Empfehlungen für die Kohlenstoffsequestrierung durch Weichtiere

AAC 2022-16

April 2022

Der Beirat für Aquakultur (AAC) dankt der EU herzlich für die finanzielle Unterstützung

Index

Index 2
1 Kontext 3
2 Rohdaten 3
3 Diskussion 5
3.1. Lebenszyklus von Zuchtmuscheln 5
3.2. Hinsichtlich des Endes des Lebenszyklus von Zuchtmuscheln festgestellte Probleme 6
3.3. Verwertung der Schalen nach dem Verzehr der Erzeugnisse an Land 8
4. Empfehlungen 8
4.1. Für die Sequestrierung von Kohlenstoff durch Zuchtmuscheln 8
4.2. Für die Bezahlung von „Blauer Kohlenstoff“-Gutschriften 9

1 Kontext

Die Speicherung von Kohlenstoff erfolgt über die Schale der wichtigsten Muschelzuchterzeugnisse in Europa (Auster, Miesmuschel, Venusmuschel). Während ihrer Entstehung und Entwicklung bauen die Weichtiere nämlich ihre Schale auf natürlichem Weg aus Kalziumcarbonat auf und speichern so den Kohlenstoff. Der Beirat für Aquakultur (AAC) hat diese Ökosystemleistung in seiner Empfehlung von Juni 2021 hervorgehoben und dargelegt, dass es innerhalb der Wissenschaftsgemeinde unterschiedliche Auffassungen im Hinblick auf die Rolle von zweischaligen Muscheln als potentielle Kohlenstoffsenke gibt[1].

Am 19.Oktober 2021 kündigte die Kommission in ihrem Arbeitsprogramm 2022 einen Vorschlag für die Zertifizierung der Kohlenstoffabsorption an mit dem Ziel, bis Ende 2022 in diesem Bereich einen EU-Rechtsrahmen vorzuschlagen. Am 7. Februar 2022 startete die Kommission einen Aufruf zu öffentlichen Beiträgen im Rahmen dieser Initiative mit dem Ziel, Regeln für die Zertifizierung der Kohlenstoffabsorption vorzuschlagen und Modalitäten für die Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung der Zuverlässigkeit dieser Absorptionsverfahren auszuarbeiten. In ihrer Mitteilung zu nachhaltigen Kohlenstoffkreisläufen vom 15. Dezember 2021 erwähnt die Kommission in Kapitel 2.3 kurz blauen Kohlenstoff und sein hohes Speicherpotential in Meerespflanzen.

Diese aktuellen Entwicklungen sollen im Zusammenhang mit dem Europäischen Klimagesetz (Verordnung (EU) 2021/1119) betrachtet werden, das die Europäische Union verpflichtet, bis spätestens 2050 ein Gleichgewicht zwischen den Emissionen von Treibhausgasen (THG) und deren Abbau zu erreichen und danach negative Emissionen zu erzielen.

Die vorliegende Empfehlung des AAC versteht sich als einvernehmlicher Beitrag aller seiner Mitglieder in Bezug auf das Sequestrierungspotenzial von Zuchtmuscheln. Innerhalb der von der Kommission gesetzten Frist bemühte sich der AAC, so schnell wie möglich eine entsprechende Fokusgruppe einzuberufen und ein Verfahren für eine dringende schriftliche Konsultation der Arbeitsgruppe „Muschelzucht" einzuleiten, auf die wiederum eine dringende schriftliche Konsultation seines Exekutivausschusses folgte.

