

Das Pariser Abkommen und die Industrie

**Wie kann Österreich die Chancen
der Energiewende nützen?**

Bildnachweise:

S.66-67: REN 21, 2017, Global Status Report
S.124: IWI, 2017 auf Basis der Statistik Austria
S.128-131: Technisches Museum Wien
S.214: US National Archives
S. 215: George Bentham Baines Collection
S.219: Fronius International GmbH.
S.226: Infineon
S.252-255: „market“ Institut
S.270: Reinhard Haller

Die verwendeten Bilder sind nach unseren Recherchen zur freien Verwendung zugelassen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages oder der Autoren/Autorinnen reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2018 by new academic press, Wien
www.newacademicpress.at

ISBN: 978-3-7003-2051-7

Umschlaggestaltung: www.b3k-design.de
Satz: Peter Sachartschenko
Druck: Primerate, Budapest

Theresia Vogel, Patrick Horvath (Hg.)

Vorwort von Generaldirektor Li Yong (UNIDO)

Das Pariser Abkommen und die Industrie

**Wie kann Österreich die Chancen
der Energiewende nützen?**

Inhalt

Vorworte

Li Yong

“LEAVE NO ONE BEHIND” 11

Theresia Vogel, Patrick Horvath

**Das Pariser Abkommen und die Industrie –
Vorwort der Herausgeber.** 14

I. Das Pariser Abkommen und die österreichische Industrie – die Ausgangssituation

Josef Lettenbichler

**Die Umsetzung der Pariser Klimaziele vor dem Hintergrund der besonderen
wirtschaftlichen Situation Österreichs.** 19

II. Diskussion: Wie kann die Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems zur Chance werden?

Astrid Bonk

Grenzen überschreiten, um neue Wege zu gehen. 28

Cristiane Brunner

Das Zeitalter der fossilen Energie ist zu Ende! 34

Claudia Kemfert

**Wie Österreich die Chancen der
Energiewende nutzen kann.** 39

Angela Köppl

Neue Perspektiven für das Energiesystem 45

Peter Koren

**Leitlinien für eine chancenreiche Transformation
des Energiesystems** 53

Christoph E. Mandl

**Die schöpferische Zerstörung des
Kohlenstoffverbrennungskomplexes als Chance** 61

Stefan Moidl Worauf warten wir noch? Energiewende JETZT!	72
Wilhelm Molterer Die Europäische Investitionsbank – ein klarer Verfechter des Pariser Klimaschutzabkommens	80
Barbara Schmidt Empowering Austria: Die Stromstrategie von Österreichs E-Wirtschaft Der Umbau des Energiesystems als größtes Infrastrukturprojekt Österreichs	87
Sabine Seidler, Günther Brauner Energie – Wirtschaft – Umwelt: Integrierte Systemlösung der Zukunft	94
Theresia Vogel, Klima- und Energiefonds Fossilfrei durch Innovation – Energiewende in der österreichischen Industrie	99
Wolfgang Eichhammer, Harald Bradke ¹ und Marion Weissenberger-Eibl Energiewende: Chancen bei der Transformation der Industrie aus einer deutschen Perspektive	110
 III. Industrie im Wandel – die historische Dimension der aktuellen Umbrüche	
Herwig W.Schneider Die Evolution der Österreichischen Industrie	120
Gabriele Zuna-Kratky Die historische Dimension der aktuellen Umbrüche Ein musealer Blickwinkel.	127
 IV. Welche Energieinfrastruktur für die Industrie von morgen?	
Brigitte Bach, Christoph Mayr, Tanja Tötzer, Ralf-Roman Schmidt, Helfried Brunner, Michael Hartl Energieinfrastruktur für die Industrie von morgen	136
Martin Graf, Philipp Irschik Die steirische Energieinfrastruktur im Zeitalter der Energiewende – Ansprüche, Herausforderungen und Chancen aus dem Blickwinkel der steirischen Industrie.	147
Gerhard Christiner Energiewende der Industrie – die entscheidende Rolle der Übertragungsnetze	154

Markus Mitteregger Die Bedeutung des Energieträgers Gas und der Gasinfrastruktur für die Zukunft	161
--	-----

V. „Green Industry“ – Welche neuen Technologien können wegweisend sein?

Manfred Klell Energiewende und Wasserstoffwirtschaft	166
--	-----

Simon Moser, Horst Steinmüller Selbstbild der österreichischen Industrie für das Jahr 2050: effizient, sauber und vernetzt 177	
--	--

Peter Püspök Elektromobilität als Schlüsselfaktor der Energiewende.	188
---	-----

Rainer Seele Rezept für den Transformationsprozess in Richtung CO₂-Neutralität	198
---	-----

VI. „Energie- und Klimazukunft Industrie“ – Best Practice-Beispiele

Franz M. Androsch Schrittweise Decarbonisierung – nicht nur eine technologische Herausforderung	206
---	-----

Elisabeth Engelbrechtsmüller-Strauß: Fronius und die Chancen einer Energierevolution	214
--	-----

