

Ammoniak

Was ist Ammoniak?

Ammoniak (NH_3) ist eine farblose, stechend riechende Verbindung aus Stickstoff (N) und Wasserstoff (H_2). In der Natur entsteht es durch biologische Prozesse, es wird aber vor allem industriell in großen Mengen hergestellt. Es hat einen Siedepunkt von $-33,34\text{ °C}$ und wird für die Speicherung und den Transport durch Abkühlen oder Druckerhöhung verflüssigt. Bei einem Druck von 9 bar liegt es bei 20 °C in flüssiger Form vor. Ammoniak ist sehr giftig und reagiert mit Wasser zu einer alkalischen Lösung, welche sich ätzend auf die Schleimhäute der Atemwege auswirkt. Dadurch stellt es bei einer Leckage eine große Gefahr für die Umwelt dar und erfordert die Einhaltung strenger Sicherheitsvorkehrungen. Ammoniak, beziehungsweise das gelöste Ammonium (NH_4^+), ist gleichzeitig ein wichtiger Grundstoff im Stickstoffkreislauf für Pflanzen, jedoch auch in dieser Form giftig, besonders für Gewässer. In weiteren biologischen Schritten wird es zu Nitrit (NO_2) und weiter zu ungiftigem Nitrat (NO_3) oxidiert.

Wofür braucht man derzeit Ammoniak?

Laut IFA (International Fertilizer Association) betrug die weltweite Ammoniakproduktion 2024 rund 190 Millionen Tonnen, wobei rund 80 % für die Düngemittelproduktion verwendet wurden. Diese stickstoffhaltigen Düngemittel sind ein zentraler Bestandteil der weltweiten Nahrungsmittelproduktion und tragen erheblich zur Ernährung der Weltbevölkerung bei. Daneben findet Ammoniak Anwendung in der chemischen Industrie: bei der Kunststoffherstellung (zum Beispiel Polyamid (PA) oder Nylon), in Reinigungsmitteln, in Sprengstoffen und zunehmend auch als Kühlmittel.

Die Herstellung von (grünem) Ammoniak

Derzeit wird Ammoniak weltweit beinahe ausschließlich mithilfe fossiler Rohstoffe erzeugt: 72 % der Anlagen nutzen Erdgas, 26 % Kohle, 1 % Erdölprodukte und nur ein Bruchteil nutzt Elektrolyse. Diese fossilen Stoffe werden gleichzeitig als Eingangsstoff und als Energieträger verwendet. Insgesamt wurden im Jahr 2020 bei der Produktion weltweit 8,6 Exajoule (EJ) an Energie benötigt, das waren 2 % des globalen Energieverbrauchs.

Bis Anfang des 20. Jahrhunderts war die Versorgung mit Ammoniak über den Import von Chilesalpeter (Natriumnitrat) gedeckt. Mit den zunehmenden politischen und ökonomischen Spannungen vor dem

Ersten Weltkrieg wurden die Bemühungen in Deutschland intensiviert, sich bei der Versorgung unabhängig zu machen – vor allem weil Seeblockaden die Herstellung von Sprengstoff und Munition gefährden konnten. 1913 nahm der Chemiekonzern BASF die erste Produktionsanlage in Betrieb, die nach dem Haber-Bosch-Verfahren arbeitete.

Das Haber-Bosch-Verfahren

Beim Haber-Bosch-Verfahren, benannt nach den deutschen Chemikern Fritz Haber und Carl Bosch, wird Kohle per Kohlevergasung zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff ($\text{CO} + \text{H}_2$) umgewandelt. Durch die Nutzung von Umgebungsluft ist in dem resultierenden Gasgemisch auch in großen Teilen Stickstoff enthalten. Mit einer anschließenden Wassergas-Shift-Reaktion wird das verbleibende Kohlenmonoxid in möglichst viel Wasserstoff und Kohlendioxid (CO_2) (welches danach abgeschieden wird) umgewandelt.

