



Dokumentation

Energieverbrauch bei der Produktion von mineralischem Stickstoffdünger

Energieverbrauch bei der Produktion von mineralischem Stickstoffdünger

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 088/18
Abschluss der Arbeit: 24. August 2018
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ammoniaksynthese als Ausgangsprozess zur Düngemittelherstellung	4
2.	Ammoniaksynthese	5
3.	Neue energieeffizientere Technologien der Ammoniaksynthese	7
4.	Energieverbrauch bei der Herstellung von mineralischem Stickstoffdünger	9

1. Ammoniaksynthese als Ausgangsprozess zur Düngemittelherstellung

„Mit einem **Anteil von einem bis drei Prozent am weltweiten Energiebedarf** ist die **Ammoniaksynthese** einer der größten industriellen Energieverbraucher. Rund 80 Prozent des hergestellten NH_3 werden als Düngemittel eingesetzt. Ohne NH_3 wäre es nicht möglich, die stetig wachsende Bevölkerung mit ausreichend Nahrung zu versorgen. Parallel zur Düngemittelindustrie spielt NH_3 auch als Grundstoff für zahlreiche Feinchemikalien und als Zwischenstoff zur Energie- und Wasserstoffspeicherung eine wichtige Rolle.

Die klassische Haber Bosch Synthese: Großtechnisch wird NH_3 heutzutage nach dem Haber Bosch Verfahren hergestellt, das 2013 sein 100-jähriges Jubiläum feierte. Stickstoff und H_2 werden bei Temperaturen von 400 bis 500 Grad Celsius und Drücken von 150 bis 250 bar über einen Eisenkatalysator geleitet. Diese Prozessparameter sind ein Kompromiss zwischen der thermischen Stabilität von NH_3 , der Reaktionsrate und der Katalysatoraktivität. Unter Gleichgewichtsbedingungen wird ein Umsatz von 15 Prozent erreicht. Der benötigte N_2 wird durch kryogene Luftzerlegung gewonnen, wohingegen H_2 durch Dampfreformierung von Methan CH_4 erzeugt wird. **Pro Tonne produziertem NH_3 werden zwei Tonnen klimaschädliches Kohlenstoffdioxid CO_2 freigesetzt.** Die wertvollen Kohlenwasserstoffe werden also nicht in das Endprodukt NH_3 umgewandelt, sondern lediglich in das derzeit noch nicht großtechnisch verwertbare CO_2 . Moderne Haber Bosch Anlagen produzieren bis zu 1500 Tonnen NH_3 pro Tag und verbrauchen ungefähr acht Megawattstunden Energie pro Tonne NH_3 basierend auf CH_4 und 13,5 Megawattstunden Energie, basierend auf Kohle als Wasserstoffquelle.“¹

Aus umweltfreundlicher Sicht berge das Haber Bosch Verfahren Verbesserungspotenzial und ein Alternativverfahren, das nicht auf wertvollen fossilen Energieträgern aufbaue, sei wünschenswert. Die Autoren des Artikels „Ammoniaksynthese 2.0 – Elektrochemie versus Haber Bosch“ stellen ein neuartiges elektrochemisches Verfahren zur Ammoniaksynthese vor: „Dieses Verfahren soll CO_2 frei sein, das heißt, es sollen keine fossilen Brennstoffe verbraucht werden und CO_2 Emissionen sollen vermieden werden. Des Weiteren soll eine im Überschuss vorhandene Wasserstoffquelle oder Stromquelle verwendet und erneuerbare Energien eingesetzt werden.“²

Die eingesetzten fossilen Brennstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle) dienen der Bereitstellung des Wasserstoffs für das Haber-Bosch-Verfahren. Der auf diese Weise erzeugte Wasserstoff hat dadurch einen mehr oder weniger großen „ CO_2 -Fußabdruck“. Prinzipiell ist die Herstellung von Wasserstoff ohne oder mit einem erheblich kleineren „ CO_2 -Fußabdruck“ denkbar, wenn erneuerbare Energie (aus Sonne oder Wind) zur Wasserelektrolyse eingesetzt werden.