Sabine Herlitschka Infineon Technologies Austria AG: Mit Innovationskraft Klima- und Energiewandel mitgestalten	225
---	-----

Wolfgang Hesoun „Energie- und Klimazukunft Industrie“ – Best-Practice-Beispiele	232
---	-----

VII. Die neue Industrie: Neue Arbeitswelten, Soziales sowie die Sicht der Bevölkerung

Monika Auer Öffentlichkeitsbeteiligung und Energiewende	240
---	-----

Werner Beutelmeyer Industrieperspektiven: Wie Experten die Zukunft der österreichischen Industrie sehen	251
---	-----

Wolfgang Katzian
Neue Arbeitswelten durch sozial-ökologische Erneuerungen256

Sylvia Leodolter
**Die soziale Dimension der Dekarbonisierung in den Mittelpunkt stellen –
Beispiel öffentlicher Verkehr**262

Anhang: sozialwissenschaftliche Daten, Bibliografie

Bernhard Fürnsinn
**Auswahlbibliographie zum Thema „Das Pariser
Klimaabkommen und die Industrie“**274

Reinhold Gutschik
**Umweltschutz und Klimawandel aus der Sicht
der Bevölkerung**277

Die Autorinnen und Autoren
(in alphabetischer Reihenfolge)285

Vorworte

Li Yong

“LEAVE NO ONE BEHIND”

I would like to contribute to this publication by putting the Paris Climate Agreement in the broader context of global industrial trends and concepts, as well as the 2030 Agenda for Sustainable Development and its Sustainable Development Goals. I see a need for a global business model that makes it possible to produce more of the goods and services required by a growing world population, while using fewer resources and producing less waste and pollution. We also need to make sure that no one is left behind in this process. To make this model a success and ensure its sustainability, we must make sure that this industrial growth is inclusive and that prosperity is shared. Let me elaborate on the basis of four observations.

First, we see a revival of the industrial agenda in countries of all income levels. History shows that industrialization has an enormous potential to reduce poverty and stimulate social mobility. Millions of people were lifted out of poverty as a result of the industrial revolutions in England and the United States in the 19th and 20th centuries. More recently, industrialization again played the central role for the booming growth enjoyed by South and East Asian economies.

In the wake of the recent recession and sluggish economic growth, policymakers worldwide are increasingly recognizing the merits of industrialization in terms of job and income creation. The European Union, Japan, the United States of America and other countries have given great prominence to reindustrialization in their economic policies in recent years, while both middle-income and developing countries have cited industrialization as vital for their future prosperity.

With the adoption of the 2030 Agenda, industry, innovation and infrastructure have moved to the forefront of the development discourse as Sustainable Development Goal 9. A recent resolution by the United Nations General Assembly declared the period 2016-2025 as the Third Industrial Development Decade for Africa. In addition, in 2016 the G20 adopted an initiative on supporting industrialization in Africa and least developed countries, which has been supported by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).

Second, we observe an increasing trend towards automatization, robotization and digitalization of industrial processes and global value chains. Several advanced economies have already started manufacturing based on the concept of In-

dustry 4.0, also known as the Fourth Industrial Revolution. Increasingly, companies are applying innovative solutions, including through the so-called Internet of Things, cloud computing, miniaturization, and 3D printing, that will enable more interoperability, flexible industrial processes, and autonomous and intelligent manufacturing. The physical components of industrial production are being transformed by smart, digital networking into cyber-physical systems, allowing for the management of manufacturing processes for customized products in real time and across far distances.

Third, we see a trend towards circular economy concepts in industry against the background of the increasing scarcity and price volatility of raw materials, including fossil fuels, as well as the need to internalize the costs of environmental externalities, such as air, soil and water pollution and climate change caused by global greenhouse gas emissions. The climate change mitigation targets of the Paris Agreement and other environmental agreements, such as the Montreal Protocol (on ozone-depleting substances), the Stockholm Convention (on persistent organic pollutants) and the Minamata Convention (on mercury) are examples for international commitments in this context.

In a circular economy the inputs for production, and waste and emissions are minimized. Materials for new products come from old ones and better design enables longer life cycles. As much as possible, everything is reused, remanufactured or, as a last resort, recycled back into a raw material or used as a source of energy. Energy comes from domestic or neighbouring renewable energy sources and is used efficiently in line with the latest standards of energy management and systems optimisation. Taken together, these developments lead to the emergence of more sustainable production and consumption patterns.

The aim to achieve a circular economy has found its way into the international and national policy agendas. For example, in 2015 the G7 Summit Leaders' Declaration underscored the need for "sustainable supply chains" that protect workers and the environment. The European Union also adopted an ambitious circular economy policy, including goals for food, water, plastics reuse and sustainable energy.

Fourth, while the circular economy and Industry 4.0 are closely linked to two pillars of sustainable development, namely environmental and economic performance, we shall not forget the third pillar: inclusiveness. There is a risk that the two concepts could exclude poorer countries from global supply chains. As wealthy countries learn to extend their resource use and automatize processes, they will reduce their dependency on imported raw materials as well as other (labour-intensive) products manufactured abroad.