Das resultierende Gasgemisch aus Wasserstoff und Stickstoff wird dann unter Nutzung von Katalysatoren bei hohen Drücken (100–400 bar) und hohen Temperaturen (400–650 °C) zu Ammoniak synthetisiert. Obwohl die eigentliche Ammoniaksynthese ein exothermer Prozess ist, benötigt das gesamte Verfahren mit 60–100 GJ/t sehr viel Energie.

Durch Erneuerungen des Prozesses ab den 1960er Jahren, etwa von der Firma M.W. Kellogg, die auf Erdgas als Eingangsstoff setzen, wurde der Energiebedarf erheblich gesenkt. Beim „Single-Train Ammonia Process“ wird zuerst das Erdgas in einer Dampfgasreformierung in Synthesegas ($\text{CO} + \text{H}_2$) und anschließend in einer sechsstufigen katalytischen Reaktion in Ammoniak umgewandelt. Abhängig von der genutzten Technologie werden dabei 28–45 GJ/t benötigt.

Grüne Ammoniakherstellung

Durch die notwendige Dekarbonisierung der Industrie und Lebensmittelproduktion sowie Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern gibt es zunehmend Bemühungen, neue Prozesse zu etablieren. Die für die Synthese benötigten Elemente Stickstoff und Wasserstoff werden dabei auf anderen Wegen gewonnen. Wasserstoff kann durch Elektrolyse direkt aus Wasser und Strom hergestellt werden. Reiner Stickstoff muss mithilfe eines Luftzerlegers direkt aus der Luft abgeschieden werden.

Da derzeitige, auf Erdgas basierende Anlagen bezüglich Energie- und Stoffströmen zwischen den Prozessen optimiert wurden, können bei diesen nur bis zu 10 % des benötigten Wasserstoffs durch eine Herstellung mit Elektrolyse ersetzt werden, ohne den Prozess grundlegend zu ändern. Ebenso können Teile des Erdgases durch Biomethan ersetzt werden.

Die Relevanz von Ammoniak für die Energiewende und die Wasserstoffwirtschaft

Im Zuge der Energiewende rückt Ammoniak zunehmend auch als potenzieller Energieträger und als Wasserstoffderivat in den Fokus. Um Erdgas in Zukunft mehr und mehr zu ersetzen und damit die Treibhausgasemissionen zu senken, planen viele Länder den Einsatz von Wasserstoff. Für Österreich ist jedoch davon auszugehen, dass ein Großteil des benötigten Wasserstoffs beziehungsweise seiner Derivate importiert werden muss. Dies ist mit Herausforderungen verbunden, da Wasserstoff eine geringe volumetrische Energiedichte aufweist und einen niedrigen Siedepunkt hat. Ammoniak hingegen kann einfacher verflüssigt werden und hat eine deutlich höhere volumetrische Energiedichte. Demnach lässt sich Ammoniak energieeffizienter transportieren als Wasserstoff.

Somit könnte der Wasserstoff in Form von Ammoniak beispielweise per Schiff nach Europa importiert und durch sogenanntes Cracking wieder in Wasserstoff umgewandelt werden. Diese Rückgewinnung des Wasserstoffs ist jedoch kosten- und energieintensiv, weshalb, wann immer möglich, eine direkte Nutzung von Ammoniak wahrscheinlicher ist. Prinzipiell wäre auch ein Einsatz von Ammoniak für die stationäre Stromerzeugung in Blockheizkraftwerken oder als Treibstoff, beispielsweise für den Schifftransport, möglich. Diese Anwendungen stecken jedoch noch in den Kinderschuhen und es gibt wenig Erfahrungswerte. Die Verbrennung von Ammoniak führt zudem zur Emission von Stickoxiden. Für die notwendige Emissionsreduktion existieren effiziente katalytische Abgasreinigungsverfahren, welche großtechnisch erprobt und in Betrieb sind.

Wirtschaftlichkeit und Märkte

Der asiatisch-pazifische Raum dominiert heute den globalen Ammoniakmarkt, so ist China der größte Produzent und Verbraucher von Ammoniak.

