

Perspektiven der Decarbonisierung für die chemische Industrie in Österreich

Executive Summary einer Studie des
Fachverbandes der Chemischen Industrie
durchgeführt von

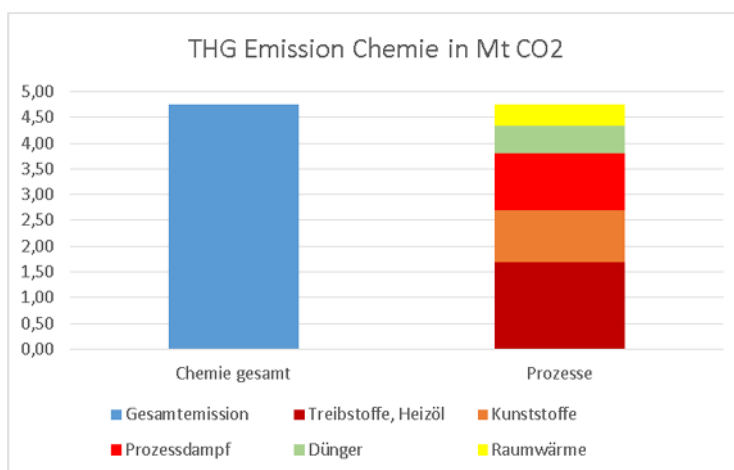
Dr. Andreas Windsperger



Die chemische Industrie ist seit jeher einer der Pfeiler unserer technisierten Gesellschaft. Es bedurfte vieler Entwicklungen und Innovationen, um den hohen technischen Standard und die Qualität der Produkte, die wir heute im Alltag verwenden, zu erreichen. Die Prozesse der chemischen Industrie sind im Grundstoffbereich mit großem Energie- und Rohstoffeinsatz und daraus resultierend mit Emissionen verbunden. Der Einsatz hocheffizienter KWK-Anlagen mit emissionsarmen Brennstoffen sowie die Forcierung der Abwärmenutzung führte in den letzten Jahren zu einer kontinuierlichen Entkopplung des Energieeinsatzes von der Produktionsleistung. Die verstärkte Verwendung von erneuerbaren Energieformen brachte eine zusätzliche Verringerung der CO₂-Intensität und stellt einen weiteren wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz dar.

Die chemische Industrie verwendet überwiegend fossile Rohstoffe (Rohöl und Erdgas, insgesamt etwa 20 Mio. Tonnen, das entspricht etwa 12 % des gesamten Rohstoffeinsatzes in Österreich, inklusive mineralischer und biogener Ressourcen). Bei der Verarbeitung fallen Treibhausgas-(THG)-Emissionen an, die in Relation zum Energieinhalt in den Produkten relativ gering sind, sie machen etwa 13 % der THG-Emissionen der österreichischen Industrie aus.

Wird der Energieinhalt der Produkte thermisch genutzt, führt der enthaltene fossile Kohlenstoff zu THG-Emissionen. Dies ist bei chemischen Produkten in der Regel erst am Ende der Nutzungsdauer der Fall, erfolgt bei Brenn- und Treibstoffen aber bereits im Rahmen der Nutzung. Im Sinne des Klimaschutzes wird daher zunehmend eine Decarbonisierung - eine Abkehr von der Verwendung fossiler Rohstoffe - gefordert.



Um mögliche Wege zur Decarbonisierung der chemischen Produktion zu untersuchen, hat der Europäische Chemieverband (CEFIC) die DECHEMA beauftragt, diesbezüglich eine Analyse für die chemische Industrie in Europa durchzuführen. Der Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs hat beim Institut für Industrielle Ökologie eine Studie in Auftrag gegeben, die die europäische Analyse mit Szenarien bis 2050 auf die chemische Industrie in Österreich umlegt. Hierfür wurden die Annahmen und spezifischen Faktoren der DECHEMA als Ausgangsbasis verwendet. Ein wesentlicher Unterschied ist jedoch, dass die Ausrichtung auf erneuerbaren Strom in Österreich den Verzicht auf Atomstrom bedeutet, während in der EU bei low carbon energy auch Atomstrom inkludiert ist.