The consequences of Industry 4.0 on employment, wealth creation and distribution are not fully understood yet. Increasing automation of production proces-

ses and the replacement of workers by machines could eliminate routine types of jobs and decrease the demand for labour in low-end manufacturing. A net decrease in jobs could be especially challenging for developing countries where, unlike developed economies, millions of young people are entering the job market every year.

At the same time, the global drive towards low-carbon standards and circular economies could increase the dependence of developing countries on advanced countries in terms of transfer of technologies and knowledge. This offers opportunities, but also bears the risk that the local value and job creation effects of such investments remain low and are not sustained in the long-run. The renewable energy and energy efficiency sector provides a good example. In a number of developing countries the lack of domestic sustainable energy entrepreneurs and of a servicing and manufacturing industry has led to a failure of projects and is hindering the further uptake of the sector.

Therefore, Industry 4.0, circular economy concepts, and international agreements, such as the Paris Agreement, can only be successful if they are integrative, create domestic value and jobs, and share prosperity among all. To take full advantage of the opportunities, advanced economies and industries need to help strengthening the capacities of developing countries, so that they can benefit from global value chains.

In this context, the United Nations Industrial Development Organization has an important role to play. Since its establishment in 1966, UNIDO has paid special attention to the needs and development challenges of the world's poorest regions and most vulnerable countries. In 2013, the 172 Member States of UNIDO renewed the mandate of the Organization to be the central entity in the United Nations system that supports Member States in achieving inclusive and sustainable industrial development.

The achievement of inclusive and sustainable industrial development represents UNIDO's vision for an approach that balances the imperatives of economic growth, social cohesion and environmental sustainability. In our work we support developing countries and economies in transition to build their key industries, participate in global value chains, and adapt to economic changes – for the benefit of all. We also help them ensure that economic growth does not happen at the expense of the environment or climate. On this note, I would like to encourage Austrian industry and institutions to make use of our platforms and networks, and join us in our mission.

Theresia Vogel, Patrick Horvath

Das Pariser Abkommen und die Industrie – Vorwort der Herausgeber

Auf der Pariser Klimaschutzkonferenz (COP21) im Dezember 2015 konnten sich 195 Länder erstmals auf ein allgemeines, rechtsverbindliches weltweites Klimaschutzübereinkommen einigen.

Das Übereinkommen lag vom 22. April 2016 ein Jahr lang zur Unterzeichnung auf. Damit es in Kraft treten konnte, mussten mindestens 55 Länder, die für mindestens 55 % der weltweiten Emissionen verantwortlich sind, ihre Ratifikationsurkunden hinterlegen. Dies ist mittlerweile geschehen. Am 5. Oktober ratifizierte auch die EU formell das Pariser Übereinkommen.¹

Mittlerweile erkennen – bis auf einzelne Ausnahmen – sämtliche Staaten der Erde das Abkommen an. Der Ausstieg der USA unter Präsident Trump aus dem Abkommen verursachte weltweit Schlagzeilen und kontroverse Diskussionen. Die langfristigen Auswirkungen dieses Schrittes sind noch ungewiss. Einerseits sind die USA einer der größten Emittenten von CO₂ weltweit, eine Mitwirkung für funktionierenden Klimaschutz unverzichtbar.² Andererseits hat gerade der jüngste G20-Gipfel in Hamburg das Ausmaß der Isolation der USA in dieser Frage deutlich gezeigt.

Deutschland, Frankreich und Italien lehnen eine Neuverhandlung strikt ab und sogar das vielerorts mit Recht oder Unrecht als „Klimasünder“ geltende China spricht von einem „globalen Rückschlag“.³ Fakt ist, dass gegenwärtig keine elaborierte Alternative mit einem vergleichbar breiten internationalen Konsens zum Pariser Abkommen vorliegt und zudem auch Österreich das Abkommen ratifiziert hat und somit völkerrechtlich daran gebunden ist.⁴

Wir gehen im vorliegenden Buch davon aus, dass kontroverse Diskussionen legitim sind, aber ein Rechtsstaat seine freiwillig eingegangenen Verpflichtungen erfüllen wird. Der Weg zur Erfüllung der strengen klimapolitischen Vorgaben erfordert allerdings große Anstrengungen.

1 https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de

2 vgl. auch <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/trump-die-folgen-des-ausstiegs-der-usa-aus-dem-klimavertrag-a-1150556.html>

3 <http://derstandard.at/2000058627945/Donald-Trump-kuendigt-Pariser-Klimaschutzabkommen-auf>

4 <https://www.parlament.gv.at/PAKT/AKT/SCHLTHEM/SCHLAG/J2016/166Klimavertrag.shtml>

Das Buch widmet sich der Frage nach diesen zu leistenden Anstrengungen.

