

Das grüne Ammoniak wird kommen

Interview mit Dr. Ralph Kleinschmidt, Head of Technology thyssenkrupp Uhde

Das 1921 gegründete Ingenieurunternehmen thyssenkrupp Uhde hat weltweit bereits über 2.500 Anlagen in den Bereichen Düngemittel, Chemie und Petrochemie gebaut. Derzeit besonders im Fokus sind die Technologien für die grüne Transformation, etwa Ammoniak- und Methanol-Produktion auf Basis von grünem Wasserstoff und die Vergasung von Biomasse zur Herstellung von e-Fuels. Im Bereich der Ammoniakproduktion gilt das Unternehmen aus Dortmund als weltweit führend. Da Ammoniak als wichtiger, womöglich wichtigster Wasserstoffträger genannt wird, eröffnen sich für Uhde mit dem Wasserstoffhochlauf vielversprechende Perspektiven. Darüber durften wir mit Dr. Ralph Kleinschmidt reden.

gwf: Herr Dr. Kleinschmidt, wie verläuft die Ammoniakproduktion heute bei Ihnen?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Unsere laufenden Referenz-Anlagen haben Kapazitäten von knapp 4.000 Tagestonnen; größere Anlagen, die wir designen und errichten können, erreichen Kapazitäten von 6.000 Tagestonnen und mehr. Heute handelt es sich überwiegend um „blaue Ammoniakanlagen,“ die erdgasbasiert arbeiten und das anfallende CO₂ abtrennen. Daneben gibt es so genannte grüne Ammoniakanlagen, auf Basis von grünem Wasserstoff und Stickstoff aus einer Luftzerlegungsanlage. Da sind die Kapazitäten noch etwas kleiner, weil der Markt sich gerade erst entwickelt.

gwf: Welche Rolle spielt die Ammoniak-Technologie für den thyssenkrupp-Konzern insgesamt?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Wir haben kürzlich bei thyssenkrupp das Segment Decarbon Technologies neu gegründet und darin die Unternehmen gebündelt, die für die grüne Transformation der Industrie besonders wichtige Technologien bereitstellen: thyssenkrupp nucera produziert Wasserelektrolyseure und thyssenkrupp Uhde entwickelt die Infrastruktur für den Transport von Wasserstoff in Ammoniak- oder Methanolform. thyssenkrupp Polysius bietet eine Technologie zur Herstellung von Zement, bei der sich entstehendes CO₂ in konzentrierter Form abscheiden lässt. thyssenkrupp Rothe Erde fertigt u. a. Großlager für Windkraftanlagen. Alle Unternehmen in diesem Segment verfügen somit über führende Technologien, um einen großen Teil der heutigen CO₂-Emissionen zu reduzieren.

gwf: Welche Kapazitäten erzielen die grünen Ammoniak-Anlagen?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Wir sprechen hier von Anlagen mit ersten Standardgrößen von 300, 600 und 1.200 Tagestonnen. Wir wollen sie aber ähnlich skalieren wie unsere etablierten Ammoniakanlagen. Kapazitäten über 3.000 Tagestonnen sind anlagentechnisch machbar. Hierfür muss dann allerdings eine entsprechende Menge an grünem Strom zur Verfügung gestellt werden.

gwf: Wo produzieren Ihre Kunden dieses grüne und blaue Ammoniak?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Unsere wichtigsten Märkte sind da, wo erneuerbare Energien und Erdgas günstig zur Verfügung stehen. Konkret geht es also um Nordamerika, insbesondere um die USA sowie den Mittleren Osten, Afrika und Ägypten, Südamerika, Australien und teilweise Asien. Europa ist natürlich ebenfalls ein wichtiger Markt für neue Ammoniak-Anlagen und den Ammoniakimport. Derzeit wird das Ammoniak überwiegend für die Düngemittelproduktion genutzt.

gwf: Ist „grünes Ammoniak“ eine neue Entwicklung?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Nein, Uhde hat schon in den 50er Jahren grüne Ammoniakanlagen gebaut, etwa am ägyptischen Assuan-Staudamm. Wasserstoff wurde mittels Elektrolyseuren, die ihren Strom aus Wasserkraft erhielten, erzeugt. Da das Erdgas aber immer billiger wurde, wurden in den letzten Jahrzehnten die meisten Ammoniak-Anlagen mit



DR. RALPH KLEINSCHMIDT

Head of Technology thyssenkrupp Uhde

Quelle: tk Uhde

Erdgas als Rohstoff errichtet. Jetzt denkt man wieder über Anlagen auf Basis von erneuerbaren Energien nach. Dabei kann man auch auf diesen Erfahrungsschatz zurückgreifen.