1 Kurt Kugler, Alexander Mitsos, Ganzhou Wang, Matthias Wessling: Ammoniaksynthese 2.0 – Elektrochemie versus Haber Bosch. Ergebnisse einer Prozesssimulation. In: Energy, Chemical & Process Engineering, Berichte aus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen 1/2015, S. 52-55, hier S. 52. Abrufbar unter https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaanlyjn (Stand 20.8.2018) **Nur Fassung von „Haber Bosch Synthese“ im Original.** Alle Abrufe zuletzt am 23. August 2018.

2 Ebd. S. 52f.

2. Ammoniaksynthese

In der 2013 erschienenen Studie des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI zum Thema „Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente“³ werden im Kapitel 3.2.1.2 die Herstellungsprozesse für Ammoniak erläutert: „Die Herstellung von Ammoniak besteht traditionell aus zwei integrierten Prozessstufen: dem Synthesegas-Prozess und der Ammoniak-Synthese nach dem Haber-Bosch Verfahren. In dieser Untersuchung werden nur integrierte Prozesse betrachtet. Zwei Verfahren werden dabei für die Herstellung des Synthesegases eingesetzt: das Steam-Reforming und die partielle Oxidation.“

„Das Steam-Reforming ist ein allothermer katalytischer Prozess. Wärme muss von außen, z. B. durch Verbrennung von Erdgas, zugeführt werden. Es werden Einsatzstoffe bis 200 °C Siedetemperatur verwendet. Meistens wird Erdgas als Rohstoff (überwiegend Methan) eingesetzt.“⁴

„Bei der partiellen Oxidation handelt sich um einen autothermen nicht-katalytischen Prozess. Der Wärmebedarf wird durch eine partielle Verbrennung des Einsatzstoffes gedeckt, wobei eine unterstöchiometrische Menge an Sauerstoff zugeführt wird. Es können theoretisch alle Kohlenwasserstoffe eingesetzt werden. In der Praxis werden schweres Heizöl und Destillationsrückstand verwendet. In der Regel wird mit Sauerstoff angereicherte Luft dem Vergasungsreaktor zugeführt, um das Zielgemisch für die Ammoniak-Synthese zu erreichen. Dadurch ist ein zusätzlicher Strombedarf für die Luftzerlegung notwendig. Der flüssige Stickstoff wird für die Reinigung des Synthesegases verwendet.“⁵

„Die Ammoniak-Synthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren ist die zweite Hauptprozessstufe und verläuft katalytisch in einem Druckreaktor bei einer Temperatur zwischen 380 und 520 °C. Der wirtschaftlich optimale Druckbereich liegt zwischen 90 und 230 bar (Winnacker-Küchler 2005, S. 218). Die Reaktion ist exotherm. Dadurch kann Dampf in größeren Mengen erzeugt werden. Die Kompression des Gases erfolgt heute mit Hilfe von dampfgetriebenen Turboverdichtern. Nicht-umgesetzte Einsatzstoffe werden im Kreislauf in den Reaktor zurückgefahren. Das Ausschleiden des gebildeten Ammoniaks aus dem Kreislaufgas erfolgt durch Kondensation bei tiefen Temperaturen. Als Kältemittel verwendet man verdampfendes Ammoniak. Für die Kälteerzeugung werden ebenfalls dampfgetriebene Turboverdichter verwendet.“⁶

„In beiden Prozessen zur Herstellung von Synthesegas fallen erhebliche Mengen an CO₂ an, die vom Rohstoff abhängig sind. Bei dem Steam-Reforming beträgt das Prozess-CO₂ 1,15 –

3 Tobias Fleiter, Barbara Schломann, Wolfgang Eichhammer (Hgg.): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI-Schriftenreihe »Innovationspotenziale«, 2013. Abrufbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2013/Umweltforschungsplan_FKZ-370946130.pdf