Um eine Zielvorgabe der vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft zu erreichen sind Beiträge aller gesellschaftlichen Teilbereiche notwendig – auch die der österreichischen Industrie. Wie aber kann die Industrie bei strengeren ökologischen Vorgaben weiterhin wettbewerbsfähig bleiben, ausreichend Wertschöpfung generieren und genügend qualitätsvolle Arbeitsplätze bereitstellen? Der einzig gangbare Weg zur Lösung dieser „Quadratur des Kreises“ ist die Innovation.

Das Buch sammelt anlässlich des zehnjährigen Bestehens des Klima- und Energiefonds Visionen prominenter und sachkundiger Autorinnen und Autoren sowie Best-Practice-Beispiele der „green industry“.

Wir sind stolz und dankbar, dass es gelungen ist, zahlreiche prominente Autorinnen und Autoren aus dem In- und Ausland für das Buchprojekt zu gewinnen. Vertreter/-innen aus Politik, Interessensvertretungen, Sozialpartnerschaft, Wissenschaft, aber auch zahlreiche Wirtschaftstreibende aus der Praxis bereichern das Buch mit Ihren Reflexionen. Eine ähnlich umfassende Sammlung der verschiedenen relevanten gesellschaftlichen Standpunkte ist uns nicht bekannt und liefert eine wesentliche Legitimation zur Veröffentlichung dieses Bandes.

Unserer demokratischen Überzeugung folgend ließen wir unterschiedliche Meinungen zu und begnügten uns lediglich mit der Vorgabe einer Grobstruktur in sieben Kapiteln:

- I. Das Pariser Abkommen und die österreichische Industrie – die Ausgangssituation
- II. Diskussion: Wie kann die Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems zur Chance werden?
- III. Industrie im Wandel – die historische Dimension der aktuellen Umbrüche
- IV. Welche Energieinfrastruktur für die Industrie von morgen?
- V. „Green Industry“ – Welche neuen Technologien können wegweisend sein?
- VI. „Energie- und Klimazukunft Industrie“ – Best Practice-Beispiele
- VII. Die neue Industrie: Neue Arbeitswelten, Soziales sowie die Sicht der Bevölkerung

Die Brisanz des Themas, an der die wirtschaftliche und ökologische Zukunft unseres Landes hängt, wird in den Beiträgen deutlich ersichtlich. Wir wünschen uns, mit diesem Sammelband eine öffentlichkeitswirksame Plattform zur Verfügung stellen zu können, die sich den wahren Problemen unserer Zeit widmet in deutlichem Kontrast zu manchen innenpolitischen und medial „irrlichternden“ Scheinproblemen.

Wir wünschen den Leserinnen und Lesern wertvolle Einsichten, nicht zuletzt aber auch Vergnügen bei der Lektüre!

*Die Herausgeber
Wien 2018*

Franz M. Androsch

Schrittweise Decarbonisierung – nicht nur eine technologische Herausforderung

Klimaschutz ist für energieintensive Industrien nicht nur eine technologische Aufgabe. Entscheidend für das tatsächliche Gelingen der „Decarbonisierung“ ist der politische Rahmen, und zwar nicht nur auf nationaler Ebene. Eine besondere Herausforderung stellt die Decarbonisierung für die Stahlindustrie dar.

Das „Paris-Abkommen“ ist zweifellos ein wichtiger Schritt zu einem tatsächlich globalen Klimaschutzrahmen. Entscheidend wird jedoch die weitere Konkretisierung und Umsetzung sein, insbesondere eine zumindest annähernde Vergleichbarkeit von Zielen und Beiträgen, Maßnahmen und Mechanismen sowie – nicht zuletzt – von Anstrengungen aller maßgeblichen Emittenten und Regionen. Für eine global agierende Branche wie die Stahlindustrie, weltweit tätige Unternehmen wie den voestalpine-Konzern und letztlich für den Klimaschutz selbst ist das „global level playing field“ mehr als ein bloß formales Kriterium.

Der aktuelle energie- und klimapolitische Rahmen in Europa wird bis dato von den „2030-Zielen“ der EU bestimmt, die auch als Beitrag in den Paris-Prozess eingebracht wurden, derzeit in eine konkrete legislative Form („EU-Energieunion“) gegossen werden, in weiterer Folge EU-weit harmonisiert und letztlich in den Mitgliedsstaaten umgesetzt und periodisch überprüft werden sollen. Zudem stehen über eine Zwischenetappe bis 2040 auch die in der „Roadmap“ angestrebten Ziele bis 2050 bereits seit geraumer Zeit fest. Sie sollten auf entsprechend langfristiger Basis auch die Grundlage der österreichischen Energie- und Klimapolitik – allen voran der integrierten Energie- und Klimastrategie – bilden.

Provokant formuliert: Von „Paris“ bis „Brüssel“ und „Wien“ kennt man also die quantitativen Ziele, aber weiß man auch den Weg dorthin und kennt man die richtig(zutreffend)en Maßnahmen?

Stahlindustrie ist unabdingbarer Teil der Lösung – aus mehreren Perspektiven

Die Diskussion um „Energiewende“ und „Decarbonisierung“ ist auch im nationalen Diskurs vor allem auf die Produktion fokussiert. Dies ist aufgrund der Emissions- und Energieintensität nachvollziehbar, greift aber zu kurz.