Schwerpunkte für die Decarbonisierung sind dabei:

- Weitergehende Effizienzsteigerungen
- Einsatz von erneuerbarem Strom
- Neue effiziente Prozesse wie z. B. Einsatz von Sauerstoff depolarisierten Kathoden (ODC) bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse
- Neue Technologien im Bereich der Grundchemikalien:
 - Low Carbon Ammoniak Prozess unter Verwendung von Elektrolyse-Wasserstoff (anstelle von Methan)
 - Umstellung der Methanol- und Olefinproduktion (Ausgangsbasis für Kunststoffe): Hier wird auf fossile Rohstoffe zur Gänze verzichtet. Der benötigte Kohlenstoff wird als CO₂ aus Verbrennungsabgasen gewonnen. Der erforderliche Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser unter Einsatz von erneuerbarem Strom erzeugt.
 - Vermehrter Einsatz von Biomasse als Kohlenstoffquelle (ebenfalls für Methanol und Olefine)

Die einzelnen Szenarien der Decarbonisierung der chemischen Produktion in Österreich gehen von einem unterschiedlichem Ausmaß der Umsetzung der oben genannten neuen Prozesse aus. Sie werden mit dem Business-as-usual (BAU)-Szenario, der Veränderung durch die wirtschaftliche Entwicklung und die Weiterführung von Effizienzsteigerungen, verglichen.

Das Intermediate-Szenario betrachtet neben der kontinuierlichen Effizienzsteigerung den verstärkten Einsatz von erneuerbarem Strom für die Dampfbereitstellung und für Antriebe und Öfen bis hin zur vollständigen Umstellung im Jahr 2050. Die Einführung von Low-Carbon Prozessen beginnt erst langsam und erreicht 2050 30 % der Produktionsmenge an Grundstoffen.

Das Ambitious-Szenario geht bei der Energieeffizienzverbesserung und dem Einsatz von erneuerbarem Strom für die Dampfbereitstellung sowie für Antriebe und Öfen analog dem Intermediate-Szenario bis zur vollständigen Implementierung 2050. Die Einführung von Low-Carbon Prozessen deckt 2050 aber bereits 50 % der Produktionsmenge an Grundstoffen ab.

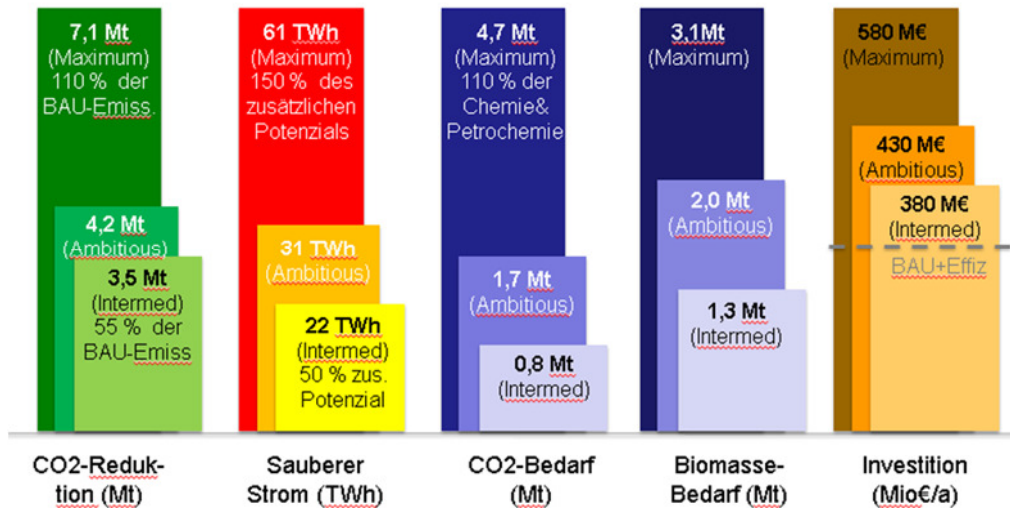
Die Effekte werden hier vor allem durch die Umstellung der Dampf- und Strombereitstellung erreicht. Die Wirkungen der neuen Technologien erreichen wegen der anfänglich noch langsamen Einführung erst gegen Ende des Betrachtungszeitraums nennenswerte Bedeutung. Die Ergebnisse zeigen eine Verschiebung weg vom Einsatz fossiler Brennstoffe

hin zu erneuerbarem Strom. Trotz Effizienzsteigerungen steigt der Stromeinsatz, vorwiegend durch die Wasserstoffbereitstellung aus der Wasser-Elektrolyse, deutlich an und liegt 2050 im Intermediate-Szenario bereits über den im Business-as-usual erwarteten Verbrauchswerten, im Ambitious-Szenario mit 30 TWh sogar beim doppelten Wert. Dies entspricht etwa drei Viertel des gesamten Stroms aus Wasserkraft in Österreich bzw. der Leistung von ca. 30 Kraftwerken in der Größenordnung des Donaukraftwerkes Freudenu. Die CO₂-Reduktion liegt 2050 in beiden Szenarien mit 3,5 bzw. 4,1 Mio. Tonnen CO₂ relativ ähnlich und entspricht etwa drei Viertel der gesamten Emission von Chemie und Raffinerie im BAU-Szenario.