gwf: Wieso ist Ammoniak so interessant als Wasserstoffträger?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Ammoniak hat einen riesigen Vorteil: Für den Transport über lange Strecken lässt es sich bereits bei Temperaturen von etwa -33 °C verflüssigen, während Wasserstoff erst bei -253 °C flüssig wird. Für die Verflüssigung von Wasserstoff werden rund 40 % der gespeicherten Energiemenge benötigt. Außerdem werden heute schon gut 20 Mio. t Ammoniak in flüssiger Form über die Weltmeere transportiert.

gwf: Die Infrastruktur ist also bereits vorhanden?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Genau, alle großen Häfen können Ammoniak anlanden und besitzen entsprechende Tanklager. Weltweit wird an rund 130 Häfen regelmäßig Ammoniak umgeschlagen. Die Infrastruktur und der Umgang mit Ammoniak sind etabliert, dies gilt es nun zu skalieren.

gwf: Ist diese Form des Wasserstofftransports effizient?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Ja, denn Ammoniak hat eine höhere volumetrische Energiedichte als reiner Wasserstoff. Zwei Schiffe mit Ammoniak können ungefähr so viel Energie transportieren wie drei Schiffe mit flüssigem Wasserstoff.

gwf: Lässt sich Ammoniak auch direkt nutzen?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Neben der Düngemittelproduktion gibt es noch viele weitere Anwendungen. Auch die Nutzung als Schiffstreibstoff ist eine interessante Anwendung; entsprechende Motoren sind in Entwicklung und werden bald auf den Markt kommen. Der Vorteil an der Nutzung ist, dass Ammoniak keinen Kohlenstoff enthält und folglich keine CO₂-Emissionen emittiert. Allerdings besitzt es eine geringere Energiedichte als heutige Schweröle, folglich benötigt man mehr Kraftstoff für die gleiche Antriebsleistung. Außerdem denkt man in Ländern wie Japan und Korea darüber nach, Ammoniak in Kohlekraftwerken einzusetzen, um deren fossilen Anteil zu verringern. Dabei ist wichtig zu wissen, dass bei der Verbrennung von Ammoniak Stickoxide produziert werden, die ein hohes CO₂-Äquivalent besitzen. Hier hat thyssenkrupp Uhde eine etablierte Technologie namens EnviNOx® entwickelt, die von der EU als „Best Available Technology“ eingestuft ist und NO_x und N₂O auf einstellige ppm Werte reduzieren kann.

gwf: Für den Wasserstoffhochlauf ist ja vor allem das sogenannte Ammoniak-Cracking interessant. Was hat es damit auf sich?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Durch das Cracking wird der im Ammoniak enthaltene Wasserstoff wieder freigesetzt und kann dann im Zielland in die entsprechende Infrastruktur eingespeist werden. Vor allem große Industrien – Stahl, Chemie usw. – werden zukünftig einen enormen Wasserstoffbedarf haben.

gwf: Wie funktioniert es?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Die Anlage funktioniert im Grunde ähnlich wie ein gasbasierter Reformer. Die Technologie ist uns also nicht neu, vergleichbare Anlagen haben wir schon mehr als 100-mal gebaut. Das Cracking ist ein endothermer Prozess, der Energie benötigt, um Ammoniak wieder in Wasserstoff und Stickstoff zu spalten. Meistens ist die Energie dort, wo Wasserstoff freigesetzt werden soll, aber nicht kostengünstig. Deshalb verbrennen wir einen Teil des umzusetzenden Ammoniaks, um Wärme zu erzeugen, mit der wir dann das restliche Ammoniak spalten. Somit brauchen wir keine zusätzliche Energie von außen. Man könnte einen solchen Reformer auch elektrisch mit grüner Energie beheizen; aber im Moment steht uns diese nicht in ausreichender Menge zur Verfügung und fällt auch nur fluktuierend an.

gwf: Was passiert mit dem Stickstoff, der bei der Ammoniakspaltung freigesetzt wird?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Der Stickstoff geht einfach in die Umgebungsluft, die ohnehin zu gut 80 % aus Stickstoff besteht. Das ist ähnlich wie bei der Elektrolyse, bei der große Mengen an Sauerstoff in die Luft wandern. In Zukunft wird man aber sicher darüber nachdenken, den anfallenden Stickstoff weiter zu nutzen.