2 Rohdaten

Die drei wichtigsten Muschelerzeugnisse in der Europäischen Union sind:

- Austern
- Miesmuscheln
- Venusmuscheln

EUROSTAT gibt an, dass im Jahr 2019 die gemeldete Produktion dieser Erzeugnisse und ihre Vermarktung in der Europäischen Union 580.044 Tonnen betrug, die sich wie folgt verteilen:

Muschelerzeugnisse	Die 2019 in der EU vermarktete Gesamtmenge
Austern	124.357
Miesmuscheln	430.708
Venusmuscheln	24.979
Lebendgewicht gesamt	**580.044**

[1] Filgueira, R., T.Strohmeier et Ø. Stret. (2019). Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation (Regulierungsleistungen von zweischaligen Weichtieren im Zusammenhang mit dem Kohlenstoffkreislauf und Auswirkungen auf die Bewertung von Ökosystemen). In: Goods and services of marine bivalves (A.C. Smaal, J.G. Ferreira, J. Grant, J.K. Petersen and Ø. Strand, Eds.). Cham, Suisse. Springer, p. 231–251.

Von diesen Gesamtmengen, die für jede Erzeugnisgruppe in Lebendgewicht angeben werden, werden die durchschnittlichen Anteile an Muschelfleisch wie unten beschrieben ermittelt, so dass das Gewicht der Schale allein von den Erzeugnissen, die zum menschlichen Verzehr in Verkehr gebracht wurden, abgezogen werden kann:

Muschelerzeugnisse	**Durchschnittlicher Anteil an Muschelfleisch**	**Lebendgewichtmenge**	**Gesamtgewicht Schalen 2019**
Austern	8,5 %[2]	124.357	113.687
Miesmuscheln	25 %[3]	430.708	323.531
Venusmuscheln	14 %[4]	24.979	21.482
Schalen gesamt			**458.700**

Zu dieser Schalenmenge, die bei den Verbrauchern anfällt, muss man die Menge an Schalenabfällen bei der Aufzucht dazurechnen, die im Durchschnitt per Muschelerzeugnis wie folgt geschätzt wird:

Muschelerzeugnisse	**% Abfall**	**Lebendgewichtmenge**	**Abfallmengen 2019**
Austern	25 %	124.357	31.089
Miesmuscheln	20 %	430.708	86.142
Venusmuscheln	4 %	24.979	999
Abfall gesamt			**118.230**

Dabei ist zu beachten, dass dieser Durchschnitt von der Entwicklung der Sterblichkeitsraten abhängt, die sehr groß sein können. Das Schalengewicht der Erzeugnisse, die abgestorben sind, hängt vom Alter ab, in dem der Tod eintritt. Bei Sterblichkeit im Erwachsenenalter und bei Erreichen der Verkaufsgröße ist das Gewicht der Schalenabfälle mehr oder weniger genauso groß wie das Gewicht der Schalen, die lebend vermarktet worden wären. In diesem Fall bleibt das Gesamtgewicht der Schalen gleich. Wenn dagegen Sterblichkeit in einem jüngeren Stadium eintritt, ist das Gewicht der Schalenabfälle deutlich kleiner als das Gewicht, das das gleiche erwachsene und in Verkehr gebrachte Erzeugnis gehabt hätte.

Die untenstehenden Gesamtmengen entsprechen dem Gesamtgewicht der Schalenabfälle in der Aufzuchtphase und dem Gewicht der Schalen der Erzeugnisse, die für den menschlichen Verzehr in Verkehr gebracht wurden. In Anbetracht der Bemerkung im vorherigen Absatz sollten diese Gesamtwerte als maximale Richtwerte für die drei Haupterzeugnisse der europäischen Muschelzucht betrachtet werden.

Muschelerzeugnisse	**Schalenmengen**	**Abfallmengen**	**Gesamtmengen 2019**
Austern	113.687	31.089	144.776
Miesmuscheln	323.531	86.142	409.673
Venusmuscheln	21.482	999	22.481
Gesamt	**458.700**	**118.230**	**576.930**

Über die Kohlenstoffmenge, die in jedem Produkt gebunden wird, lässt sich die Gesamtmenge an Kohlenstoff schätzen, die in Schalen und Schalenabfällen von Zuchtmuscheln in Europa 2019

[2] Branchenvereinbarung über die Bezeichnung von Pazifischen Felsenaustern, verpflichtend durch Erlass von 2021 (Fleischindex einer Auster der Kategorie „Fine": 6,5 %, Fleischindex einer Auster der Kategorie „Spéciale": 10,5 %, hier verwendeter Durchschnitt: 8,5 %) https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044053606

