



Empfehlung - Muschelzucht als Stickstoffsenke

AAC 2023-8

Juli 2023



Der Beirat für Aquakultur (ACC) dankt der EU für ihre finanzielle Unterstützung





Inhalt

Inhalt.....	2
1. Kontext	3
2. Begründung	3
Muscheln, eine echte „Stickstoffsенke“, Teil der Lösung	5
Standpunkt des in Schweden zertifizierenden MSC:.....	7
Standpunkt des MSC Dänemark:.....	7
3. Empfehlungen	8
Literaturverzeichnis	9

1. Kontext

Stickstoffüberschüsse führen zu einer Belastung, die weit weniger bekannt ist als die durch Kohlenstoff verursachte, die aber ebenso gefährlich für Umwelt und Gesundheit ist (Eutrophierung, ungenießbares Grundwasser, Versauerung von Böden und Seen, Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen usw.) [1]. Diese Schäden, die hauptsächlich auf die Landwirtschaft zurückzuführen sind, werden in der Europäischen Union auf 70 bis 320 Milliarden Euro pro Jahr geschätzt, d. h. 150 bis 740 Euro pro Person und Jahr, also mehr als das Doppelte des Nutzens des Einsatzes von Stickstoff in der europäischen Landwirtschaft. Dies sind die Zahlen der ersten Europäischen Stickstoffbewertung (European Nitrogen Assessment, ENA) [2], die am 18. April 2011 auf der internationalen Konferenz über Stickstoff und Klimawandel in Edinburgh (Schottland) veröffentlicht wurde, nachdem Forscher aus ganz Europa fünf Jahre lang daran gearbeitet hatten.

Das Haber-Bosch-Verfahren, die wissenschaftliche Innovation, die 1908 die industrielle Produktion von Ammoniak und damit die Herstellung von künstlichem Stickstoffdünger ermöglichte, revolutionierte die Landwirtschaft, indem es die Erträge vervielfachte und die Ernährung einer wachsenden Bevölkerung ermöglichte. Bei diesem Verfahren wird Ammoniak (NH_3) aus atmosphärischem Stickstoff und einer großen Menge Energie in Form von Erdgas hergestellt [1]. Aufgrund dieser Entdeckung haben sich die Stickstoffemissionen in die Umwelt jedoch weltweit verdoppelt und in Europa mehr als verdreifacht, und sind zu einer Bedrohung für die Menschheit geworden [12]. Laut einer niederländischen Studie von Ester van der Voet [3] ist die Landwirtschaft für 57 % des sauren Stickstoffregens und 90 % der Nitrate im Grundwasser verantwortlich. Bei der Nitratverunreinigung der Küstengewässer wird jedoch ein großer Teil auf häusliche Abwässer zurückgeführt [1].

Das Hauptproblem ist nicht der Stickstoff an sich, sondern die Tatsache, dass er in erheblichen Mengen in die Umwelt freigesetzt wird, vor allem durch den Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft, die Verbrennung fossiler Brennstoffe in der Industrie, bei der Stromerzeugung und beim Heizen sowie durch den starken Autoverkehr in städtischen Gebieten [1]. Die Hälfte des verwendeten Stickstoffs wird in Form von Ammoniak und Nitraten freigesetzt und bedroht Gesundheit und Umwelt [12].

Was die Gesundheit anbelangt, so schätzt diese Studie (ENA) [2] aus dem Jahr 2011, dass mehr als 10 Millionen Europäer Nitratwerten im Wasser ausgesetzt sind, die die gesetzlichen Grenzwerte überschreiten, und dass für sie ein erhöhtes Krebsrisiko besteht, wenn sie das Wasser regelmäßig trinken, ohne dass es ordnungsgemäß aufbereitet wurde. Die Stickstoffbelastung der Luft führt auch zur Bildung von Partikeln, die Atemwegserkrankungen verursachen und die Lebenserwartung um mehrere Monate verringern können. Damit wäre sie nach Angaben der Europäischen Umweltagentur im Jahr 2018 für den vorzeitigen Tod von 378.000 Menschen in Europa verantwortlich [13].