gwf: Wie hoch ist der energetische Wirkungsgrad bei der Nutzung von Ammoniak zum Ammoniak-Cracking?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Sie benötigen 15 - 20 % der Gesamtmenge zur Erzeugung der Energie für das Cracking, das heißt sie können durch das Cracking rund 80 % des Wasserstoffs zurückgewinnen. Die Energieeffizienz liegt bei rund 90 %.

gwf: Also wird rund ein Fünftel des transportierten Ammoniaks für das Cracking benutzt. Arbeitet man daran, das zu verbessern?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Definitiv. Dabei stehen die Katalysatoren im Fokus, denn die Ammoniakspaltung ist ein katalytischer Prozess. Es gibt Hoch- und Niedertemperatur-Katalysatoren, und an beiden wird intensiv geforscht, um die Effizienz zu erhöhen.

gwf: Der Import großer Mengen grünen Wasserstoffs wird oft aufgrund dieser vermeintlichen Ineffizienz des Transports kritisiert.

Dr. Ralph Kleinschmidt: Ich verstehe die Bedenken, aber wir brauchen in Deutschland einfach so große Mengen an Wasserstoff, dass an dem Import über Derivate kein Weg vorbeiführen wird. Es wird nicht alles über Pipelines nach Deutschland oder Europa kommen können. Wo es möglich ist, wird man diese nutzen, etwa aus Skandinavien, Südeuropa oder Nordafrika. Und wenn es eine Pipeline gibt, ist sie auch das beste Mittel für den Transport. Aber für alles, was über deren Kapazität hinausgeht, bieten sich Schiffstransporte in Form von Ammoniak an. Es ist aber nicht nur die reine Menge, die