[3] Fleischanteil einer Bouchot-Miesmuschel aus der Bucht des Mont-Saint-Michel AOP – AOP-Lastenheft

[4] Der Fleischanteil schwankt je nach Jahreszeit zwischen 10 % (im Winter, Aufzuchtzeit) und 18 % (im Juni, Fortpflanzungszeit), hier verwendeter Durchschnitt: 14 %

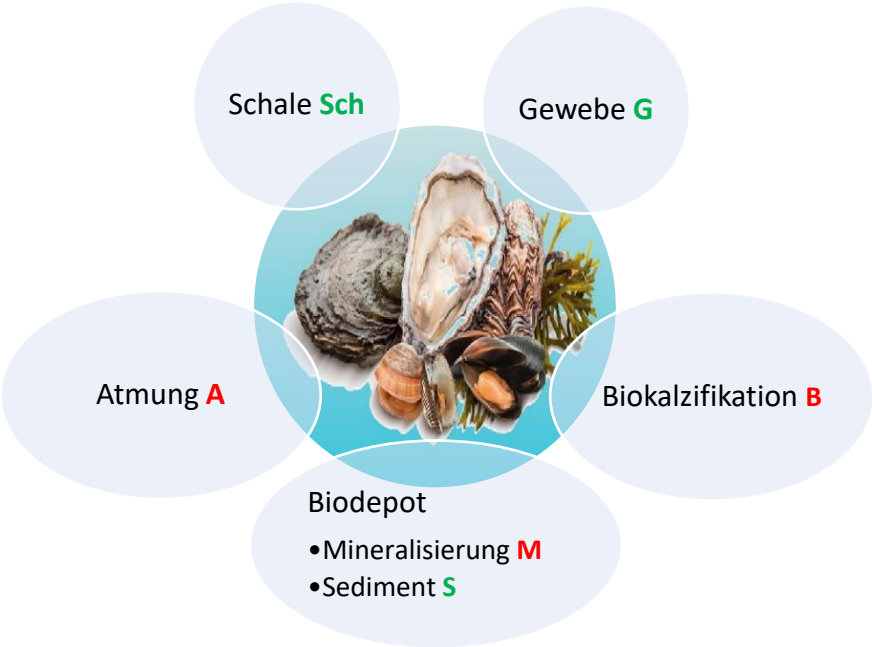
sequestriert wird, also **etwas mehr als 45 000 Tonnen, was bei einer vorsichtigen Annahme von 10 €/t einer CO_2-Emissionsgutschrift von 450 K€/Jahr entspricht:**

Muschelerzeugnisse	Gesamtmengen 2019	% C-Sequestrierung	Gebundener Kohlenstoff gesamt
Austern	144.776	8,3 %[5]	12.016
Miesmuscheln	409.673	7,5 %	30.725
Venusmuscheln	22.481	10,6 %	2.383
Gesamt	**576.930**		**45.124**

3 Diskussion

3.1. Lebenszyklus von Zuchtmuscheln

Während im vorangegangenen Kapitel die Kohlenstoffspeicherung durch die Schalen der wichtigsten europäischen Muschelerzeugnisse erläutert wurde, haben die folgenden Ausführungen die ergänzende Beschreibung des gesamten Lebenszyklus dieser Erzeugnisse zum Ziel. Ohne auf Einzelheiten der wissenschaftlichen Debatten einzugehen, lassen sich verschiedene Phasen darstellen, die in die Berechnung einer Kohlenstoffsequestrierung durch Muscheln eingehen, und zwar über ihre Schale hinaus: Einige binden Kohlenstoff, andere stellen ihn her. **Ziel ist es, den daraus resultierenden Nettowert der Sequestrierung zu berechnen.**



In der wissenschaftlichen Literatur herrscht Uneinigkeit darüber, welche Gleichung zur Berechnung des Kohlenstoffsequestrierungspotenzials (Carbon Sequestration Potential, CSP) herangezogen

