

# Studie: Ammoniak als Schiffstreibstoff

## Risiken und Perspektiven - Zusammenfassung

*Die Dekarbonisierung der Schifffahrt erfordert den Umstieg auf alternative erneuerbare Kraftstoffe. Ammoniak hat in letzter Zeit als potenzieller Schiffskraftstoff, der diese Dekarbonisierung vorantreiben könnte, zunehmend Beachtung gefunden. Im Kontext einer wachsenden Wasserstoffwirtschaft ist Ammoniak als Stoff interessant, um Wasserstoff günstig über weite Strecken und in großen Mengen zu transportieren, denn Ammoniak wird bereits heute weltweit gehandelt und produziert. Er wird bisher hauptsächlich für die Düngemittelproduktion aber noch nicht als Schiffskraftstoff verwendet. Ammoniak ist ein kohlenstofffreier aber toxischer Energieträger. Wenn Ammoniak in der Schifffahrt als Treibstoff verwendet werden soll, müssen die Risiken für Mensch und (Meeres-)Umwelt so gering wie möglich gehalten werden. Bei der Dekarbonisierung des Sektors darf die Nutzung von Ammoniak nicht zu höheren Emissionen oder größeren Umweltrisiken führen.*

Die vorliegende Studie bewertet, ob die potenziellen Risiken von Ammoniak bisher ausreichend betrachtet wurden und inwiefern sich diese auf die Eignung von Ammoniak als Schiffstreibstoff der Zukunft auswirken. Die Studie fasst den Stand der Technik zusammen und konzentriert sich auf die Auswirkungen von Ammoniak auf marine Ökosysteme sowie die Umweltauswirkungen der Ammoniakverbrennung.

### **Toxizität**

Hinsichtlich seiner Toxizität zeigen verschiedene Studien, dass die akute Ökotoxizität von Ammoniak auf Fische und wirbellose Wassertiere sehr hoch ist und eine ähnliche Größenordnung wie die akute Toxizität von Schweröl (HFO) hat. Ammoniak hat auch langfristige toxische Wirkungen auf Fische und wirbellose Wassertiere. Unter realen Umweltbedingungen wird jedoch erwartet, dass die Ammoniakkonzentrationen nach einer Leckage schneller abfallen als bei HFO. Gleichzeitig kann ein massiver Eintrag von Ammoniak in ein Gewässer zur Eutrophierung führen, da Ammoniak eine Stickstoffquelle für Algen und Mikroorganismen ist. Wenn Ammoniak in Wasser verschüttet wird, schwimmt es auf der Wasseroberfläche und löst sich im Wasserkörper schnell in Ammoniumhydroxid auf, während es gleichzeitig als gasförmiges Ammoniak in die Atmosphäre entweicht. Das Verhältnis von im Wasser gelöstem Ammoniak zu seiner Freisetzung in die Atmosphäre als Dampf hängt von der Dynamik der Freisetzung ab.



### **Kontakt**

#### **NABU Bundesverband**

Beate Klünder  
Referentin für Verkehrspolitik

Tel. +49 (0)30284984 - 1615  
Beate.Kluender@NABU.de

## Klimawirkung und Luftschadstoffe

Ammoniak kann als Schiffskraftstoff sowohl in Verbrennungsmotoren als auch in Brennstoffzellen verwendet werden. Die Verbrennung von Ammoniak oder Ammoniakgemischen kann zu Emissionen von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und zum direkten Schlupf von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) führen. Bisher gab es weder auf dem Prüfstand noch in Pilotprojekten marine Ammoniak-Motoren. Zu den Emissionen aus der Ammoniakverbrennung liegen noch keine ausreichenden empirischen Daten vor. Daher ist weitere Forschung notwendig, um die Menge der tatsächlichen Emissionen – insbesondere der Lachgas-Emissionen - zu klären und Technologien zu deren Reduzierung oder Vermeidung zu entwickeln.