Die zweite Perspektive ist jene des Werkstoffes, seiner Produkte und Anwendungen. Schon jetzt leistet Stahl einen substanziellen Beitrag zu Energieeinsparung und damit CO₂-Verringerung, etwa durch Leichtbau im Automobil, innovative Hochtemperaturwerkstoffe, mit denen der Wirkungsgrad in Kraftwerken, Turbinen oder Motoren verbessert wird, oder durch Schienen- und Weichentechnologie für die Bahninfrastruktur sowie nicht zuletzt durch effizienteste Primärstahlproduktion. Dieses Potenzial wird sich künftig durch verstärkten Bedarf an erneuerbaren Energien, beispielsweise Windkraft oder Photovoltaik, oder durch Materialien und Komponenten für E-Mobilität noch deutlich erhöhen. Einer Studie der Boston Consulting Group¹ zufolge spart Stahl über derartige Anwendungen in deren Nutzung sechsmal so viel Energie und damit CO₂ ein, als in der Produktion entsteht.

Nimmt man Klimaschutz als globale Herausforderung und über den Tellerand hinaus betrachtet tatsächlich ernst, wird man letztlich auch der ökologischen Produktbewertung (Stichwort: gesamte Lebenszyklusbetrachtung von Produkten und Wertschöpfungsketten) einen ganz anderen Stellenwert einräumen als man bisher musste.

Im Mittelpunkt der Energie- und Klimadiskussion steht derzeit aber noch weniger die Frage, *was* die Stahlunternehmen produzieren, als vielmehr das *Wie*. CO₂-mindernde Produktionstechnologien führen in der Stahlindustrie aber nicht per se zu neuen oder besseren Produkten; vereinfacht gesagt, wird Stahl aus Kundensicht nicht bloß deswegen „wertvoller“, weil er möglichst CO₂-frei hergestellt wird, ansonsten aber im Wesentlichen über die bereits bestehenden Qualitäten und Eigenschaften verfügt. Die Stahlindustrie kann also auch die Kosten etwaiger Umstellungen im Unterschied etwa zu Energieerzeugern nicht einfach an Kunden beziehungsweise deren Endkunden weiterreichen.

Weniger CO₂ = geringerer Energiebedarf? Nein, im Gegenteil!

Doch nun zum eigentlichen Thema – worin liegen die Herausforderungen in der Technologieumstellung? Warum kann ein Stahlunternehmen nicht einfach „den Schalter umlegen“ von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern? Warum geht die Gleichung „weniger CO₂ = weniger Energie“ für die Stahlproduktion nicht auf, sondern ist die Bereitstellung erneuerbarer Energie und die Versorgungssicherheit mit erneuerbarer Energie *die* entscheidende Voraussetzung?

1 stahl-online (2013), CO₂-Bilanz Stahl, Ein Beitrag zum Klimaschutz

Die Emissionsintensität ergibt sich zunächst aus schlichter Chemie in der auf Kohle/Koks basierten Route nach dem LD-Verfahren (das heißt Roheisenerzeugung im Hochofen, Rohstahlerzeugung im Sauerstoffkonverter), das nach wie vor weltweiter Standard für rund 75 % der Stahlherstellung ist. Koks wird in der Roheisenerzeugung im Hochofen als Reduktionsmittel für Eisenerz benötigt, er liefert den für den Prozess nötigen Kohlenstoff, um dem Eisenerz Sauerstoff zu entziehen und es damit zu Eisen zu „reduzieren“. Weiters muss durch Zuführen von Sauerstoff im LD-Konverter der im Roheisen noch enthaltene Kohlenstoff anschließend oxidiert und gasförmig entfernt werden. Kohlenstoff plus Sauerstoff ergibt dabei Kohlendioxid. Eine Verringerung dieser prozessbedingten CO₂-Emissionen kann also nur durch teilweisen (beziehungsweise auf lange Sicht vollständigen) Ersatz von Kohlenstoff, das heißt durch andere metallurgische Verfahren, erreicht werden.

Die fossilen Rohstoffe sind nun aber gleichzeitig auch die bedeutendsten Energieträger. Die voestalpine-Stahlstandorte Linz und Donawitz sind weitgehend stromautark, indem der Strombedarf über den integrierten Energiekreislauf (auf Basis Kohle/Koks) abgedeckt wird; anfallende Prozessgase aus der Stahlproduktion (zum Beispiel dem Hochofen) werden in eigenen Kraftwerken in Strom umgewandelt, der wiederum in nachgelagerten Anlagen (zum Beispiel Walzwerken) verwendet wird.