[5] Tidal areas – Wadden Sea (oyster and mussel), Dutch coastal zone (Stripped venus clam) – Blue carbon by marine bivalves – Henrice Jensen & Lisanne van den Bogaart – December 2020

werden soll. Die verschiedenen Optionen werden durch Jansen und Van den Bogaart zusammengefasst[6]:

- **CSP = Sch**
- **CSP = Sch - B - A**
- **CSP = Sch – B- 10 %A**
- **CSP = Sch + G + S – B – A - M**

Welche Formel auch immer übernommen wird, die Autoren sind sich einig, dass die Muschelerzeugung eine leichte Kohlenstoffsenke ist[7] [8] oder nahe an der Neutralität [6] liegt und einen Amortisationsfaktor für den Klimawandel darstellt, indem sie die Menge des im Meer gespeicherten Kohlenstoffs erhöht[9] [10] [11] [12], wenn man diese Analyse auf den Ansatz der chemischen Bilanzierung stützt, die in der Literatur fest etabliert ist:

$$Ca^2 + 2HCO_3 \rightleftharpoons CaCO_3 + CO^2 + H_2O$$

3.2. Hinsichtlich des Endes des Lebenszyklus von Zuchtmuscheln festgestellte Probleme

Der oben erwähnte fehlende Konsens hängt mit der Debatte zusammen, ob man nur den stöchiometrischen Ansatz verwenden sollte, um die Kohlenstoffflüsse aus der Kalzifikation zu bewerten. Ein Ansatz, der auf der Bewertung des gesamten Lebenszyklus (LCA) oder dem ökologischen Fußabdruck eines Produkts (PEF) basiert, ermöglicht, den LCA in die Berechnung der biogenen Kohlenstoffflüsse zu integrieren, um die potenzielle Rolle von biologischen Kalzifikationsprozessen bei der Sequestrierung von Kohlenstoff aus dem Meerwasser während der Schalenbildung unter Verwendung von Ad-hoc-Umweltdaten zu erforschen.

[6] Jansen, H., & van den Bogaart, L. (2020). Blue carbon by marine bivalves: Perspective of Carbon sequestration by cultured and wild bivalve stocks in the Dutch coastal areas. (Wageningen Marine Research report; No. C116/20). Wageningen Marine Research

[7] Aubin, J., Fontaine, C., Callier, M., Roque d'orbcastel, E., 2018. Blue mussel (Mytilus edulis) bouchot culture in Mont-St Michel Bay: potential mitigation effects on climate change and eutrophication. Int. J. Life Cycle Assess. 23, 1030–1041