2. Begründung

Ein von der Europäischen Kommission im Mai 2018 veröffentlichter Bericht für den Zeitraum 2012-2015 [4] spricht von gemischten Ergebnissen mit einer leichten Verbesserung der Stickstoffmengen in Gewässern, insbesondere im Grundwasser. Allerdings verbessern sich die Oberflächengewässer aufgrund der uneinheitlichen Bemühungen der Mitgliedstaaten der Union noch langsamer.

Empfindliche Gebiete, die als nitratgefährdet ausgewiesen sind, nehmen zu, und 61 % der europäischen Landwirtschaftsfläche sind von den Verpflichtungen für empfindliche Gebiete betroffen. In dem Bericht wird die Situation der Übergangs- und Küstengewässer, die das letzte Auffangbecken für diese Belastung darstellen, nicht eingehend analysiert. So haben nur 8 Mitgliedstaaten Daten über ihre Übergangsgewässer und 9 Mitgliedstaaten Daten über ihre Küstengewässer übermittelt. Nur drei dieser Länder sind wichtige Erzeuger von Zucht- und Fischereimuscheln (Irland, Italien und Spanien). Frankreich hat keine Informationen veröffentlicht. Von diesen neun Berichten wiesen fünf leider mehr als 50 % eutrophe oder hypertrophe Küstengewässer auf.¹