Im Maximal-Szenario erfolgt schließlich die weitestgehende Decarbonisierung der chemischen Produktion durch Herstellung der Olefine (Grundkörper für Synthesen und für viele Kunststoffe) mittels CO₂ aus Abgasen sowie mit Wasserstoff aus der Wasser-Elektrolyse oder durch die Verwendung von Biomasse statt Rohöl. Dies führt zu einer weiteren, deutlichen Steigerung des Stromeinsatzes. Unverändert bleibt die vollständige Umstellung des Dampfeinsatzes sowie der Antriebe und Industrieöfen auf erneuerbaren Strom bis 2050.

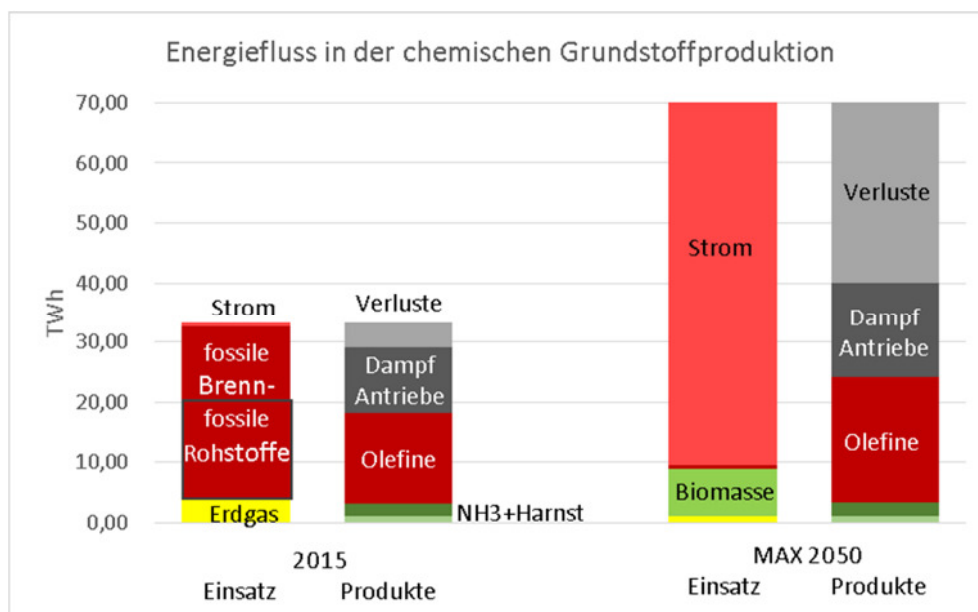
Die Bereitstellung des in diesem Szenario insgesamt notwendigen zusätzlich Strombedarfs von 60 TWh aus erneuerbaren Energieformen scheint aus heutiger Sicht nicht möglich, da dies nahezu dem gesamten Stromeinsatz des Jahres 2016 in Österreich entspricht. Die vollständig erneuerbare Stromherstellung ist zwar ein deklariertes politisches Ziel, deren Verdopplung für den Industrieinsatz oder die äquivalente Einsparung in den anderen Sektoren ist jedoch nicht realistisch. Die CO₂-Reduktion im Maximum-Szenario übersteigt die im BAU erwartete Emission des Sektors Chemie und Raffinerie im Jahr 2050 (110% der BAU-Emissionen), was weitestgehender Decarbonisierung entspricht. Für die Bereitstellung des Kohlenstoffs fällt aber ein hoher Bedarf an CO₂ und auch Biomasse an. Bei den getroffenen Annahmen ergäbe sich ein CO₂-Bedarf von 4,7 Mio. Tonnen, was etwa der gesamten derzeitigen THG-Emission von Chemie und Raffinerie entspricht. Die CO₂-Abscheidung in diesem Ausmaß wäre aus ökonomischen Gründen nur bei großen Standorten mit hoher CO₂-Emission, wie bei Kraftwerken mit mehr als 100 MW, möglich. Die Deckung des anfallenden Biomasse-Bedarfs (3 Mio. Tonnen trockene Biomasse im Maximal-Szenario) ist wegen der Konkurrenzsituation beim Rohstoff Holz schwierig, da dies in etwa dem gesamten Einsatz von Industrieholz in Österreich 2016 entspricht.

Die Implementierung der neuen Prozesse zur Decarbonisierung erfordert den Ersatz und die Neuerrichtung von Anlagen, was mit hohen Investitionskosten in der chemischen Industrie verbunden ist. Bei maximaler Umsetzung wären alleine für die Grundstoffherstellung jährliche Investitionen von etwa 580 Mio. Euro notwendig. Investitionen für die Weiterverarbeitung sind dabei nicht enthalten und wären weiterhin notwendig. Ebenso wenig fanden Investitionen im Energiesektor für die Bereitstellung des erneuerbaren Stroms sowie der Ausbau der Netze und Speicher in den Berechnungen Berücksichtigung.