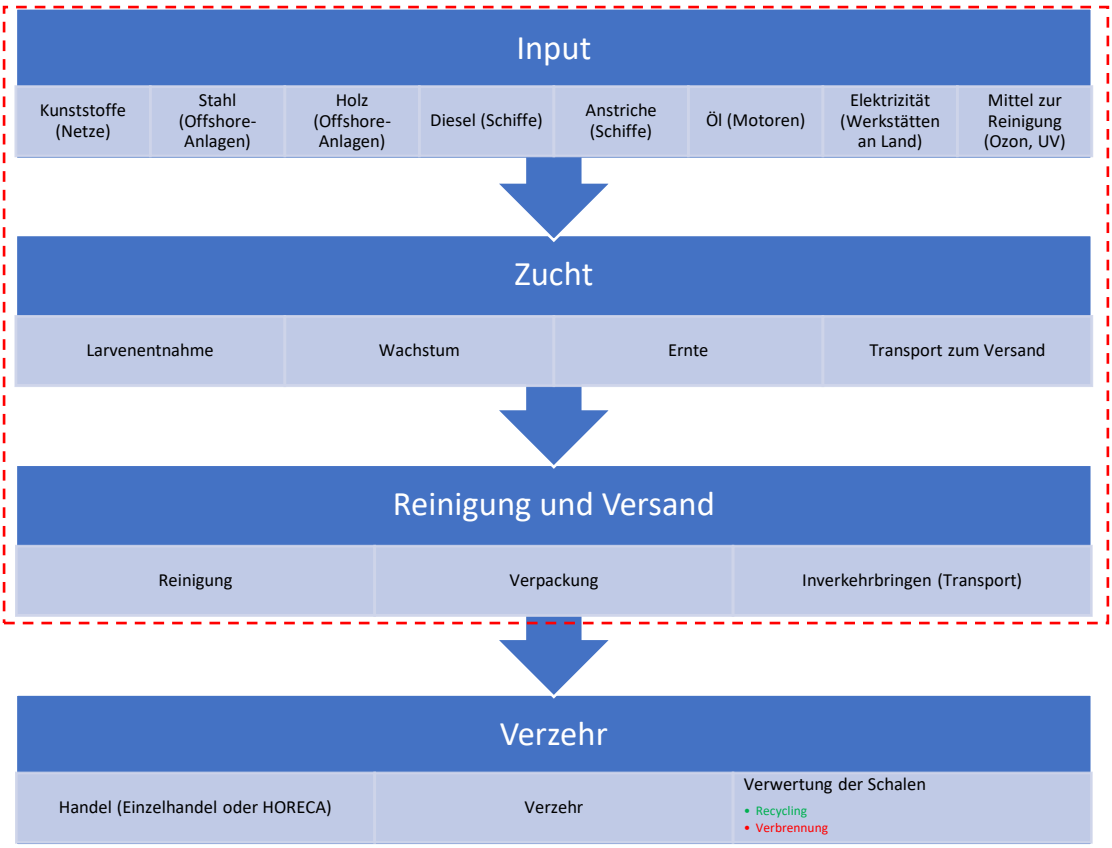
[8] Filgueira, R., Byron, C.J., Comeau, L.A., Costa-Pierce, B., Cranford, P.J., Ferreira, J.G., Grant, J., Guyondet, T., Jansen, H.M., Landry, T., McKindsey, C.W., Petersen, J.K., Reid, G.K., Robinson, S.M.C., Smaal, A., Sonier, R., Strand, Strohmeier, T., 2015. An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon trading system. Mar. Ecol. Prog. Ser. 518, 281–287

[9] Alonso, A.A., Álvarez-Salgado, X.A., Antelo, L.T., 2021. Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy. J. Clean. Prod.

[10] Smaal, A.C., Ferreira, J.G., Grant, J., Petersen, J.K., Strand, Ø., 2019. Goods and Services of Marine Bivalves, Goods and Services of Marine Bivalves. Springer Nature

[11] Suplicy, F.M., 2020. A review of the multiple benefits of mussel farming. Rev. Aquac. 12,204–223.

[12] Zhang, Y.Y., Zhang, J.H., Liang, Y.T., Li, H.M., Li, G., Chen, X., Zhao, P., Jiang, Z.J., Zou, D.H., Liu, X.Y., Liu, J.H., 2017. Carbon sequestration processes and mechanisms in coastal mariculture environments in China. Sci. China Earth Sci. 60, 2097–2107



Die aktuellen Arbeiten von Martini et al.[13] 2022 behandeln den rot umrahmten Teil der untenstehenden Abbildung des Lebenszyklus, d. h. sie analysieren die Aufzuchtphase für sich genommen (A) und die Phasen der Aufzucht und des Versands der Schalentiere (B). Die Verwertung der Schalen, die nach dem Verzehr übrigbleiben (C), wird im folgenden Kapitel erläutert. Die Ergebnisse dieser Studie besagen, dass die CO_2-Emissionen 0,07 - 0,12 kg CO_2-Äquivalente in der Phase A betragen und 0,53 kg CO_2-Äquivalente in der Phase B. Die biogene Kalzifikation fixiert 0,19 bis 0,20 kg CO_2 pro kg Muscheln, die in den Schalen gebunden sind, während gleichzeitig 0,12 kg CO_2 pro kg Muscheln freigesetzt werden. Die gesamten Kohlenstoffflüsse über den gesamten Lebenszyklus entsprechen einer Nettosequestrierung von etwa 0,08 kg CO2 pro kg Muscheln. Die gute Umweltleistung der Muschelzucht wird also bestätigt und der Kohlenstoff aus dem Meerwasser, der in der Muschelschale in Form von Kalziumcarbonat gebunden ist, kann damit als eine kleine Kohlenstoffsenke betrachtet werden. Die bei dieser Studie erhobenen Umweltdaten stützen diese Hypothese.