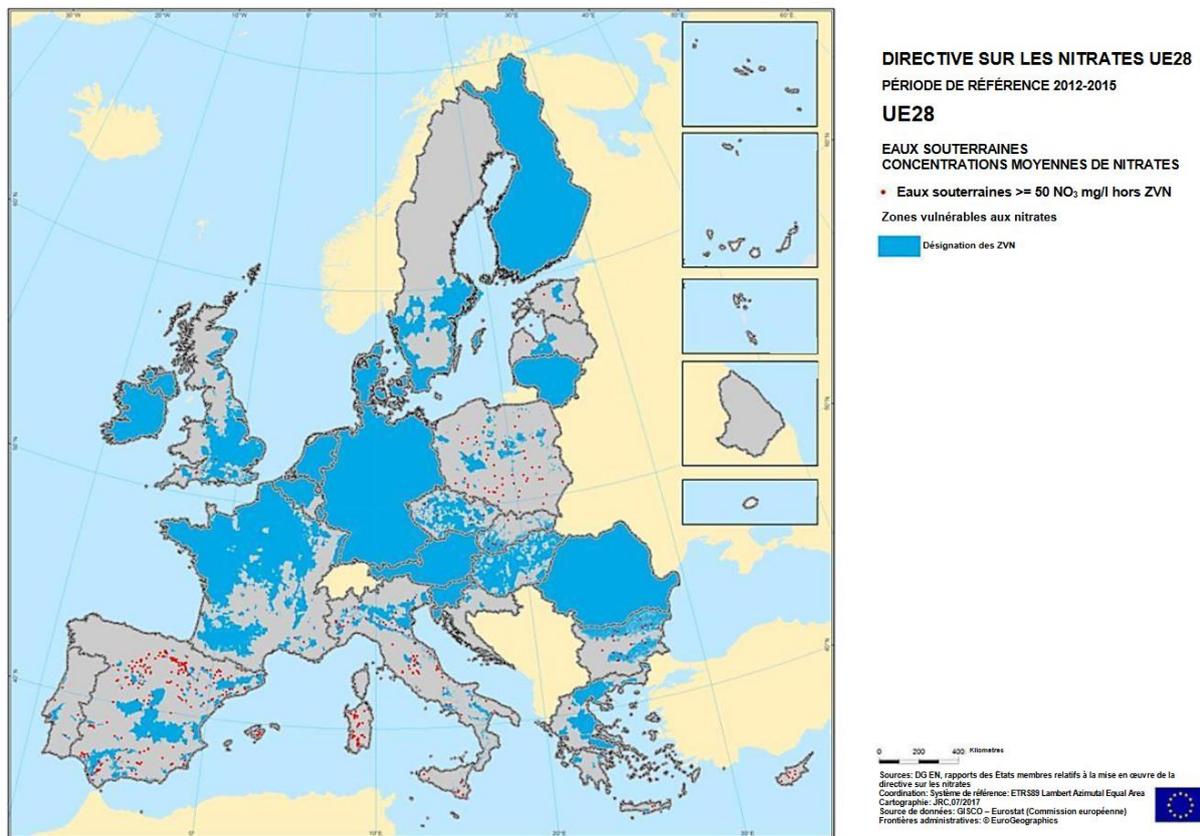


Abbildung 1. Als nitratgefährdet ausgewiesenes Gebiet und Grundwassermessstellen mit durchschnittlichen Nitratkonzentrationen über 50 mg/l außerhalb nitratgefährdeter Gebiete, 2012-2015 [4]

In diesem Küstenabschnitt zeigt sich der Stickstoffüberschuss auf spektakuläre Weise in Form von Grünalgen und biologisch toten Meeresgebieten, die sich entlang der bretonischen Küste, in der Nordsee, der Adria und der Ostsee ausbreiten [14]. Die Stickstoffablagerung in den Wäldern hat auch zu einem Verlust der Artenvielfalt von mehr als 10 % in zwei Dritteln Europas geführt [15].

„Stickstoff ist eine der größten ökologischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts“, stellte Mark Sutton, Forscher am Edinburgh Centre for Ecology, 2011 fest. In einem Artikel in der Zeitschrift *Nature*

¹ Bezeichnet ein Gewässer (Teich, See usw.), dessen mit organischen Stoffen angereichertes Wasser die Grundlage für eine Pflanzen- und Bakterienvermehrung bildet, die zu einem ausgeprägten Sauerstoffentzug des Wassers führt (Larousse Wörterbuch).

[5] mit dem Titel *A good element in too large quantities* [Ein gutes Element in zu großen Mengen] führt der Forscher aus: „Überschüssiger Stickstoff bedroht die Qualität von Luft, Wasser und Boden. Er beeinträchtigt die Ökosysteme und die Artenvielfalt und verändert das Gleichgewicht der Treibhausgase.“

In Frankreich veröffentlichte das Journal de l'environnement am 30. April 2019 einen alarmierenden Bericht mit dem Titel „The green tide season is already open“ [Die Saison der grünen Flut ist bereits eröffnet] [6], der darauf hinzuweisen scheint, dass das seit einem Jahrzehnt angekündigte Problem trotz gewisser Präventivmaßnahmen, einschließlich der Pläne zur Bekämpfung von Grünalgen (PLAV), immer mehr und immer früher zunimmt.

All diese negativen Auswirkungen sind mit Kosten verbunden, sei es für die Gesundheitsfürsorge oder die Wasseraufbereitung und -reinigung, oder, wenn auch schwer zu beziffern, sie führen zu Verlusten im Zusammenhang mit der Verschlechterung von Ökosystemen und dem Anstieg der Treibhausgasemissionen.

Daher müssen wir uns der Notwendigkeit bewusst sein, die übermäßigen Stickstoffemissionen in die Umwelt zu reduzieren. Diese Reduzierung erfolgt in erster Linie durch Änderungen der landwirtschaftlichen Praktiken (Einführung von Kompostierungs- und biologischen Behandlungssystemen, Verringerung des Einsatzes von Stickstoffdüngern und der Intensivtierhaltung) [1,5], aber auch durch Änderungen in unserem Lebensstil: Bevorzugung eines schadstoffarmen Verkehrs und Verringerung des Verbrauchs von tierischen Proteinen in der Praxis. Heute werden 80% des in der Landwirtschaft verwendeten Stickstoffs zur Herstellung von Futtermitteln für die Viehzucht verwendet [2].