Ist dieser auf fossilen Energieträgern beruhende Kreislauf zu ersetzen, würde voestalpine alleine an den beiden Standorten das Äquivalent von zusätzlich rund 33 TWh erneuerbaren Stroms aus dem externen Netz benötigen. Dies entspricht etwa 30 Wasserkraftwerken oder rund 4.000 Windkraftanlagen beziehungsweise umgerechnet auf die EU-Stahlindustrie insgesamt ca. 500 TWh oder an die 50.000 Windturbinen mit notwendiger Speicherung. (Diese Bedarfe werden derzeit allerdings weder in nationalen noch in europäischen Ausbauszenarien hinreichend berücksichtigt, von Bedarfsträgern anderer energieintensiver Industrien oder Sektoren sowie der E-Mobilität ganz zu schweigen.)

Von Zwischenschritten in Form von Brückentechnologien abgesehen, bedarf es dazu der Entwicklung und Industriereife völlig neuer, so genannter „Breakthrough-Technologien“. Die EU-Stahlindustrie – die im Übrigen bereits über höchst effiziente und umweltfreundliche Anlagen verfügt – befasst sich damit bereits seit geraumer Zeit intensiv und fokussiert sich auf teils unterschiedliche, insgesamt aber überwiegend auf Wasserstoff basierende Ansätze, welche als Breakthrough-Technologien eine vollkommene Dekarbonisierung ermöglichen könnten, jedoch Brückentechnologien als Umstieg benötigen. Dazu zählen zum Beispiel CDA (Carbon Direct Avoidance, also CO₂-minimierte Herstellungsverfahren an sich), aber auch vielleicht CCU (Carbon Capture and Utilisation, beispielsweise die chemische Umwandlung von Kohlendioxid) und CCS (Carbon Capture and Storage), die unterirdische „Endlagerung“ von CO₂.

Die Optionen variieren je nach Umfeldbedingungen eines Unternehmens, etwa regionalen Schwerpunkten und nationalen Gegebenheiten, und haben alle ihre Berechtigung; doch so unterschiedlich sie sein mögen, sie sind durchwegs noch Zukunftsmusik und im großindustriellen Maßstab jedenfalls erst in etwa 20 Jahren realistisch. Desweiteren müssen diese neuen Prozesse erst energieeffizient in den gesamten Produktionsprozess – die integrierte Stahlerzeugung – eingebunden werden.

Schrittweise Decarbonisierung: Der voestalpine-Weg

Das voestalpine-Szenario zur Erreichung der Klimaziele sieht aus heutiger Sicht eine schrittweise Decarbonisierung mit der langfristigen Vision einer vollständigen CO₂-Freiheit mittels Wasserstoffnutzung vor. Was sind im Überblick die technologischen Optionen und woran wird derzeit bereits geforscht?

- **Direktreduktion als erster Schritt.** Als Übergangstechnologie setzt voestalpine auf die neue Direktreduktionsanlage in Texas, USA. Dort werden HBI (Hot Briquetted Iron) beziehungsweise DRI (Direct Reduced Iron), also Eisenschwamm-Pellets, auf Erdgasbasis statt mit Kohle/Koks reduziert hergestellt, was bei Einsatz in den bestehenden Hochöfen in Linz und Donawitz eine konzernale CO₂-Reduktion um bis zu 5 % ermöglicht.
- **Zukunftstechnologien.** Langfristige F&E-Aktivitäten umfassen die Weiterentwicklung der Direktreduktion auf Basis von Wasserstoff anstelle von Erdgas sowie die weiterfolgende Erschmelzung von Stahl mit Wasserstoff anstelle von Kohle/Koks.

Potenzial der Direktreduktion mit Wasserstoff

HBI ist ein sehr flexibler Einsatzstoff. Man kann es in einem Elektrolichtbogenofen zu Rohstahl verarbeiten, oder im Hochofen einsetzen, wo es dazu beiträgt, die CO₂-Emission zu senken und die Leistung zu steigern, oder auch als Schrottersatz im Konverter für die Rohstahlerzeugung verwenden. Langfristig kann Erdgas im Direktreduktionsprozess praktisch gänzlich durch „grünen“ Wasserstoff ersetzt werden, wenn dieser Prozess energie Kostenseitig wirtschaftlich darstellbar und kapazitätsmäßig aus erneuerbarer Energie gedeckt werden kann. Direktreduktionsschachtöfen arbeiten heute in der betrieblichen Praxis schon mit Wasserstoffanteilen im Reduktionsgas von über 60 %. Wenn Wasserstoff künftig in ausreichenden Mengen und zu wirtschaftlichen Konditionen verfügbar wäre, könnte er eine noch ungleich bedeutendere Rolle für die Stahl-

erzeugung spielen, und in Verbindung mit Elektrolichtbogenöfen eine weitestgehende Dekarbonisierung bewirken. Unter heutigen Rahmenbedingungen ist die Reduktion von Eisenerz ausschließlich mit Wasserstoff im Vergleich zur konventionell basierten Erdgasreduktion wirtschaftlich allerdings nirgendwo auf der Welt darstellbar.

(Eine bestimmte Menge an Kohlenstoff wird jedoch selbst bei rein wasserstoffbasierter Stahlerzeugung auch in Zukunft benötigt werden, allein schon aufgrund der „schmelzmetallurgischen Arbeit“, die zur Herstellung von höchstwertigen Stahlsorten reaktionstechnisch zu leisten ist, weshalb eine tatsächliche „Zero-Carbon“-Vision schon alleine chemisch-physikalisch unrealistisch ist. Kohlenstoff ist ein „zwingender“ Legierungsbestandteil jeden Stahls).