Der Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen scheint eine vielversprechende Lösung für NO<sub>x</sub>-Emissionen und Ammoniak schlupf zu sein. Um den Klimavorteil von grünem Ammoniak zu gewährleisten, müssen Probleme mit den N<sub>2</sub>O-Emissionen gelöst werden, da N<sub>2</sub>O ein hohes Treibhauspotenzial hat. Die Eliminierung von N<sub>2</sub>O-Emissionen (bzw. deren Reduzierung auf ein vernachlässigbares Minimum) muss bei typischen Schiffsmotoren nachgewiesen werden. Strenge N<sub>2</sub>O-Emissionsvorschriften könnten dafür sorgen, dass Ammoniakmotoren so ausgelegt werden, dass das langfristige Ziel einer klimaneutralen Seeschifffahrt erreicht wird. Um Anreize für die Entwicklung geeigneter Schiffsmaschinen zu schaffen, könnte N<sub>2</sub>O beispielsweise durch maritime CO<sub>2</sub>-Bepreisungspolitik abgedeckt oder durch strenge Emissionsstandards auf Basis von Kohlendioxidäquivalenten auf ein tolerierbares Niveau begrenzt werden. Die Ammoniakverbrennung wird wahrscheinlich einen Pilotbrennstoff erfordern, um die Verbrennung zu erleichtern. Dual-Fuel-Motoren werden daher ein vielversprechender Weg für Ammoniak sein, in den maritimen Sektor einzudringen. Erste Ammoniakmotoren werden bis 2024 erwartet. Erste Pilotprojekte könnten kurz danach beginnen, mit einer möglichen Marktreife ab Ende der 2020er Jahre.

Brennstoffzellen könnten das Emissionsproblem von Verbrennungsmotoren umgehen, doch ihre kommerzielle Nutzung in der Hochseeschifffahrt ist noch weiter entfernt als die von Ammoniak-Verbrennungsmotoren (ICE). Der Einsatz von Ammoniak in Brennstoffzellen sollte daher parallel zur Entwicklung von Ammoniakmotoren verfolgt werden.

## Vergleich der Kraftstoffe

Die Tabelle vergleicht Ammoniak mit anderen Kraftstoffen beim Einsatz in Verbrennungsmotoren basierend auf wichtigen Umweltkriterien. Der Vergleich erfolgt horizontal über die Brennstoffe hinweg. Je höher die angegebene Zahl, desto besser die Leistung des Kraftstoffs. Das Potenzial von Ammoniak zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen (THG) im Vergleich zu anderen Kraftstoffen muss mit Unsicherheiten in Bezug auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen bewertet werden. Da wir ein Well-to-Wake-Ansatz verfolgt wird, gilt Methanol als klimaneutral, obwohl es sich um einen kohlenstoffbasierten erneuerbaren Kraftstoff handelt.

Tabelle 1: Vergleich erneuerbarer Brennstoffe und fossiler Schweröle (HFO) nach zentralen Umweltkriterien

Criterion	Ammonia	Hydrogen	Methanol	HFO
GHG reduction potential	4*	5	5**	1
Air pollutants	3	5	4	1
Aquatic ecotoxicity	2	5	5	1
Human toxicity	2	5	3	3
Flammability	2	1	2	5
Explosion risks	4	2	5	5

Notes: Ranking: 1= high risk/ low performance to 5=low risk/ high performance, \*uncertainty about N<sub>2</sub>O emissions, \*\*well-to-wake

Source: Authors' own compilation

Regenerativ produzierter Ammoniak ist ein aussichtsreicher zukünftiger Schiffstreibstoff, da er ein kohlenstofffreier Energieträger ist und daher wahrscheinlich billiger sein wird als andere strombasierte Brennstoffe. Für den sicheren Umgang mit Ammoniak an Bord von Schiffen sind aber robuste Sicherheitsrichtlinien erforderlich. Aufgrund seines Risikoprofils ist sein Einsatz möglicherweise nicht in allen Segmenten des maritimen Sektors anwendbar, beispielsweise in Fahrgastschiffen. Je nach Marktsegment wird der maritime Sektor künftig voraussichtlich auf unterschiedliche postfossile Kraftstoffe setzen. Darüber hinaus ist von Anfang an eine strenge Well-to-Wake-Regulierung einschließlich aller Treibhausgasemissionen erforderlich, um zu verhindern, dass die Klimaschutzbestrebungen durch die Nutzung von Ammoniak als Schiffstreibstoff aufgrund von erheblichen N<sub>2</sub>O-Emissionen untergraben werden.

Impressum: © 2021, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.  
 Charitéstraße 3, 10117 Berlin, www.NABU.de. Text: Ökoinstitut, Beate Klünder,  
 Fotos: NABU/E. Neuling, 06/2021