Die Aufbereitung in Kläranlagen ist das Mittel, mit dem die Mitgliedstaaten und die lokalen Behörden die Verschmutzung des Wassers bekämpfen. Eine übermäßige Reinigung kann zu einem ausgezeichneten Stickstoffgehalt, aber zu einem schlechten Nährstoffgehalt im Meerwasser führen [18]. In einem solchen Fall können Muscheln nicht richtig wachsen.

Muscheln, eine echte „Stickstoffsенke“, Teil der Lösung

Zahlreiche weltweite wissenschaftliche Studien, die im Rahmen des „Millennium Ecosystem Assessment“ [7] zusammengefasst wurden, und insbesondere ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm für nachhaltige Aquakultur der [ECASA](#) auf europäischer Ebene, haben die Stickstoffsенke, die Muscheln in unseren europäischen Gewässern darstellen, hervorgehoben und quantifiziert, unabhängig davon, ob es sich um Muscheln aus Wildmuschelfang oder der Muschelzucht handelt.

Die im Rahmen dieses ECASA-Programms entwickelten Instrumente, insbesondere das FARM-Modell,² ermöglichten es einer Gruppe von Wissenschaftlern, 2009 in der Zeitschrift *Aquaculture* (Nr. 292) einen Artikel mit dem Titel „Analysis of coastal and offshore aquaculture: Application of the FARM model to multiple systems and shellfish species“ [Analyse der küstennahen und küstenfernen Aquakultur: Anwendung des FARM-Modells auf mehrere Systeme und Muschelarten] [8] zu

² <http://www.farmscale.org/>

veröffentlichen. Diese Veröffentlichung kommt zu dem Schluss, dass die europäischen Muscheln, die gezüchtet und gefischt werden, eine Stickstoffsенke von 57.000 Tonnen pro Jahr darstellen, was dem Äquivalent entspricht, das eine Bevölkerung von 17 Millionen Menschen (die niederländische Bevölkerung) produziert und ins Wasser abgibt. Die entsprechenden jährlichen Betriebskosten für Kläranlagen werden auf 3 bis 7 Mrd. EUR geschätzt.

Die von Ruth Carmichael geleitete Studie aus dem Jahr 2011 [19] zeigt die verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten von Stickstoff durch die wichtigsten kommerziellen Arten:

Table 1. Comparison of bivalve bioremediation-related studies, including study locations, methods of remediation studied, density and shell height of bivalves, and primary conclusions.