Die Analyse des Lebenszyklus oder des ökologischen Fußabdrucks ist jedoch eine langwierige, komplexe und kostspielige Methode aus Sicht eines Unternehmens oder eines geografischen Produktionsbereichs. Es ist erforderlich, dass die Durchführung der in dieser Empfehlung erwähnten Arbeiten zur Annahme eines einheitlichen und für jeden Aufzuchttyp validierten Algorithmus führen, um dann jedem Unternehmen oder jeder Unternehmensgruppe oder selbst dem gesamten geografischen Produktionsbereich zu ermöglichen, die eigene Kohlenstoffsequestrierung zu berechnen.

[13] Arianna Martini, Massimo Calì, Fabrizio Capoccioni, Marco Martinoli, Domitilla Pulcini, Luca Buttazzoni, Thomas Moranduzzo, Giacomo Pirlo, Environmental performance and shell formation-related carbon flows for mussel farming systems, Science of The Total Environment, Volume 831, 2022, 154891, ISSN 0048-9697

3.3. Verwertung der Schalen nach dem Verzehr der Erzeugnisse an Land

Die oben erwähnten Forschungsarbeiten enden mit der Versendung der Schalentiere auf den Markt für den menschlichen Verzehr. Somit entzieht sich die Verwertung der Schalen nach dem Verzehr der Kontrolle und den Interventionsmöglichkeiten der Muschelzüchter. Dabei ist dies eine wichtige Etappe, wenn man den vollständigen ökologischen Fußabdruck des Erzeugnisses berechnen will.

Bis heute gibt es in der Europäischen Union kein systematisches und organisiertes Trennsystem für Schalenabfälle. Hier und da findet man lokale Initiativen (während der Sommersaison an bestimmten wichtigen Verkostungsstellen und Sommerdirektverkaufsstellen in Gebieten, die sowohl für den Tourismus als auch für Muscheln wichtig sind wie im französischen Departement Morbihan oder bei festlichen Anlässen wie bestimmten Volksfesten, bei denen der Verzehr von Muschelerzeugnissen aus kulturellen und lokalhistorischen Gründen Tradition ist, wie beim Straßenmarkt in Lille in Frankreich) oder auch ein Pilotprojekt bei der Wertstoffsammlung in Saint-Nazaire, ebenfalls in Frankreich.

Bei fehlender Mülltrennung werden die Schalen, die nach dem Verzehr übrigbleiben, als Abfall behandelt, der verbrannt wird. Der gebundene Kohlenstoff wird damit wieder in die Atmosphäre freigesetzt. Es daher zwingend notwendig, die Mülltrennung zu organisieren, denn die Schalenabfälle, die bei der Aufzucht anfallen, werden bereits auf vielfältige Art und Weise verwertet, so dass der Kohlenstoff dauerhaft gebunden bleibt und eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft begünstigt wird. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit lassen sich die folgenden Verwertungsarten nennen:

- Industrielle Kalkdünger
- Biokalkdünger für den Garten
- Mörtelherstellung
- Betonherstellung
- Öko-Anstrich gegen Hitze in Häusern
- Fahrbahnanstriche für Straßen
- Surfanzüge
- Raumdekoration und Girlanden
- Porzellangegenstände

Das Recycling in Form von Kalkdünger wird bereits in lokalen Industriebetrieben umgesetzt und die Hersteller würden die Produktion gern vergrößern, wenn größere Schalenmengen an geographisch klar definierten Sammelstellen verfügbar wären.