4 Ebd. S. 130.

5 Ebd. S. 131.

6 Ebd. S. 131f.

1,40 t CO₂/t NH₃ und bei der partiellen Oxidation 2 – 2,6 t CO₂/t NH₃ (IPTS 2007b, S. 38). Das durch die Ammoniak-Herstellung entstehende Prozess-CO₂ wird für 2007 auf 7.721 kt angegeben (UBA (2011), S. 558.) Im Falle der Weiterverarbeitung des Ammoniaks zu Harnstoff wird das Prozess-CO₂ zum größten Teil verbraucht. Dabei werden je nach Prozess unterschiedliche Mengen an CO₂ benötigt. Beispielsweise werden ca. 1,3 t CO₂/t NH₃ beim Stamicarbon-Prozess verbraucht (Uhde 2007). Außerdem werden kleinere Mengen des Prozess-CO₂ gereinigt und in der Getränkeindustrie, als Trockeneis, als technisches Gas usw. eingesetzt. Hierzu sind keine genauen Daten verfügbar.“⁷

Eine Übersicht der wichtigsten Parameter der Ammoniak-Herstellung in Deutschland gibt die nachfolgende Tabelle aus der Studie von 2013⁸:

Tabelle 3-7: Wichtigste Parameter der Ammoniak-Herstellung in Deutschland

Parameter	Wert/Beschreibung
Zielprodukt	Ammoniak NH ₃ (WZ-Nummer, 2415 10 750) Nebenprodukt: Kohlendioxid
Produktionsmenge 2007	2.746,177 kt N (Statistisches Bundesamt 2008), entspricht 3.334,643 kt NH ₃
Prozesse	Integrierter Prozess: Synthesegasherstellung + Haber-Bosch-Verfahren Prozesse der Synthesegas-Herstellung: Steam-Reforming und partielle Oxidation Rohstoffe: <ul style="list-style-type: none"> • Erdgas, Steam-Reforming: 67 % (2.234,211 kt/a), • Erdölbasierte Kohlenwasserstoffe, partielle Oxidation: 33 % (1.100,432 kt/a)
Energieverbrauch 1, absolut (Steam-Reforming, Erdgas)	Strom = 1,072 PJ/a, Brennstoff und Dampf = 19,438 PJ/a, TFEU = 20,510 PJ/a, TPEU = 21,873 PJ/a
Energieverbrauch 1, spezifisch (Steam-Reforming, Erdgas)	Strom = 0,48 GJ/t, Brennstoff und Dampf = 8,70 GJ/t, TFEU = 9,18 GJ/t, TPEU = 9,79 GJ/t (Saygin, Patel, Marschneider-Weidemann 2008, S. 104)
Temperaturniveau des Wärmebedarfs, Steam-Reforming	Primärreformer: 800 °C Sekundärreformer: 1.200 °C
Energieverbrauch 2, absolut (partielle Oxidation, erdölbasierte Kohlenwasserstoffe)	Strom = 0,528 PJ/a, Brennstoff und Dampf = 18,157 PJ/a, TFEU = 18,652 PJ/a, TPEU = 19,566 PJ/a
Energieverbrauch 2, spezifisch (partielle Oxidation, erdölbasierte Kohlenwasserstoffe)	Strom = 0,48 GJ/t, Brennstoff und Dampf = 16,50 GJ/t, TFEU = 16,95 GJ/t, TPEU = 17,780 GJ/t (Neelis et al. 2005; UBA 2001a, S. 13)
Temperaturniveau des Wärmebedarfs, partielle Oxidation	Vergasungsreaktor: 1.200 – 1.500 °C
Anzahl der Produzenten	5
Standorte, Kapazitäten	Siehe Tabelle 3-60
Spezifisches Prozess- CO ₂	Steam-Reforming: 1,15 – 1,40 t CO ₂ /t NH ₃ . Partiellen Oxidation: 2 – 2,6 t CO ₂ /t NH ₃ (IPTS 2007b, S. 38)