Species	Location	Method of remediation			Density (m ⁻²)	Height (mm)	Conclusion	Source
		N stored in tissues	Particle removal	Biogeochemistry				
Oysters								
<i>Crassostrea virginica</i>	Chesapeake Bay, USA	+	—	—	Up to 286	76	10 ⁶ oysters removed 132 kg N; up to 10%–15% of annual N load	Higgins et al. 2011
<i>Crassostrea gigas</i>	Valdivia estuary, Chile	(+)	(+)	—	100	Seed	Net chlorophyll <i>a</i> and N reduction via filtration (modeled)	Silva et al. 2011
<i>Crassostrea virginica</i>	Bogue Sound, USA	—	—	+	—	—	Denitrification removed ~20 to 35 µmol N·L ⁻¹ ·m ⁻² ·h ⁻¹	Piehler and Smyth 2011
<i>Crassostrea virginica</i>	South Carolina estuaries, USA	—	+	—	412–2931	23–51	Removed up to 28% of chlorophyll <i>a</i> in 0.3–1.3 h	Grizzle et al. 2008
<i>Crassostrea virginica</i>	Chesapeake Bay, USA	—	(+)	—	—	76	May remove 0.07%–1.4% of phytoplankton-day ⁻¹ (modeled)	Fulford et al. 2007
<i>Crassostrea virginica</i>	Chesapeake Bay, USA	—	(+)	(+)	—	—	Reduced total N concentration 10%–15% (modeled)	Cerco and Noel 2007
<i>Pinctada imbricata</i>	Port Stephens, Australia	+	—	—	—	—	Removed 7.5 kg N·tonne ⁻¹ oyster; ~2% of wastewater N load·year ⁻¹	Gifford et al. 2005
<i>Crassostrea virginica</i>	Chesapeake Bay, USA	—	(+)	(+)	—	—	Denitrification–burial removed 7.5 ×10 ⁻⁴ kg N·g ⁻¹ oyster; 0.6% of annual N load (modeled)	Newell et al. 2005
<i>Crassostrea virginica</i>	Chesapeake Bay, USA	—	—	+	—	—	Denitrification by simulated biodeposits removed 20% of local N load (lab)	Newell et al. 2002
<i>Crassostrea gigas</i>	Thau Lagoon, France	—	+	+	40	—	Reduced chlorophyll <i>a</i> but increased N in water column	Souchu et al. 2001
<i>Pinctada imbricata</i>	Port Stephens, Australia	(+)	(+)	(+)	—	—	May remove 19 kg N·tonne ⁻¹ oysters	Gifford et al. 2004
<i>Crassostrea virginica</i>	North Carolina creek, USA	—	+	—	125	48	Some reduction of chlorophyll <i>a</i> and suspended solids	Nelson et al. 2004
<i>Crassostrea gigas</i>	Hiroshima Bay, Japan	+	(+)	(+)	Raft culture	—	Removed ~10% of N load·day ⁻¹	Songsangjinda et al. 2000
<i>Saccostrea commercialis</i>	Moreton Bay, Australia	—	+	(+)	33–100	—	Removed particles (92% of chlorophyll <i>a</i> , 20% of N), increased sedimentation	Jones and Preston 1999
Mussels								
<i>Mytilus edulis</i>	Skagerrak Strait, Sweden	(+)	—	+	Long lines	—	Net N removal by harvest, burial, biogeochemical processes	Carlsson et al. 2012
<i>Perna canaliculus</i>	Firth of Thames, NZ	—	—	+	16 per chamber	—	34% of mineralized N was released as NH ₄ ⁺ (possible denitrification)	Giles and Pilditch 2006
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Goro lagoon, Italy	—	—	+	60 kg, long lines	—	Increased sedimentation with net input of N to sediments	Nizzoli et al. 2006
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Dokai Bay, Japan	+	+	—	Long lines	15–41	Removed ~25% of dissolved inorganic nitrogen (DIN) in 1 day (lab)	Kohama et al. 2002
<i>Musculista senhousia</i>	Lake Nakaumi, Japan	+	—	—	0–46 712	—	Shell burial removed 0.7%–4.9% of annual N load	Yamamuro et al. 2000
<i>Mytilus edulis</i>	Orust–Tjörn system, Sweden	+	—	+	100 kg, long lines	—	Removed 8.5–12 g N·kg ⁻¹ live mussel; removed 20% of DIN	Haamer 1996
<i>Mytilus</i> spp.	Upper South Cove, Canada	—	(+)	+	400, long lines	—	Increased sedimentation, released NH ₄ ⁺	Hatcher et al. 1994

Table 1 (concluded).