H₂-FUTURE: Die Vision vom „grünen Wasserstoff“ in der Stahlindustrie

Das Projektkonsortium H₂FUTURE, bestehend aus voestalpine, Siemens und VERBUND sowie Austrian Power Grid (APG) und den wissenschaftlichen Partnern K1-MET und ECN (Energy research Centre of the Netherlands) errichtet derzeit am voestalpine-Standort Linz die gegenwärtig weltweit größte Elektrolyseanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff. Das Projekt wird im Rahmen des Horizon 2020-Programmes von der EU-Kommission (Joint Undertaking Fuel Cells and Hydrogen) unterstützt.

Für die Erzeugung von Wasserstoff braucht es Strom. Derzeit wird Wasserstoff aber noch fast ausschließlich fossil, nämlich durch Erdgasreformierung/Synthesegasproduktion, hergestellt. Ziel von H₂FUTURE ist es, „grünen“, also auf erneuerbarer Basis gewonnenen Wasserstoff mit einer so genannten PEM (Protonen-Austausch-Membran)-Elektrolysetechnologie aus Wasser zu produzieren und den Einsatz des Wasserstoffes als Industriegas sowie den Einsatz der Anlage am Regelenergiemarkt zu testen.

Mit H₂FUTURE werden zentrale Fragestellungen der Sektorkopplung von Energie und Industrie sowie die Übertragbarkeit der Technologie auf weitere Industriesektoren, die Wasserstoff im Produktionsprozess einsetzen, untersucht. Weiterer Schwerpunkt ist die Einbindung der reaktionsschnellen PEM-Elektrolyseanlage in die Regelenergiemärkte durch Entwicklung von Demand-Side-Management-Lösungen, also den Ausgleich von kurzfristigen Schwankungen im zunehmend volatileren Stromnetz durch Lastmanagement bei großen Verbrauchern. Neben den technologischen Fragestellungen sind vor allem auch (theoretische) Ableitungen aus den Projektergebnissen zur Umlegung auf die gesamte Stahlindustrie entscheidend wie beispielsweise:

Energiemengenbedarf bei Upscaling für die gesamte Stahlindustrie (und weitere Industrien beziehungsweise Sektoren), der dazu notwendige Ausbau der erneuerbaren Energien und deren zeitliche Verfügbarkeit sowie Versorgungssicherheit und Energiekostenvergleiche, erforderliche Installationen und Infrastrukturkosten für eine Grünwasserstoffproduktion, Investitionsumfänge für eine Umstellung und zeitlich realistische Horizonte. Und nicht zuletzt die notwendige globale Umsetzung eines level playing field für diese Technologien der Decarbonisierung.

H₂FUTURE läuft bis 2021, Ende 2018 soll die Elektrolyseanlage ihren Betrieb aufnehmen.

Ein weiterer Beitrag der Industrie zu innovativen Konzepten kann beispielsweise auch durch Nutzung des Niedertemperaturbereiches („Anergy“-Anwendungen) oder vermehrt von Abwärme- und ähnlichen Potenzialen liegen.

Zukunftsvision: Die Stahlherstellung ohne CO₂?

Die direkte Herstellung von Stahl aus Eisenoxiden ohne Zwischenstufen stellt den visionärsten Forschungsansatz dar. Ziel des Projekts SuSteel (CO₂-freies nachhaltiges Stahlherstellungsverfahren mittels Wasserstoffplasmaschmelzreduktion, kurz *Sustainable Steel*) ist die Entwicklung einer neuartigen Wasserstoff-Plasmatechnologie für die Schmelzreduktion von Eisenerzen und die direkte Produktion von Stahl. Dabei soll Wasserstoff-Plasma sowohl zur Reduktion der Oxide dienen, als auch die Plasmaenergie zum Aufschmelzen des metallischen Eisens genutzt werden.

Bei Verwendung von Wasserstoff als Reduktionsmittel entsteht lediglich klimaneutrales Wasser so der Wasserstoff aus erneuerbaren Energien produziert wurde. Um die Entwicklung dieses grundsätzlich bereits weitgehend bewiesenen Konzepts zur tatsächlichen technologischen Umsetzung voranzutreiben, ist am Standort Donawitz der voestalpine eine Versuchsanlage geplant. In Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern Montanuniversität Leoben und K1-MET sollen unterschiedliche Konzepte etwa zur Herstellung des H₂-Plasmas, Variationen der Eisenoxidzufuhr beziehungsweise Gasflüsse zur Kühlung sowie zu unterschiedlichen Reaktorgeometrien untersucht werden. Die Ergebnisse sollen bis 2019 die Machbarkeit der Schmelzreduktion von Eisenoxiden im Wasserstoffplasma und damit eine CO₂-freie Stahlherstellung im Klein-Maßstab beweisen.