Während die Produktionskapazitäten für graues – also erdgas- beziehungsweise kohlebasiertes – Ammoniak weltweit etabliert sind, befindet sich die Herstellung von grünem Ammoniak noch im Aufbau. Langfristig werden viele europäische Länder auf Importe aus wind- und sonnenreichen Regionen angewiesen sein. So bringen sich etwa Chile, Australien sowie Saudi-Arabien mit großangelegten Produktionsvorhaben für grünes Ammoniak als Exportstandorte in Stellung. Derweil wird das heute bereits produzierte graue Ammoniak in weiten Teilen für den lokalen Bedarf hergestellt – per Schiff werden weltweit aktuell rund 20 Millionen Tonnen Ammoniak jährlich transportiert.

Im September 2025 lagen die Produktionskosten von grauem Ammoniak laut S&P Global bei unter 500 €/t. Unter Einbeziehung des europäischen CO₂-Zertifikatehandels (mindestens 2,0 t CO₂ je t NH₃ × 75 €/t European Union Allowance (EUA)) ergibt sich ein Preisniveau von rund 650 €/t.

Weder der CO₂-Preis noch die Bereitschaft, zusätzliche Kosten für grüne bzw. emissionsarme Produkte zu übernehmen, reichen derzeit aus, um die wirtschaftliche Lücke zu schließen. Im Rahmen des Fördermodells H2Global mit Sitz in Deutschland, wurde bei der ersten Auktion ein Preis von 1.000 €/t für grünes Ammoniak erzielt (einschließlich der Kosten für die Lieferung nach Europa; der Nettopreis liegt bei 811 €/t).

Auf der Nachfrageseite werden, basierend auf einer anschließenden Verkaufsauktion, kurzfristige Verkaufsverträge (Hydrogen Sales Agreements (HSAs)) abgeschlossen, wobei die Abnehmer mit der höchsten Zahlungsbereitschaft ermittelt werden. Die Differenzkosten zwischen dem (erwarteten höheren) Ankaufspreis und dem (niedrigeren) Verkaufspreis werden durch Fördermittel ausgeglichen. In der aktuellen Debatte werden daher gezielt Maßnahmen wie Investitions- und Betriebskostenzuschüsse (CAPEX- und OPEX-Förderungen) sowie marktbasierende Instrumente zur Preisabsicherung – etwa in Form von Contracts for Difference – diskutiert, um grünem Ammoniak den Marktzugang zu erleichtern. Auch verlässliche Zertifizierungs- und Herkunftssysteme sind notwendig, um Investitionen abzusichern und Marktbarrieren abzubauen.

Ammoniak-Cracking

Ammoniak-Cracking bezeichnet die Rückgewinnung von Wasserstoff aus Ammoniak. Die Technologie dazu ist schon im Einsatz, beispielsweise in der Metallindustrie, jedoch in einem viel kleineren Maßstab als es in Zukunft nötig wäre, um Ammoniak als Wasserstoffderivat zu nutzen. Der Prozess, den man sich als Umkehrung des Haber-Bosch-Verfahrens vorstellen kann, läuft bei Temperaturen zwischen 500 und 900 °C ab und weist Wirkungsgrade zwischen 66 und 87 % auf.

Um Ammoniak-Cracker in Zukunft skalieren zu können, sind vor allem zwei Faktoren relevant: die Katalysatorformulierung und die Reaktortechnologie. Als Katalysator hat sich Nickel bewährt, da es kostengünstig und zuverlässig ist. Auch Ruthenium ist eine Option. Dieses ist hochreaktiv, aber auch teuer. Ebenfalls sehr effektiv und günstiger als Ruthenium ist Kobalt, das jedoch als kritischer Rohstoff gilt, der bei wachsender Nachfrage nur begrenzt verfügbar ist.