7 Ebd. S. 133.

8 Ebd. S. 134.

3. Neue energieeffizientere Technologien der Ammoniaksynthese

Michal Weber stellt in einer Präsentation vom 19. Januar 2016 im Auftrag von giz und BMU unter dem Titel „Energie-Effizienz Technologien in der Chemischen Industrie“ Verfahrensalternativen bei der Ammoniak-Herstellung mit Haber-Bosch-Verfahren vor⁹. Demnach entfallen 1,1 % des Weltenergiebedarfs auf das Haber-Bosch Verfahren. Während in den 70er Jahren die Produktionskapazitäten auf Westeuropa, USA und die ehemalige UdSSR konzentriert gewesen seien, würden heute neue Anlagen vorzugsweise in Regionen mit hohem Eigenbedarf oder großen, anders kaum nutzbaren Erdgasvorkommen gebaut. Während die Weltproduktion bei 125 Mio t liege, schafften große Anlagen bis zu 3000 t pro Tag. Während neue Anlagen weniger Energie verbrauchten, seien Rohstoff- und Energieverbrauch stark abhängig von Verfahrensverbesserungen zur Energie-Effizienz. Zur Synthesegas-Herstellung etwa gebe es neue Entwicklungen¹⁰, auch können bei neuen Anlagen die Rohstoffe substituiert werden durch Erdgas und Biomasse.¹¹

Neue und innovative Technologien in der Ammoniaksynthese und ihre Perspektiven stellt auch eine Studie mit dem Titel „Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the chemical and petrochemical industry“ im Auftrag der EU-Kommission von 2017 in Kapitel 5.2.4 vor¹²:

“Membrane methane reforming

Conventionally the CH₄ steam reforming reaction is carried out in multi-tubular fixed-bed reactors in high temperatures. The use of reforming membranes can improve energy efficiency and reduce some of the drastic operative conditions. In addition, no traditional CO₂ removal system is

-
- 9 Vgl. Michael Weber: Energie-Effizienz Technologien in der Chemischen Industrie. 2016, abrufbar unter <https://low-carbon-urban-development-germany-china.org/wp-content/uploads/2016/04/Weber-Sites-Consulting-Energy-Efficient-Technologies-in-Chemical-Industry-DE.pdf>
- 10 Die dort aufgeführten drei Modifikationen werden in der Studie des Fraunhofer Instituts (Anm. 3) auf S. 131 beschrieben. Neuere Entwicklungen auch etwa bei Peter H. Pfrohm: Towards sustainable agriculture: Fossil-free ammonia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 9, 034702 (2017), abrufbar unter <https://doi.org/10.1063/1.4985090> ; Simon Schulte Beerbühl, Bärbel Kolbe, Christoph Roosen und Frank Schultmann: Ammoniaksynthese als Beispiel einer stofflichen Nutzung von intermittierend erzeugtem Wasserstoff. DOI: 10.1002/cite.201300167; Nuon, Stedin, OCI Nitrogen, CE Delft, Proton Ventures, TU Delft, TU Twente, AkzoNobel, ECN and ISPT (Institute for Sustainable Process Technology) as coordinator: Power to Ammonia. Feasibility study for the value chains and business cases to produce CO₂-free ammonia suitable for various market applications. 2017. Abrufbar unter <http://www.ispt.eu/power-ammonia-renewable-energy-co2-free-ammonia-chemical-feedstock-fuel/> ; Steffen Schirrmeister: Power-to-X. Chemische Energiespeicher. thyssenkrupp Industrial Solutions – Process Technologies. 2015, abrufbar unter https://www.gdch.de/fileadmin/download/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Seniorexperten/PDF/Tagungen/6_SEC_Jahrestreffen/Schirrmeister3.pdf
- 11 Vgl. Weber.
- 12 A. Boulamanti, J.A. Moya: Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the chemical and petrochemical industry, Science for Policy report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service. Luxembourg 2017, S. 52f. Abrufbar unter <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105767/kj-na-28471-enn.pdf>

needed (Moulijn et al., 2001). The energy savings in hydrogen production can be estimated to be 20 % compared to traditional reforming (Iaquaniello et al., 2008). Since this is fuel reduction respect of hydrogen, corresponding to 85 % of the ammonia production energy consumption, the energy savings respect of ammonia are assumed to be 17 %. The main disadvantage of this technology is low permeability and the cost of palladium-based membranes. The investment costs are estimated to be about EUR 28.05 million₂₀₀₈ for a 20 000 Nm³/h hydrogen production scheme reforming (Iaquaniello et al., 2008). These investments costs would be about EUR 348.1₂₀₁₃/tNH₃ if the ammonia synthesis is based on 100 % hydrogen conversion, which is the normal case.