Nachfolgend werden die Veränderungen durch die neuen Prozesse zur Decarbonisierung für die Bereitstellung der chemischen Grundstoffe in Form eines Energieflusses dargestellt. Bei diesem sind sowohl die Rohstoffe als auch der Energieeinsatz sichtbar. Für den Vergleich wird die Situation 2015 dem Maximal-Szenario für 2050 gegenübergestellt.

Die aktuelle Situation der Grundstoffherstellung baut auf dem Einsatz von Rohöl und Erdgas auf, aus denen auch die wesentlichen Energieträger bereitgestellt werden. Der Einsatz von Fremdstrom ist demgegenüber relativ gering. Im Vergleich zeigt sich im MAX-Szenario durch den Umstieg vom fossilen Rohstoff großteils auf die Wasserstoffroute eine mehr als Verdreifachung des Strombedarfs gegenüber dem konventionellen Energiebedarf, der aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden müsste. Durch den notwendigen Aufbau der chemischen Strukturen aus Wasserstoff und CO₂ ergeben sich aber auch deutlich höhere Verluste von etwa 50 % des notwendigen Stromeinsatzes.



Für eine vollständige Abkehr vom Einsatz von Rohöl wäre auch die Umstellung der Brenn- und Treibstoffe auf eine erneuerbare Basis notwendig, die primär den Energiebereich betrifft und im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet wurde.

Fazit

- Der Einsatz von erneuerbarem Strom ohne Atomstrom ist für Österreich ein Eckpfeiler in der Decarbonisierung der chemischen Produktion. Effizienzsteigerungen und der Stromeinsatz für Antriebe und die Dampfbereitstellung können die CO₂-Emission der chemischen Industrie bis 2050 etwa auf die Hälfte reduzieren. Der zusätzliche Bedarf an erneuerbarem Strom von 15 TWh entspricht dabei etwa dem aktuellen Energieverbrauch von Chemie und Raffinerie.
- Neue Verfahren der Chlor- und der Düngemittelherstellung mit der Verwendung von erneuerbar erzeugtem Wasserstoff enthalten bereits wesentliche Elemente der Decarbonisierung. Sie führen zu einer weiteren Reduktion von etwa 1,5 Mio. Tonnen CO₂, erfordern aber neben dem Investitionsaufwand auch zusätzlichen erneuerbaren Strom in Höhe von 5 bis 7 TWh, was etwa der Hälfte des Energieeinsatzes von Chemie und Raffinerie entspricht.
- Die zusätzliche Bereitstellung von Kunststoffen ohne fossile Rohstoffe entweder durch Reduktion von CO₂ aus Abgasen mit Wasserstoff aus der Wasser-Elektrolyse oder der Verwendung von Biomasse hätte maßgebliche Klimaeffekte. Insgesamt würde die CO₂-Reduktion über die erwartete Emission von Chemie und Raffinerie im Jahr 2050 hinaus gehen. Sie erfordert insgesamt aber erneuerbaren Strom in Höhe des aktuellen gesamten Stromverbrauchs in Österreich, deren zusätzliche erneuerbare Bereitstellung für die produzierende Industrie schwer vorstellbar ist. Auch die Deckung des entstehenden Bedarfs an 4,5 Mio. Tonnen CO₂ aus Rauchgasen und von 6 Mio. Festmeter Holz erscheint derzeit unrealistisch.
- Der Ausstieg aus fossilen Rohstoffen zeigt nicht die oft erwartete Reduktion des Energiebedarfs. Die Herstellung von chemischen Grundstoffen über die Wasserstoff-Route ist mit hohem Strombedarf und auch einer deutlichen Steigerung der Verluste verbunden, da die chemischen Strukturen aus Wasserstoff und CO₂ oder über Biomasse erst aufgebaut werden müssen, was hohen Energieeinsatz erfordert.
- Der Erhalt des Materials in den chemischen Produkten erscheint damit vorrangig. Dies wäre durch Recycling bei sortenreiner Trennung oder Neu-Synthese nach chemischer Zerlegung in Grundbausteine bei vermischten Materialien möglich und würde fossile Emissionen aus den Produkten vermeiden. Allerdings muss dabei der Aufwand von Sammlung, Trennung und Aufarbeitung berücksichtigt werden.
- Die Umsetzung der betrachteten Decarbonisierungswege führt zu hohen Investitionskosten und zwischenzeitlich auch zu höheren Kosten der Produkte, die eine Verschlechterung der Konkurrenzfähigkeit am Markt mit sich bringen würde.