Es gibt drei Arten von Reaktoren für das Cracking, die im Folgenden übersichtsartig dargestellt werden:

Rohrbündelreaktor mit Ammoniak/Wasserstoffbrennern

Der Aufbau dieses Reaktortyps ist ähnlich wie bei einem Dampfreformator. In externen Brennern wird Ammoniak und teilweise der innerhalb des Reaktors produzierte Wasserstoff als Brennstoff verwendet. Der spezifische Energieaufwand beträgt etwa 10,1 kWh/kgH₂. Durch die Verbrennung werden NO_x (Stickstoffoxide) und N₂O (Lachgas) emittiert. Die Wärmeintegration bei einer nachgeschalteten H₂-Reinigungsanlage ist möglich.

Rohrbündelreaktor mit elektrischen Heizern

Diesen Reaktortyp gibt es in kleineren Anwendungen (1.500 kgH₂/Tag) zum Beispiel schon in der Metallurgie. Die Hitze wird elektrifiziert erzeugt, dadurch entstehen keine Emissionen. Ein weiterer Vorteil ist die schnellere Reaktionszeit. Der Nachteil: Die Wärmeintegration ist nicht möglich, zudem gibt es Begrenzungen, was die Maximaltemperatur angeht. Trotzdem kann angenommen werden, dass eine Skalierung möglich ist.

Membranreaktor

Dieser Reaktortyp erzeugt hochreinen Wasserstoff, der vor allem für PEM-Brennstoffzellen eingesetzt werden kann. Die Nachteile: Es sind konstante Temperaturen zwischen 500 und 600 °C sind nötig; zudem ist diese Technologie aufgrund der hohen Kosten für die Palladium-Membran nur für Anwendungen in kleinem Maßstab geeignet.

Es gibt mehrere Projekte im Zusammenhang mit Ammoniak-Crackern. Nennenswert ist der geplante Bau eines großtechnischen Ammoniak-Crackers bei Gelsenkirchen, das erste Teilziel ist der Bau einer Demonstrationsanlage mit einer Kapazität von 28 Tonnen Ammoniak pro Tag. Die Betreiber sind Uniper und Thyssenkrupp, die Inbetriebnahme ist für Ende 2026 geplant. Ein weiteres Projekt wird derzeit am Hafen von Antwerpen realisiert, Betreiber ist die Firma AirLiquide.

Einsatz in Kraftwerken

Südkorea koordinierte in den letzten Jahren Forschungsaktivitäten mit dem Ziel, bereits 2030 Wasserstoff und Ammoniak in den Brennstoffmix einzuführen. Der Plan sah ursprünglich vor, dass mehr als die Hälfte der südkoreanischen Kohlekraftwerke, also mindestens 24, bereits 2030 einen Brennstoffmix verwenden, der zu 20 % aus Ammoniak besteht. 2025 kam es jedoch zu einer Kursänderung und von der Ammoniakbeimischung wird abgesehen. Die Gaskraftwerke könnten in Zukunft mit einem Mix aus Flüssigerdgas und Wasserstoff betrieben werden. Im Zuge des Einsatzes von Ammoniak weisen Forscher:innen darauf hin, dass Ammoniakschlupf oder Leckagen unbedingt verhindert werden müssen. Unverbranntes Ammoniak reagiert in der Atmosphäre mit Sulfaten und Nitraten und erzeugt Feinstaub.

Kompetenz und Relevanz für Österreich

Mit LAT Nitrogen ist in Österreich einer der größten Produzenten von stickstoffbasierten Produkten in Europa vertreten. Am Standort in Linz werden jährlich 1,5 Millionen Tonnen Pflanzennährstoffe und 450.000 Tonnen technische Stickstoffprodukte hergestellt. Das Unternehmen zählt damit zu den größten Produzenten und Verbrauchern von grauem Wasserstoff in Österreich und verfügt über eine große Expertise in der Ammoniakproduktion. Basierend auf diesen Voraussetzungen wurde 2022 in Kooperation mit VERBUND das Projekt „Green Ammonia Linz (GrAmLi)“ ins Leben gerufen. Geplant war, eine 60-MW-Elektrolyseanlage zu errichten, um grünen Wasserstoff im Chemiepark Linz zu produzieren und dort direkt für die Herstellung der ammoniakbasierten Produkte von LAT Nitrogen einzusetzen. Im September 2025 wurde jedoch bekanntgegeben, dass das Projekt im aktuellen wirtschaftlichen Umfeld nicht weiterverfolgt wird. Trotz des hohen Projektfortschritts und Reifegrades ist laut Konsortium eine wirtschaftliche Umsetzung wegen unzureichender öffentlicher Förderzusagen nicht möglich.