Short contact time catalytic partial oxidation

Short contact time catalytic partial oxidation of natural gas represents an attractive process for syngas production, since it is possible to operate in flameless auto-thermal systems with significantly high conversion and selectivity, compared to existing processes (Reynier et al., 2007). The main advantages of this innovative technology is technical and operational simplicity, flexibility towards feedstock composition and production capacity, reduction in investment costs and energy consumption and reduction of CO₂ production (Iaquaniello et al., 2012). Investment costs are expected to be about 10 % lower than those of a steam methane reforming plant of the same capacity and operating costs about 5 % less, while the expected reduction in feed and fuel in the hydrogen production is 15 % (Iaquaniello et al., 2012). This reduction corresponds to 11 % less in the ammonia production energy consumption. Expected investment costs for this technique are EUR 835 000 000 with reference capacity 500 kt/y (OPT Sensor Srl, 2012).

CO₂ removal

New technologies for CO₂ separation are under development, with one of the most promising to be the use of membranes. This technique could potentially save 33 % of the separation energy, decreasing the energy use by 1.1 MJ/Nm³ CO₂ or 0.6 GJ/tNH₃ (US Department of Energy, 2005). According to (Lako, 2009), the hypothetical upgrading of three ammonia plants in the Netherlands had estimated energy savings 1 PJ/y and tentative investment EUR 50 million 2009. The study concludes that under the considered assumptions pay-back time is approximately 7 years and it does not warrant economic feasibility. This IT is excluded from the scope of the study as savings are less than 5 % and the economic feasibility doubtful.

New ammonia synthesis from electricity

An innovative ammonia synthesis technology is "solid state ammonia synthesis" (SSAS). It combines the functions of the electrolyser and the Haber-Bosch synthesis loop into one process and claims significantly higher efficiency and decreased capital costs, as the process step of producing hydrogen is omitted (Holbrook & Leighty, 2009). The technique is still under development, but it is estimated that the capital costs will be about USD 650 /kW of electricity input and that the electrical energy needs will be about 7.5 MWh/tNH₃. A 100-MW ammonia synthesis plant will have about 117 kt/y production and would cost USD 145-445 2009/t depending on the electricity cost (Holbrook & Leighty, 2009), which corresponds to EUR 241.4 2013/tNH₃. This IT consists improvement of the 53 "Ammonia production using hydrogen from water electrolysis" BAT, reducing electrical consumption by 37.5 %."

4. Energieverbrauch bei der Herstellung von mineralischem Stickstoffdünger

Auf einer Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern gemeinsam mit dem Bundesarbeitskreis Düngung (BAD) vom April 2007 hat Jürgen Küsters vom Düngemittelhersteller YARA zum Energieverbrauch bei der Herstellung von Mineraldüngern vorgetragen:

„Innerhalb der Stickstoffdüngerkette wird die meiste Energie für die Produktion des N-Düngers verbraucht. Während für die Produktion von einer Tonne N als Kalkammonsalpeter etwa 40 GJ (heutiger Durchschnittsverbrauch in Westeuropa) benötigt werden, verbrauchen Transport und Ausbringung dieser Tonne N nur 1 bzw. 3 GJ.

Ammoniak (NH_3) ist heute der Grundbaustein für fast alle N-haltigen Mineraldünger (Abb. 1). Das Ammoniak wird aus Luftstickstoff (N_2) und Erdgas, das zu 82% als Prozessgas und zu 18% als Brennstoff verwendet wird, synthetisiert. Insgesamt ist der Herstellungsprozess stark endotherm, d. h. es wird viel Energie verbraucht (je kg NH_3 -N etwa 1 l Öl-Äquivalente). Allerdings wurde die Energieeffizienz der N-Düngemittelproduktion innerhalb der letzten 100 Jahre durch die Einführung neuer Technologien und der Weiterentwicklung bestehender Technologien deutlich verbessert (Abb. 2). Insbesondere die von Haber und Bosch entwickelte Technik der NH_3 -Bildung aus Luftstickstoff und einem Kohlenwasserstoffträger (zunächst Kohle, heute überwiegend Erdgas) stellte einen Meilenstein in der Entwicklung dar. Heutige moderne Produktionsanlagen sind in der Lage, Ammoniak mit einem energetischen Aufwand von nur etwa 34 GJ/t NH_3 -N zu produzieren. Mit einer 30 Jahre alten Technik, wie sie noch heute vereinzelt im osteuropäischen Raum anzutreffen ist, beträgt der Energieaufwand dagegen ca. 47 GJ/t NH_3 -N. Weltweit gesehen haben die in Westeuropa installierten Ammoniakanlagen einen niedrigen Energieverbrauch (Abb. 3).“¹³