Species	Location	Method of remediation			Density (m ⁻²)	Height (mm)	Conclusion	Source
		N stored in tissues	Particle removal	Biogeochemistry				
<i>Mytilus edulis</i>	North Sea, Netherlands	—	+	(+)	Field flume	—	Removed chlorophyll <i>a</i> and seston, released NH ₄ ⁺ (possible denitrification)	Dane et al. 1991
<i>Mytilus edulis</i>	Northern Baltic Sea, Sweden	—	—	+	535–1693 g chambers	—	Increased annual N, C, P sedimentation by 10%	Kautsky and Evans 1987
<i>Perna canaliculus</i>	Kenepuru Sound, NZ	+	—	+	Long lines	—	Harvest and denitrification removed 68% more N than reference sites	Kaspar et al. 1985
<i>Geukensia demissa</i>	Cape Cod, USA	+	+	(+)	34–365	10–100	Mussels retained and recycled N within the marsh system	Jordan and Valiela 1982
Clams								
<i>Tapes philippinarum</i>	Goro lagoon, Italy	—	—	+	100–3000	—	Increased sedimentation with net removal of N from sediments	Nizzoli et al. 2006
<i>Corbicula japonica</i>	Lake Shinji, Japan	—	+	(+)	0–1000	—	Removed chlorophyll <i>a</i> , released NH ₄ ⁺	Nakamura and Ker-ciku 2000
<i>Mya arenaria</i>	Laholm Bay, Sweden	—	+	+	0–2000	1–25	Removed up to 27% of new local production	Loo and Rosenberg 1989
<i>Mercenaria mercenaria</i>	Narragansett Bay, USA	—	+	+	16 mesocosm	32–107	Increased C sedimentation; models may overestimate particle removal	Doering et al. 1986, 1987
<i>Corbicula fluminea</i>	Potomac River, USA	—	+	—	1.2–1467	1 – >25	Removed 30% of chlorophyll <i>a</i> in 2 h	Cohen et al. 1984
Scallops								
<i>Chlamys farreri</i>	Sishili Bay, China	—	+	(+)	0–40	32±4	Removed up to 45% of particles-day ⁻¹	Zhou et al. 2006
Cockles								
<i>Cardium edule</i>	Laholm Bay, Sweden	—	+	+	0–8000	4–21	Removed up to 27% of new local production	Loo and Rosenberg 1989
Various								
	Various	(+)	(+)	—	25–500	—	Bioremediation was location- and condition-specific (modeled)	Ferreira et al. 2007
	San Francisco Bay, USA	(+)	(+)	(+)	200	—	Defined conditions for remediation (model)	Officer et al. 1982

Note: Methods of remediation include nitrogen removal by assimilation into shell or soft tissues, particle removal (measured in terms of suspended particulates, chlorophyll *a* concentration, or filtration rate), and stimulation of biogeochemical processes via biodeposits. Parentheses indicate studies for which results were calculated from literature values, estimated, or modeled and not directly measured. A long dash (—) indicates not reported.

Eine im November 2018 veröffentlichte Studie mit dem Titel „Global review of ecosystem services provided by bivalve aquaculture“ [Globaler Überblick über die Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur] [g] führt alle von Muscheln erbrachten Ökosystemleistungen auf (Muscheln als Kalkquelle für die Bodendüngung, Biosanierung und Filtrationswirkung, Standort von Zuchtbetrieben zur Verringerung der Küstenerosion usw.), und beziffert den geschätzten Wert dieser Leistungen für Dienstleistungen im Tierzuchtbereich weltweit auf 23,9 Milliarden US-Dollar.

Standpunkt des in Schweden zertifizierenden MSC:

Muschelzuchtbetriebe werden von der Bezirksverwaltung (Länsstyrelsen i Västra Götalands Län) als „geringes Risiko“ für Lebensraum und Umwelt eingestuft: Die Effekte/Auswirkungen von Muscheln werden als gering und in Bezug auf die Eutrophierung als überwiegend positiv angesehen.

Der Grad der Eutrophierung ist sowohl im Skagerrak/Kattegat als auch in der Ostsee hoch. Die Muschelzucht wird als eine Möglichkeit angesehen, den Eutrophierungsgrad zu verringern und die Wasserqualität zu verbessern. In diesem Zusammenhang ist die Universität Göteborg an dem [BONUS-Optimus-Projekt](#) (ein EU-Programm mit der Ostsee als Schwerpunkt), an dem alle baltischen Länder mitwirken, beteiligt. Im Rahmen von BONUS-Optimus gibt es ein Projekt mit deutschen, polnischen, schwedischen und dänischen Partnern, in dem die Wachstumsbedingungen für Miesmuscheln und das Muschelwachstum zur Bekämpfung der Eutrophierung untersucht werden [16] [17].

