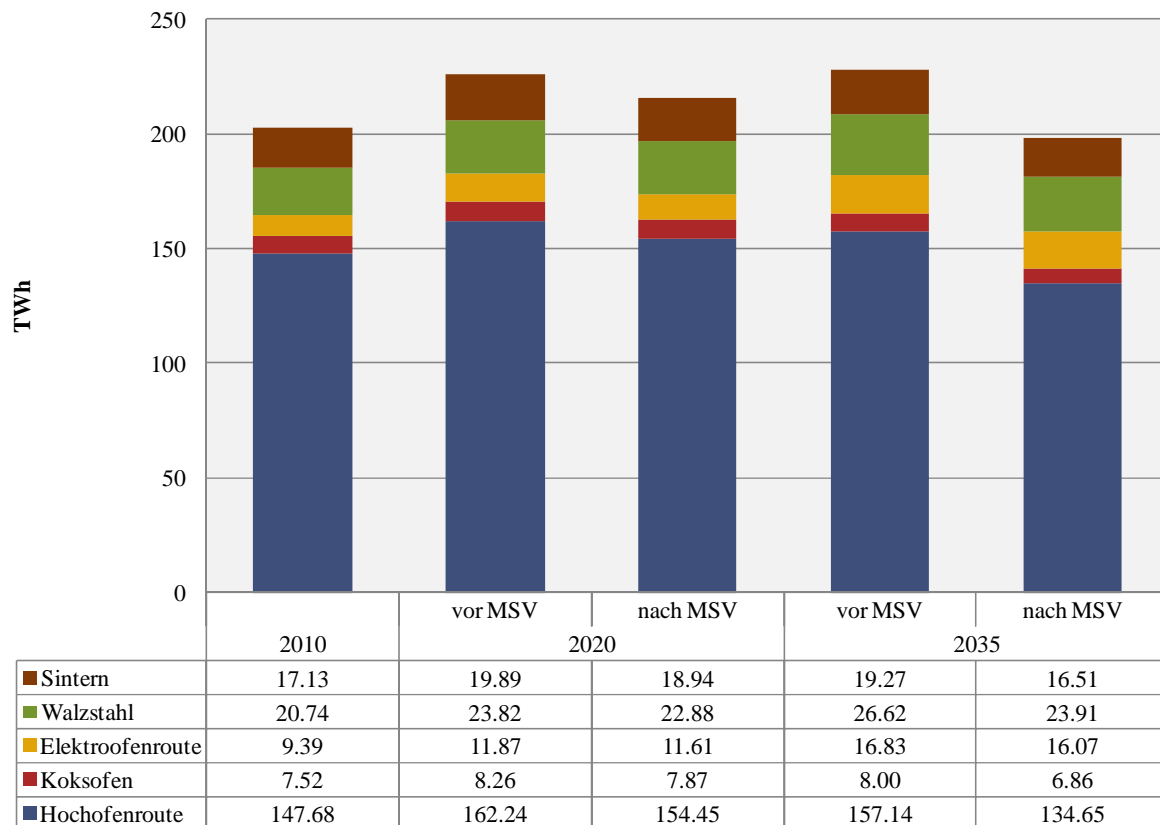


Abbildung 5: Energienachfrage in der deutschen Stahlindustrie Hohes-Wachstum-Szenario Variante mit und ohne Materialstrategieverbesserungen (MSV) Quelle: Herbst (unv. Diss)

6 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse von Herbst (unv. Diss) zeigen beispielhaft, dass trotz der hohen Wachstumsannahmen des Szenarios, durch den Einsatz alternativer Strategien wie z.B. Materialeffizienz und -substitution, ein leichter Rückgang des Energiebedarf in der deutschen Stahlindustrie bis 2035 erreicht werden könnte (unter den getroffenen Szenario-Annahmen). Für Länder mit weniger fortgeschrittenen Industrien, könnten diese Potentiale mittel- bis langfristig sogar durchaus noch höher sein.

In der aktuellen Energiesystem-Modellierung jedoch, wird diesen Maßnahmen und strukturellen Effekten oft nur wenig bis gar keine Aufmerksamkeit geschenkt. Klassische angebotsorientierte Instrumente oder Einsparoptionen zur Erhöhung der Energieeffizienz, stehen deutlich stärker im Fokus der Analysen, als intra-industrielle strukturelle Effekte und Materialstrategien. In Kombination mit bekannten Energieeffizienzpotentialen könnten diese Effekte jedoch beträchtlich zur Senkung energiebedingter CO₂-Emissionen beitragen, und folglich die Erweiterung der Systemgrenzen in der Energiesystem-Modellierung eine notwendige Konsequenz zur Erreichung ambitionierter Transformationspfade sein.

Literatur

- Eurostat 2016. *Komplette Energiebilanzen - jährliche Daten [nrg_110a]*. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database#> [Stand 2016-01-30].
- Fleiter, Tobias, Schlomann, Barbara & Eichhammer, Wolfgang (Hg.) 2013. *Energieverbrauch und CO2-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Herbst Andrea (unv. Diss), *Kopplung eines makroökonomischen Modells mit einem „bottom-up“ Energienachfrage-Modell für die Industrie: Eine Fallstudie für die Stahlindustrie*. Dissertation an der Universität Flensburg zur Erlangung des Dr. rer. pol., Referent: Prof. Dr. Olav Hohmeyer, Korreferent: Prof. em. Dr. Eberhard Jochem. Voraussichtliche Veröffentlichung 2016.
- Krail, M., u.a. 2014. *Approach and Results of the Validation of the ASTRA-EC Model: Deliverable D5.1 of ASSIST (Assessing the social and economic impacts of past and future sustainable transport policy in Europe)*. Project co-funded by European Commission 7th RTD Programme. Karlsruhe, Germany. URL: http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fassist-project.eu%2Fassist-project-wAssets%2Fdocs%2FASSIST_D5-1_Approach_and_Results_of_the_Validation_of_the_ASTRA-EC_Model.pdf&ei=XpRcVMXcJMPBOeP3gbAE&usg=AFQjCNHspnZPO0ZE-vJRV75zce9rH6hgvA&sig2=aDXQwrnC0Ec5Rusg37fRPA&bvm=bv.79184187,d.ZWU&cad=rja [Stand 2014-11-07].
- Krail, M. & Schade, S. 2014. *ASSIST Final Report: Summary of the project approach and findings, Deliverable D8.3 of ASSIST (Assessing the social and economic impacts of past and future sustainable transport policy in Europe)*. Project co-funded by European Commission 7th RTD Programme. Karlsruhe, Germany. URL: http://www.assist-project.eu/assist-project-wAssets/docs/ASSIST_D8-3_Final_Report.pdf [Stand 2015-05-25].
- World Steel Association 2012. *Indirect trade in steel: Definitions, methodology and applications. A working paper issued by the World Steel Association (worldsteel)*. (Bd. April 2012Bd). Brussels. URL: <http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/working-papers/Indirect-trade/document/Indirect%20trade.pdf> [Stand 2013-01-13].
- World Steel Association mehrere Ausgaben. *Steel Statistical Yearbook: various issues. available from 1978 to 2014*. Brussels. URL: <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/yearbook-archive.html> [Stand 2015-03-14].