13 Jürgen Küsters: Energieverbrauch bei der Herstellung von Mineraldüngern. In: Rohstoffverfügbarkeit für Minerale Düngung – Perspektiven unter hohen Energiekosten und begrenzten Ressourcen. Hg. Vom Bundesarbeitskreis Düngung (BAD). Frankfurt 2007, S. 73-78, hier S. 73. Abrufbar unter <https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/tb2007.pdf>

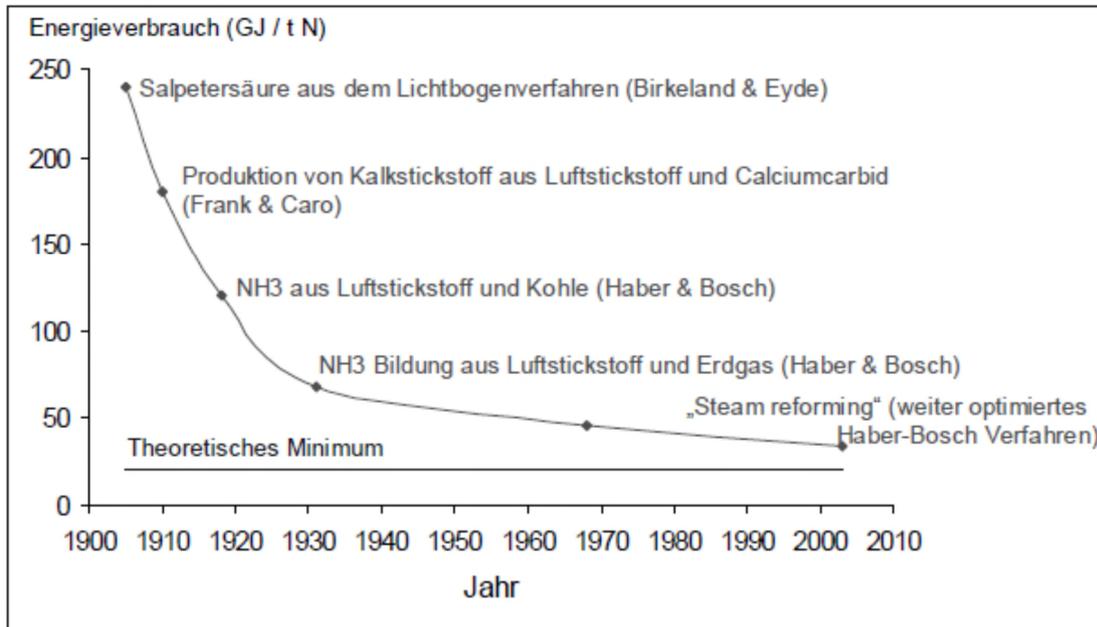


Abb. 2: Verbesserung der Energieeffizienz in der Stickstoffsynthese von 1900 bis heute (Quelle: Jenssen 2003)

14

Energieverbrauch der Ammoniakanlagen im weltweiten Vergleich:

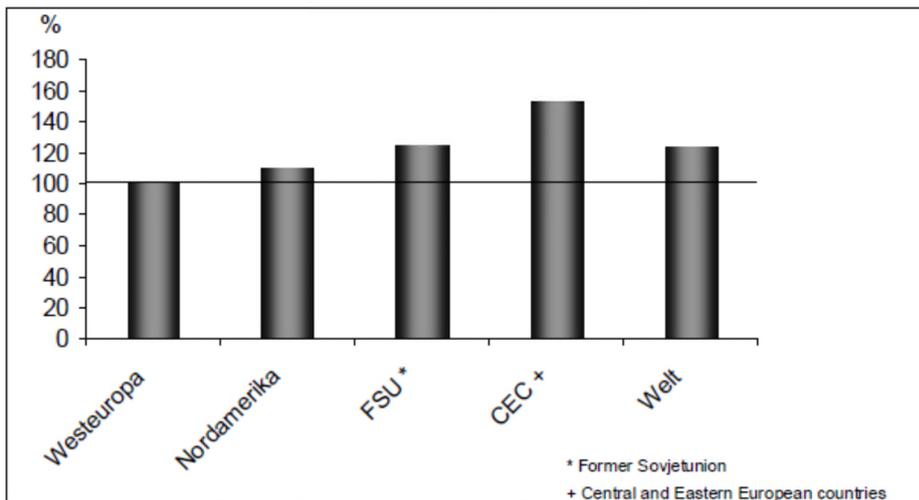


Abb. 3: Westeuropa ist die Region mit dem niedrigsten Energieverbrauch in der Ammoniakproduktion (Westeuropa = 100%) (Quelle: Plant Survey International and British Sulphur consultants, EFMA)

15

14 Ebd. S. 74.

15 Ebd. S. 75.

„Der zweite wichtige Baustein in der N-Düngerproduktion ist die Salpetersäure (HNO_3). Aus Salpetersäure lassen sich einerseits reine Nitratdünger (Kalksalpeter) synthetisieren. In Kombination mit Ammonium aus der Ammoniakproduktion werden Ammoniumnitrat basierte N-Dünger (z. B. Kalkammonsalpeter, KAS) hergestellt. Auch in der Salpetersäureproduktion gab es in den 50 Jahren signifikante Verbesserungen in der Energieeffizienz. Generell verläuft die HNO_3 -Produktion exotherm, d. h. es wird Energie gewonnen. Dieser Überschuss an Energie kann als Dampf exportiert werden oder zur Elektrizitätsgewinnung verwendet werden. Mit moderner Produktionstechnik lassen sich heute 11 GJ/t HNO_3 -N gewinnen. Beim Einsatz veralteter Technik sind es nur 5 GJ/t HNO_3 -N.

Abbildung 4 zeigt den aggregierten Energieverbrauch für drei wichtige N-Dünger: Kalkammonsalpeter (KAS), Ammonnitrateharnstofflösung (AHL) und Harnstoff. Je moderner die Produktionstechnik und je höher der NO_3 -Anteil (KAS > AHL > Harnstoff) im Dünger ist, umso niedriger ist der Energieverbrauch bei der Produktion dieser Dünger.“¹⁶

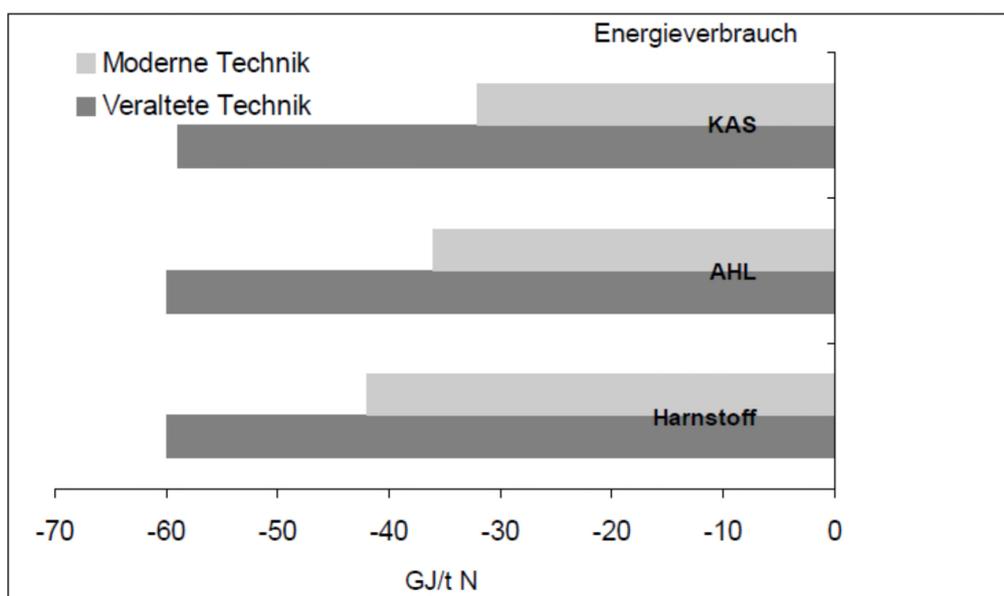


Abb. 4: Aggregierter Energieverbrauch bei der Herstellung von N-Düngemitteln mit unterschiedlicher Technik (Quelle: Jenssen 2003)