Standpunkt des MSC Dänemark:

Im MSC-Bericht „Limfjord hangcultuur“ wird darauf hingewiesen, dass im Rahmen des MUMIHUS-Projekts (2010-2014) der Einsatz von Nährstoffextraktionskulturen als Kombination aus biologischer Produktion und Instrument zur Minderung der Auswirkungen der Eutrophierung in dänischen Küstengebieten unter Verwendung von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) als Kulturorganismus getestet

wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass es möglich war, eine hohe flächenspezifische Biomasse von 60 t-WW/ha zu erzielen, was einer Stickstoff- und Phosphorbehandlung von 0,6-0,9 bzw. 0,03-0,04 t/ha/Jahr entspricht, wodurch die Miesmuschelproduktion im Vergleich zu den teuersten landgestützten Maßnahmen eine kosteneffiziente Maßnahme darstellt (Petersen et al. 2014). Die Zuchtbetriebe hatten eine positive Auswirkung auf das Ökosystem durch die Filterung von Phytoplankton und Schwebstoffen, die im Durchschnitt um 13-30 % und >50 % innerhalb der Zuchtbetriebsfläche reduziert wurden (Nielsen et al. 2016). Die letzte [Bewertung von 2022 kann der MSC-Website entnommen werden](#)

Dvarkas et al. analysierten 2020 die Stickstoffbehandlungsleistung der Muschelaquakultur auf der Ebene eines Teileinzugsgebiets [20]. Diese Art von Forschung ermöglichte es der Regierung von Maryland in den USA, ein [Bezahlungssystem für diese Stickstoff- und Phosphor-Sanierungsleistungen zu schaffen](#), wie die folgende Tabelle zeigt.

Figure 2. Credits per Oyster

Oyster Credit Categories	Size Class (inches)	Diploid (g/oyster)		Triploid (g/oyster)	
		Nitrogen	Phosphorus	Nitrogen	Phosphorus
Small:	2.0 - 2.49	0.05	0.01	0.06	0.01
Medium:	2.5 - 3.49	0.09	0.01	0.13	0.01
Large:	>3.5	0.15	0.02	0.26	0.03

3. Empfehlungen

- Der Beirat empfiehlt, die von Muscheln erbrachten Stickstoffleistungen anzuerkennen und zu qualifizieren und einen Satz in das EU-Gesetz über die Wiederherstellung der Natur und das Gesetz über ein nachhaltige Lebensmittelsysteme oder in die auf diesen zwei wichtigsten Rechtsvorschriften basierenden sekundären Verordnungen aufzunehmen.
- Der Beirat empfiehlt der Kommission, ihr Referat für wissenschaftliche Beratung zu beauftragen, einen EU-Algorithmus zur Quantifizierung der von Muscheln erbrachten Stickstoffleistung zu definieren.
- Der Beirat empfiehlt ferner, dass die Kommission den rechtlichen Weg zur Einrichtung eines unabhängigen Zertifizierungssystems für die von Muscheln erbrachte Stickstoffleistung auf der Ebene der EU-Wassereinzugsgebiete, wie sie in der Wasserrahmenrichtlinie definiert sind, und die entsprechende Zahlung an die Züchter untersucht.