Die massive Nutzung von Schalen kann ebenfalls in Betracht gezogen werden, um natürliche Kalkbänke wieder aufzubauen (Basis der Austernbänke, die vor dem erneuten Ausbringen von Austernlarven und der allmählichen Besiedlung durch lebende Austern wiederhergestellt werden muss), um die Küstenerosion zu bekämpfen und um außergewöhnliche ozeanische Klimaphänomene abzuschwächen, wie es in New York seit vielen Jahren gang und gäbe ist. Gleichzeitig tragen diese Maßnahmen zur Reinigung der umgebenden Küstengewässer bei. Eine weitere originelle Initiative, die in diesem Sinne zu erwähnen ist: Verwandlung der Asche nach dem Tod in ein Austernriff.

4. Empfehlungen

4.1. Für die Sequestrierung von Kohlenstoff durch Zuchtmuscheln

Der Beirat für Aquakultur empfiehlt daher der Kommission:

1. Schaffung einer Gruppe hochrangiger Experten, bestehend aus Sachverständigen aus den Mitgliedsstaaten, anerkannten Wissenschaftlern auf dem Gebiet der Kohlenstoff-Sequestrierung (insbesondere aus Italien und den Niederlanden) und Mitgliedern aus den zwei Kollegien des AAC, die folgende Aufgaben hätte:
    a. Festlegung und Harmonisierung des Standards und Vorschlag von Algorithmen für die Kohlenstoffsequestrierung in Weichtieren während des gesamten Aufzuchtzyklus bis zur Erstvermarktung: nach Art der Aufzucht, einfach und von Unternehmen oder Unternehmensgruppen leicht anzuwenden,
    b. Vorschlag einer Methode zur einfachen und einheitlichen Bewertung des Kohlenstoff-Fußabdrucks über den gesamten Lebenszyklus von Zuchtmuscheln,
    c. Prüfung, ob es sinnvoll ist, das Potenzial wilder Muschelbänke für die Speicherung von Kohlenstoff zu bewerten,
    d. Erwägung, die Kohlenstoffspeicherkapazität von Zooplankton in Muschelzuchtgebieten zu bewerten und zu diesem Zweck einen der vom IPCC verwendeten Algorithmen in einen Copernicus-Dienst zu integrieren, um die Sequestrierung durch Plankton in öffentlichen Muschelzuchtgebieten auf eindeutige und einheitliche Weise zu bewerten.
2. Eine externe Zertifizierung der Daten zur Kohlenstoffsequestrierung, die durch die Verwendung des in 1 genannten Algorithmus gewonnen wurden, für eine umweltbezogene Angabe zu erstellen oder für einen der in 4.2 empfohlenen Zahlungsmechanismen für den entsprechenden Kohlenstoff-Ausgleich.
3. Gemeinsam mit den Mitgliedstaaten und ihren relevanten Gebietskörperschaften die getrennte Sammlung von Schalenabfällen aus dem menschlichen Verzehr zum Zwecke der Verwertung organisieren (Kreislaufwirtschaft).

4.2. Für die Bezahlung von „Blauer Kohlenstoff"-Gutschriften

1. Den Mitgliedstaaten sofort vorschlagen, einen Zahlungsmechanismus in ihr operationelles EMFAF-Programm aufzunehmen, zum Beispiel über die Offene Methode der Koordinierung.
2. Die Möglichkeit eines Mechanismus zur direkten Bezahlung der Ökosystemdienstleistung der Kohlenstoffsequestrierung durch Zuchtmuscheln in Betracht zu ziehen.
3. Die Machbarkeit eines finanztechnischen Mechanismus zu bewerten, mit dem zweifach zertifizierte Emissionsgutschriften einfach und schnell über die Blue-Invest-Plattform bezahlt werden können und der durch Kofinanzierungen gestützt wird:
    a. Option 1: Nationale Finanzierungen, die an das europäische Instrument angelehnt sind, und EMFAF-Anteile der einzelnen Mitgliedsstaaten,
    b. Option 2: des EMFAF unter direkter Verwaltung durch die Europäische Kommission.

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