Die CO₂-freie Stahlherstellung hätte dabei nicht nur eine enorme Vorbildwirkung für andere CO₂-emittierende Wirtschaftssektoren. Ein zusätzlicher Vorteil des angedachten Verfahrens wäre es, Stahl direkt aus Eisenerz und entsprechenden Legierungszusätzen erzeugen zu können. Der heute etablierte Verfahrens-

schritt vom Roheisen zum Stahl im LD-Verfahren könnte entfallen, damit würden sich auch gänzlich neue Möglichkeiten in der Legierungsentwicklung von neuen Stählen eröffnen.

Eine weitere Möglichkeit, die jedoch vom Potenzial her nicht an die „Wasserstoffoptionen“ heranreicht, stellen Weiterentwicklungen bei Rohstoffen, etwa durch Vorbehandlung und Veredelung, und damit einhergehende Energie- und Emissionsverbesserungen dar.

Für sämtliche Varianten möglicher Verfahrenswechsel von Kohlenstoff- auf Wasserstoffmetallurgie ist, wie bereits dargestellt, vorab eine grundlegende Umstellung der Energiesysteme auf erneuerbare Energieversorgung erforderlich. Das bedeutet: Wie auch immer der technologische Weg im Detail aussehen wird, ist die für die jeweiligen Szenarien und Stufen erforderliche erneuerbare Energie – und zwar in ausreichendem Umfang, mit größter Versorgungssicherheit und zu global wettbewerbsfähigen Preisen – bereitzustellen.

Was technologisch machbar ist, muss noch lange nicht wirtschaftlich darstellbar sein

Abgesehen von der technologischen Realisierbarkeit stellt sich auf breiter Basis die Kostenfrage – und zwar sowohl in der Forschung und Entwicklung, im nachfolgenden „Upscaling“ auf großindustrielle Maßstäbe, bei den Umstellungsinvestitionen und letztlich bei Betriebs- und Herstellungskosten.

Wie würden sich beispielsweise die Produktionskosten für eine Tonne Stahl je nach Technologieoption entwickeln? Sie stiegen (verglichen mit heutigem Verfahren = 100 %) bei Direktreduktion mit Erdgas auf ca.130 % und bei Direktreduktion mit Wasserstoff sogar auf bis zu 180 % – eine völlige Umstellung würde also fast eine Verdoppelung der Herstellungskosten nach sich ziehen, wobei insbesondere Energie, aber auch Rohstoffe zu den wesentlichen Kostentreibern gehören und die zusätzlichen Investitionskosten noch gar nicht inkludiert sind.

Was die Investitionen betrifft, würden aus heutiger Sicht für die beschriebenen Technologievarianten über 1 Mrd. EUR nur an Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen bis 2030 und Upscaling bis 2035 sowie in der Folge an die 7 Mrd. Euro für eine vollständige Umstellung an den Standorten Linz und Donawitz zu veranschlagen sein. Diese Größenordnung zeigt, wie wichtig ausreichende Planungs- und Rechtssicherheit sind, um derart weitreichende Entscheidungen auch mit der entsprechenden kaufmännischen Umsicht treffen zu können.

In Zukunft wird es keine einheitliche „Patentlösung“, keine „one-size-fits-all“-Breakthrough-Technologie geben können, sondern es wird sich vor allem in der Decarbonisierungsphase in Zusammenarbeit mit dem Energiesektor

eine Palette an technologischen Möglichkeiten herausbilden, die in Summe zu einer nachhaltigen Verringerung von CO₂-Emissionen aus der Stahlindustrie führen – sofern die Transformation des Energiesystems hin zu erneuerbarer Energieversorgung als Vorbedingung zeitgerecht, in erforderlichem Umfang und für die Nutzer kostenneutral erfolgt ist.

Weder vom Energiemarkt noch von den technologischen Herausforderungen her wird dies ein einzelnes Land, geschweige denn eine einzelne Branche oder ein einzelnes Unternehmen für sich alleine bewerkstelligen können. Neben der Integration nationaler Energie- und Klimapolitik im Rahmen der EU-Energieunion bedarf es neuer, umfangreicher und innovativer Kooperationen aller Sektoren und Stakeholder und – nicht zuletzt – auch entsprechender Innovationsunterstützung auf europäischer und globaler Ebene. Wichtig dabei – und in nationalen Vorzeigeregionen schon vorbildlich umgesetzt – ist die Berücksichtigung sektorübergreifender Zusammenarbeit sowie von Entwicklungsnetzwerken einschließlich universitärer Einrichtungen oder anderen wissenschaftlichen Partnern sowohl national als auch international.

Der Weg zur Erreichung der Klimaziele durch Dekarbonisierung ist eine in ihrer Dimension wohl noch nie dagewesene Herausforderung für alle Akteure. Nur wenn sie als solche von allen begriffen, wahrgenommen und konsequent umgesetzt wird, werden unsere Nachkommen das „Paris-Abkommen“ im Rückblick auch tatsächlich als Meilenstein betrachten können.