17

Dietrich Pradt vom Industrieverband Agrar kennzeichnet 2007 die Rohstoffsituation für die Stickstoffdüngerproduktion: „Für die Stickstoffdüngerproduktion wird heute meist Erdgas eingesetzt, das bis zu 80 % der gesamten Produktionskosten für Stickstoffdüngemittel ausmacht. Stickstoff-

16 Ebd. S. 75.

17 Ebd. S. 76.

dünger werden deshalb vor allem in Regionen produziert, in denen Erdgas vorhanden ist (Golfregion, Karibik, Schwarzes Meer, Zentralasien und Nordsee) oder in Regionen, die aufgrund hoher Nahrungsmittelproduktion einen hohen Bedarf an Düngemitteln haben (Indien, China, Europa).

Weltweit gesehen hat die Düngemittelindustrie am Energieverbrauch einen Anteil von weniger als 2 %, der sich ganz überwiegend auf die Produktion von Ammoniak konzentriert.¹⁸

Abbildung 11 verdeutlicht für die Stickstoffdüngemittelproduktion an dem Kriterium Energieeffizienz in der Ammoniakproduktion, die den Ausgangspunkt für alle Stickstoffdüngemittel darstellt und den mit Abstand größten Kostenfaktor ausmacht, die Stärke der europäischen Düngemittelindustrie im Wettbewerb.

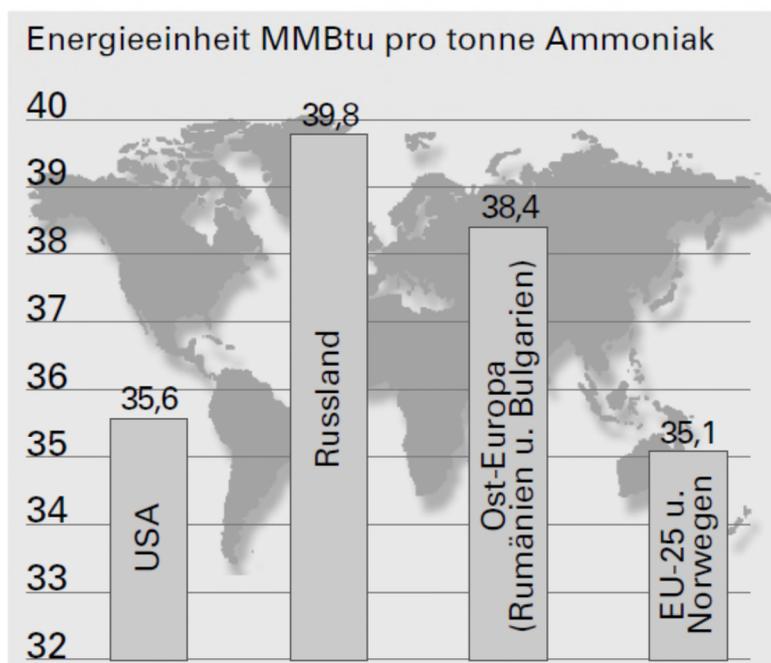


Abb. 11: Energieeffizienz Ammoniakproduktion

19

18 Dietrich Pradt: Mineraldüngerproduktion im regionalen Vergleich – Deutschland, Europa, Welt. In: Rohstoffverfügbarkeit für Mineraldünger – Perspektiven unter hohen Energiekosten und begrenzten Ressourcen. Hg. Vom Bundesarbeitskreis Düngung (BAD). Frankfurt 2007, S. 99-112, hier S. 99f. Abrufbar unter <https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/tb2007.pdf>

19 Ebd. S. 110.