Literaturverzeichnis

- [1]. Schneider F. (2008). Decay of Haber-Bosch processes [Zerfall der Haber-Bosch-Verfahren]
- [2]. Europäisches Wissenschaftskonsortium (2011). Europäische Stickstoffbewertung (ENA), <http://www.nine-esf.org/node/360/ENA-Book.html>
- [3]. Ester van der Voet (1996). Nitrogen pollution in the European Union [Stickstoffbelastung in der Europäischen Union], Kapitel 8, In: Dissertation, Substances from cradle to grave [Stoffe von der Wiege bis zur Bahre]: CML, Leiden, Niederlande
- [4]. Europäische Kommission (2018). Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Durchführung der Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen auf der Grundlage der Berichte der Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2012-2015, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0257>
- [5]. Suton M.A., Oenema O., Erisman J.W. et al (2011). Too much for a good thing [Zu viel des Guten], Nature international journal of sciences, 471, 159-161 [Online] (Zugriff am 31.03.2015), <https://www.nature.com/articles/472159a>
- [6]. Senet S. (2019). The green tide season has already begun [Die Saison der grünen Flut hat bereits begonnen], Le journal de l'environnement [Online] (Zugriff am 03.07.2019), <http://www.journaldelenvironnement.net/article/la-saison-des-marees-vertes-est-deja-ouverte,97372>
- [7]. Reid W.V., Mooney H.A., Cropper A. et al (2005). Millennium Ecosystem Assessment Synthesebericht <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.447.aspx.pdf> <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.447.aspx.pdf>
- [8]. Ferreira J.G., Sequeira A., Hawkins A.J.S. et al (2009). Analysis of coastal and offshore aquaculture: Application of the FARM model to multiple systems and shellfish species [Analyse der küstennahen und küstenfernen Aquakultur: Anwendung des FARM-Modells auf mehrere Systeme und Muschelarten]
- [9]. Van der Schatte Olivier A., Jones L., Le Vay L. et al (2018). A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture [Ein globaler Überblick über die Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur]
- [10]. Chevassus-au-Louis B. und Andaral B. (2012). CGAAER, CGEDD, Review of scientific knowledge on the causes of green macroalgae blooms, Application to the situation of Brittany and proposals [Überblick über die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Ursachen der Makroalgenblüte, Anwendung auf die Situation in der Bretagne und Vorschläge]
- [11]. Preise für Stickstoffdünger <http://www.revenuagricole.fr/focus-marches/cerealier/focus-produits/engrais/engrais-2/23669-le-marche-international-continue-d-exercer-une-pression-baissiere>
- [12]. Ashoka Mukpo (2021), Nitrogen: The Environmental Crisis You Have Not Heard of Yet [Stickstoff: Die Umweltkrise, von der Sie noch nichts gehört haben], UP-Magazin <https://up-magazine.info/planete/climat/93757-azote-la-crise-environnementale-dont-vous-navez-pas-encore-entendu-parler/>
- [13] [Bericht der Europäischen Umweltagentur über die Luftqualität 2020](#)
- [14] [Green algae invade the Baltic Sea \[Grünalgen erobern die Ostsee\] \(2018\) Maxiscience](#)

- [15] [Didier Alard \(2019\) Feeding the planet without standardizing it: the dangers of nitrogen pollution \[Den Planeten ernähren, ohne ihn zu normieren: die Gefahren der Stickstoffbelastung\], Foundation for Research on Biodiversity \(Stiftung zur Erforschung der Biodiversität\)](#)
- [16] [Karen Timmerman et al. \(2019\) Mussel production as a nutrient mitigation tool for improving marine water quality \[Muschelzucht als Mittel zur Nährstoffreduzierung und zur Verbesserung der Meereswasserqualität\]](#)
- [17] [Jonne Kotta et al. \(2020\) Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea \[Reinigung der Meere durch Initiativen für blaues Wachstum: Muschelzucht zur Bekämpfung der Eutrophierung in der Ostsee\]](#)
- [18] [Matteo Fanelli et al; \(2022\) Impact of depuration plants on nutrient levels in the North Adriatic Sea \[Auswirkungen von Kläranlagen auf den Nährstoffgehalt in der Nordadria\]](#)
- [19] [Ruth H. Carmichael, William Walton und Heidi Clark \(2012\) Bivalve-enhanced nitrogen removal from coastal estuaries \[Verbesserte Stickstoffbehandlung durch Muscheln in küstennahen Ästuarien\]](#)
- [20] [Anthony Dvaskas et al. \(2020\) Quantification and valuation of Nitrogen removal services provided by shellfish aquaculture at the subwatersheds scale \[Quantifizierung und Bewertung der von der Muschelzucht erbrachten Leistungen bei der Stickstoffbehandlung auf der Ebene von Teileinzugsgebieten\]](#)



Beirat für Aquakultur (AAC)

Rue Montoyer 31, 1000 Brüssel, Belgien

Tel.: +32 (0) 2 720 00 73

E-Mail: secretariat@aac-europe.org

Twitter: @aac_europe

www.aac-europe.org