Transport und Infrastruktur

Aufgrund der vielseitigen Nutzung von Ammoniak besteht bereits eine weitreichende Expertise, was den Transport und die Lagerung angeht. Da es sehr korrosiv ist, müssen bestimmte Stähle eingesetzt werden und die Behälter sind zudem meist doppelwandig. Ammoniak kann per Schiff, Zug, Pipeline und Lkw transportiert werden. In Europa hat sich der Transport per Schiene in Kesselwägen weitestgehend durchgesetzt. In Westeuropa werden auf diese Weise jährlich 1,5 bis 2 Millionen Tonnen Ammoniak transportiert. Große zusammenhängende Pipelines haben sich in Europa, zumindest bis jetzt, nicht etabliert, da sie bei den transportierten Mengen nicht wirtschaftlich sind.

Mit einem Anstieg der Ammoniakproduktion gibt es die Option, auch in Europa vermehrt auf den Schiffstransport zu setzen. Das Ammoniak kann flüssig oder gasförmig komprimiert transportiert werden. In Zukunft ist auch der Einsatz eines Teils des Ammoniaks als Treibstoff für die Schiffe möglich. Einige Häfen in Europa haben Interesse am Ammoniaktransport bekundet und überlegen, entsprechende Ports und Terminals aufzubauen. Auf dem Rhein wird Ammoniak transportiert, auch auf der Donau wäre ein Transport – auch aus rechtlicher Sicht – prinzipiell möglich.

In der EU gibt es bereits etablierte Normen und Vorschriften (ADR, RID), die einen sicheren Transport ermöglichen. Diese umfassen Gefahrenstoffnummern, genau definierte Prozesse und regelmäßige Überprüfungen. Vor dem Verlassen des Versandstandortes wird jeder Wagen auf Dichtheit kontrolliert, wodurch der Transport per Schiene ein sicherer und effizienter Prozess ist. Eine weitere wichtige Maßnahme ist das Schulen von Mitarbeiter:innen für den richtigen Umgang mit Ammoniak und für das richtige Verhalten im Fall eines Austritts.

Quellen / Literatur

Datenportal der International Fertilizer Association: <https://www.ifastat.org/>

IEA (2021): Ammonia Technology Roadmap, IEA, Paris: <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap>

IRENA and AEA (2022): Innovation Outlook: Renewable Ammonia, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Ammonia Energy Association, Brooklyn:

<https://www.irena.org/publications/2022/May/Innovation-Outlook-Renewable-Ammonia>

Korawich Trangwachirachai, Kevin Rouwenhorst, Leon Lefferts, Jimmy A. Faria Albanese (2024): Recent progress on ammonia cracking technologies for scalable hydrogen production, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S245222362400066X>

S&P Global: Platts Ammonia price charts (September 2025): <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/energy-transition/051023-interactive-ammonia-price-chart-natural-gas-feedstock-europe-usgc-black-sea>

Abkürzungsverzeichnis

AEA	Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency
BMIMI	Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur
BMWET	Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus
GrAmLi	Green Ammonia Linz
EUA	European Union Allowance
ADR	Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
RID	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

Über dieses Factsheet

Verfasst von: Felix Bettin, Anna Burger, Andreas Indinger, Frederik Schäfer – Österreichische Energieagentur

Wien, November 2025

Erste Auflage

Wir bedanken uns bei LAT Nitrogen für die Zusammenarbeit.

Das vorliegende Factsheet wurde im Rahmen von HyPA, der Partnerschaft für Wasserstoff in Österreich, erstellt. HyPA ist eine Initiative von BMWET und BMIMI und wird von der Österreichischen Energieagentur umgesetzt. Die Österreichische Energieagentur hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.