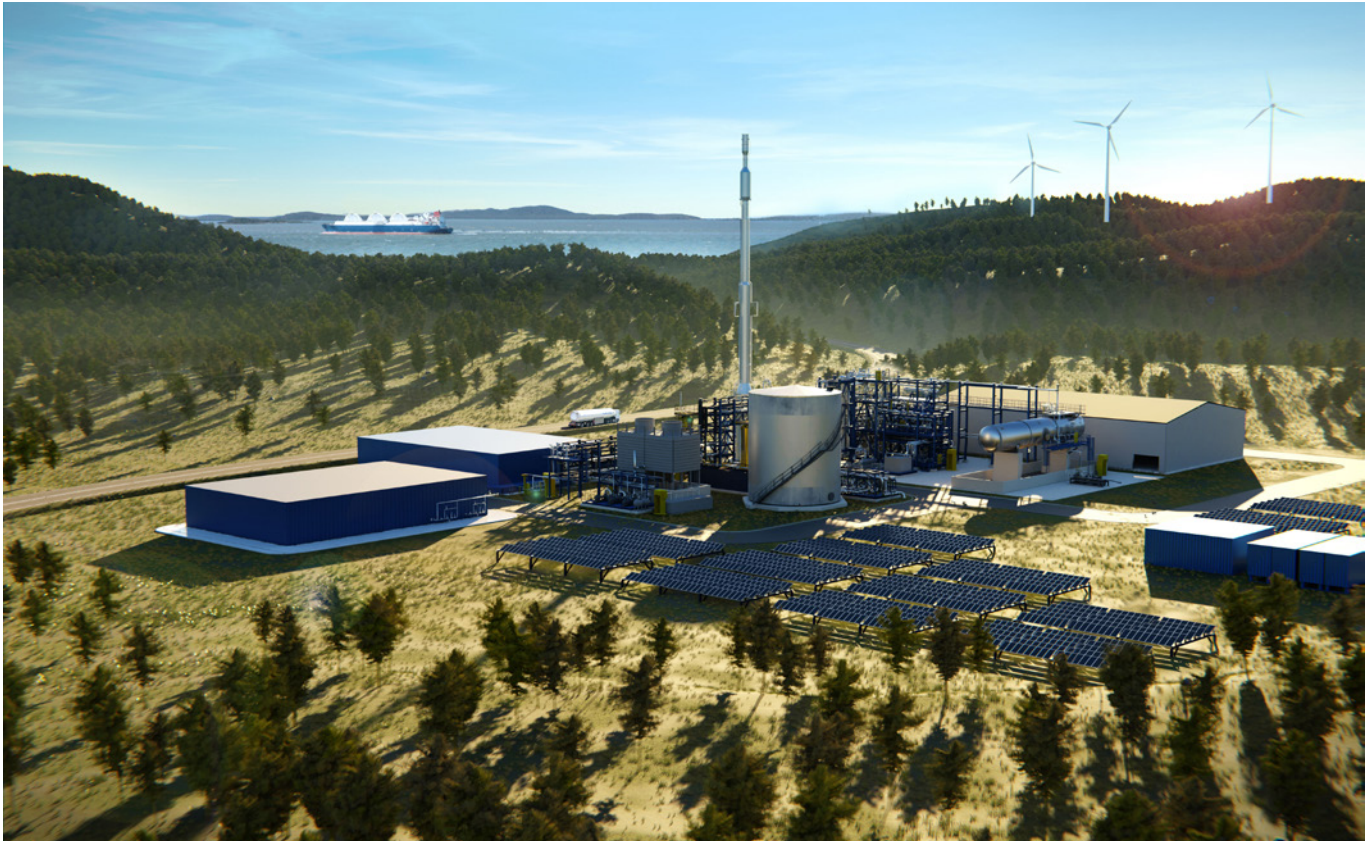


Illustration einer grünen Ammoniakanlage von thyssenkrupp Uhde

Derivatexporte notwendig macht, sondern auch der Konsens, dass man zukünftig mehr Diversifikation in den Markt bringen will.

gwf: Lässt sich die Effizienz der Transportmittel in Zahlen vergleichen?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Ja, insgesamt liegt man beim Ammoniaktransport und Cracken für die gesamte Kette zwischen Stromherstellung und Wasserstoffprodukt heute bei einem Wirkungsgrad von 50 - 60 %, vom Elektron bis zum Wasserstoffmolekül. Natürlich bietet der Pipelinetransport hier geringere Energieverluste. Allerdings muss aufgrund der notwendigen Zwischenkomprimierung des Wasserstoffs auch bei einer Pipeline immer wieder Energie investiert werden – je länger sie ist, desto mehr. Studien belegen, dass die Ammoniak- und die Pipelinerroute ab 3.000 bis 5.000 km ungefähr gleich energieintensiv sind. Spätestens ab dieser Distanz macht es also auch energetisch keinen Sinn mehr, eine Pipeline zu verwenden. Unter Berücksichtigung des Kostenaspekts kann die Distanz sogar deutlich unter 3.000 km liegen.

gwf: Ammoniak ist nicht das einzige chemische Trägermedium für Schiffstransporte. Wie stark berücksichtigt Uhde andere Wasserstoffträger?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Wir bieten auch grüne Methanoltechnologie an, z. B. bauen wir aktuell eine grüne Methanol-

anlage in Saudi-Arabien. Generell ist die Biomassevergasung sehr wichtig, durch die ein Synthesegas entsteht. Aus diesem Synthesegas lässt sich dann entweder Methanol gewinnen, oder man schließt eine Fischer-Tropsch-Anlage an und stellt beispielsweise Sustainable Aviation Fuel her.

gwf: Was ist aus Ihrer Sicht der größte Vorteil von Ammoniak gegenüber anderen Möglichkeiten des Wasserstofftransports wie Methanol oder LOHC?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Ich würde Methanol nicht unbedingt als chemischen Wasserstoffträger bezeichnen. Methanol kann man sehr gut direkt verwenden, etwa als Kraftstoff in Schiffen und als Rohstoff in der chemischen Industrie. Aber Methanol in Wasserstoff umzuwandeln, ist aus meiner Sicht nicht die beste Idee. Das ist bei Ammoniak anders, das wir relativ leicht in Wasserstoff umwandeln können. Zudem enthält es keinen Kohlenstoff, wohingegen ein „Methanol-Cracking“ wieder CO₂-Emissionen erzeugen würde. LOHC ist eine interessante Technologie, eignet sich aber eher für den kürzeren Transport. Flüssiger Wasserstoff wird definitiv kommen; es wird aber noch ein bisschen dauern, bis die notwendige Infrastruktur vorhanden ist. Dann gibt es noch synthetisches Erdgas, das sich aus CO₂ und Wasserstoff herstellen, verflüssigen und dann wie LNG transportieren lässt. Dafür braucht man relativ viel Wasserstoff, aber es existiert bereits eine große Infrastruktur.

DR. RALPH KLEINSCHMIDT

Dr. Ralph Kleinschmidt studierte in Düsseldorf Chemie und promovierte am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung. Seit 2001 arbeitet er bei thyssenkrupp Uhde in der zentralen Forschung und Entwicklung und leitet seit acht Jahren den Bereich Technology, Innovation & Sustainability.

gwf: Ammoniak scheint also das Mittel der Wahl für den Transport großer Mengen über weite Distanzen zu sein. Was entgegnen Sie Skeptikern, die darauf verweisen, dass Ammoniak ein giftiger Gefahrenstoff ist?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Das ist absolut richtig. Ammoniak ist sicherlich nichts für private oder kleinere gewerbliche Anwendungen. Wir werden es in großen Häfen sehen, wo große Mengen umgeschlagen werden können. Es wird große Hubs geben, in denen Ammoniak sicher anlandet, gespalten wird und eine entsprechende Ammoniak- und Wasserstoff-Infrastruktur bereitsteht. Man kann Ammoniak auch via Binnenschifffahrt in kleinere Häfen bringen und dezentrale Cracker installieren, bis es Wasserstoffpipelines oder eine Infrastruktur zur dezentralen Wasserstoffherzeugung gibt. Bis dahin sind zentrale Ammoniak-Cracker eine gute Lösung, auch weil sie einen geringeren Platzbedarf haben als Elektrolyseure.

gwf: Was denken Sie, wann die ersten grünen Ammoniak-Wertschöpfungsketten betriebsbereit sein werden?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Wir gehen davon aus, dass die ersten Ammoniak-Cracker in Deutschland um 2030 in Betrieb sein werden. Parallel entwickeln wir die Technologien weiter. Hier gibt es drei Schwerpunkte: Effizientere Katalysatoren, eine optimierte Ammoniak-Verbrennung und die besten Werkstoffe und Materialien. Wenn der Ammoniak einmal gespalten ist, kann man mithilfe von Druckwechselabsorption die Reinheit des Wasserstoffs einstellen, je nachdem, welche Reinheit für spezielle Anwendungen benötigt wird. Die Umsatzquote bei der Spaltung liegt bei rund 99 %, es bleibt also nur ein geringer Ammoniakanteil zurück. Diesen können wir in die Verbrennung zurückleiten und so wiederverwerten.

gwf: Wohin wird sich aus Ihrer Sicht der Markt entwickeln?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Es gibt wirklich sehr viele Studien dazu. Momentan gibt es eine weltweite Kapazität von rund

200 Mio. t Ammoniak pro Jahr. Hiervon werden rund 80 % direkt in Düngemittel umgesetzt. Mit der Anwendung als Energieträger sagen Studien nun, dass sich diese Menge bis 2050 verdrei- bis vervierfachen könnte. Eine große Ammoniakanlage produziert gut 2 Mio. t Ammoniak im Jahr. Wenn jetzt drei- bis vierhundert Mio. t dazukommen, brauchen wir eine ganze Menge neuer Ammoniakanlagen. Wir haben in unserer Firmengeschichte bereits 130 Ammoniakanlagen gebaut; zudem gibt es derzeit nur vier große Anbieter von Ammoniak-Technologie. Man kann sich also vorstellen, wie groß der Markt zukünftig sein wird. Ammoniak über die Anwendung in Düngemitteln hinaus wird kommen!

gwf: Was glauben Sie, wie das Verhältnis von Import zu inländischer Produktion sein wird?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Auch dazu gibt es viele Studien. Der Importanteil wird wohl bei 70 - 80 % liegen. Auf ganz Europa bezogen geht man von einem Verhältnis von 50 % Import und 50 % lokaler Produktion aus.

gwf: Gibt es etwas, was Sie sich vielleicht noch wünschen würden, vom Gesetzgeber oder der Politik?

Dr. Ralph Kleinschmidt: Also, technologisch und wirtschaftlich sind wir da auf einem sehr guten Weg. Was fehlt, sind die gesetzlichen Standards, etwa für die Zulassung und Nutzung von Ammoniak als Schiffskraftstoff. Zudem fehlen noch viele regulatorische Rahmenbedingungen, etwa zur Klassifikation von „blauem“ oder „grünem“ Ammoniak, die entwickelt werden müssen – da gibt es noch einiges zu tun. Außerdem fehlen in vielen Ländern noch Systeme zur CO₂-Zertifizierung. Aber wir sind zuversichtlich, weil der Druck hoch ist: Irgendwann braucht man den Wasserstoff, und dann braucht man auch die Regulatorik. Wenn wir das nicht hinkommen, kann sich kein Markt entwickeln und die Klimaziele, die man sich in Deutschland und Europa gesetzt hat, sind irgendwann nicht mehr erreichbar.

gwf: Herr Dr. Kleinschmidt, vielen Dank für das Interview!

Weitere Informationen unter:
<https://www.thyssenkrupp-uhde.com/de>

