



Bildnachweis: ROMFISH (links) – Mexillón de Galicia (rechts)

Die Bereitstellung von Ökosystemleistungen durch die europäische Aquakultur

Juni 2021 - (AAC 2021-08)



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | Hintergrund und Erläuterung | 3 |
| 2. | Charakterisierung der in diesem Dokument behandelten Aquakulturformen | 4 |
| 2.1. | Muschelzucht oder Aquakultur zweischaliger Muscheln und Muschelgewässer | 7 |
| 2.2. | Extensive und semi-intensive Fischzucht | 11 |
| 2.2.1. | Fischteichzucht | 12 |
| 2.2.2. | Mündungsgebiete und Lagunen | 13 |
| 3. | Entwicklung des konzeptionellen Rahmens der Ökosystemleistungen | 16 |
| 4. | Sozio-Ökosysteme und ihre Ökosystemleistungen | 22 |
| 4.1. | Aquakultur-Ökosysteme mit extensiver Muschelzucht und ihre Ökosystemleistungen | 26 |
| 4.2. | Formen der Aquakultur in Feuchtgebieten und Fischteichen und ihre Ökosystemleistungen | 34 |
| 4.3. | Ökosystemleistungen der Aquakultur in Flussmündungen und Lagunen | 39 |
| 5. | Schlussfolgerungen | 40 |
| 6. | Empfehlungen | 41 |
| 6.1. | Empfehlungen für die Muschelzucht | 41 |
| 6.1.1. | Maßnahmen, die in die nationalen Aquakulturpläne aufgenommen werden sollten | 41 |
| 6.1.2. | Maßnahmen, die von der Europäischen Kommission umgesetzt werden sollten | 42 |
| 6.2. | Empfehlungen für die Teich-, Lagunen- und Flussmündungs-Aquakultur von Flossenfischen | 44 |
| 6.2.1. | Maßnahmen, die in die nationalen Aquakulturpläne aufgenommen werden sollten | 44 |
| 6.2.2. | Maßnahmen, die von der Europäischen Kommission umgesetzt werden sollten | 44 |

1. Hintergrund und Erläuterung

Mit der Mitteilung der Kommission „Der europäische Grüne Deal“ bekräftigt Europa seine Entschlossenheit, auf die klima- und umweltpolitischen Herausforderungen zu reagieren, die unsere gemeinsame Zukunft prägen werden.

Die globale Erwärmung und der Klimawandel auf der einen Seite und der Verlust der biologischen Vielfalt auf der anderen Seite sind Herausforderungen, auf die wir reagieren müssen, wenn wir eine nachhaltige Zukunft gewährleisten wollen¹.

Im Einklang mit dem Grünen Deal hat die Kommission eine neue Biodiversitätsstrategie für 2030 (COM (2020) 380) mit Maßnahmen und Verpflichtungen, um dem Verlust der biologischen Vielfalt in Europa entgegenzuwirken, sowie die Strategie „Vom Hof auf den Tisch“ (COM (2020) 381) veröffentlicht, die den Übergang zu einem nachhaltigen und gerechten Lebensmittelsystem einleiten soll. Beide Strategien sind durch die Überzeugung miteinander verbunden, dass ein nachhaltiges Lebensmittelsystem die biologische Vielfalt erhalten muss.

In diesem Zusammenhang muss auch die europäische Aquakultur einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der biologischen Vielfalt leisten, indem sie ihre Ökosystemleistungen verbessert,

¹ Rockström et al. (2009) und Steffen et al. (2011, 2015) warnen, dass der Planet seine sicheren Grenzen für bestimmte biophysikalische Prozesse, den Klimawandel und die Verlustrate der Biodiversität überschritten hat; außerdem beklagen diese Autoren ein biogeochemisches Ungleichgewicht (hauptsächlich im Stickstoff- und Phosphorkreislauf).

Die anderen Bereiche, für die planetarische Grenzen definiert wurden, sind der stratosphärische Ozonabbau, die Versauerung der Ozeane, der globale Süßwasserverbrauch, Landnutzungsänderungen, die atmosphärische Aerosolbelastung und die chemische Verschmutzung (die inzwischen „neue Entitäten“ genannt werden). Obwohl es bei der Bewertung der beiden letztgenannten Grenzwerte noch Unsicherheiten gibt, besteht ein starker Konsens darüber, dass all diese Probleme eng miteinander verbunden sind und es keine Einzellösungen gibt. In jedem Fall ist eine nachhaltige Entwicklung der Welt nur möglich, wenn die Sicherheitsschwellen dieser neun planetaren Prozesse nicht überschritten werden.

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J.A. Foley. (2009). A safe operating space for humanity [Ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit]. *Nature* 461, 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.

Steffen, W., J. Rockström und R. Costanza. (2011). How defining planetary boundaries can transform our approach to growth [Wie die Definition planetarischer Grenzen unser Verständnis von Wachstum verändern kann]. *Solutions* 2 (3), 59–65.

Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. de Vries, C.A. de Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers und S. Sörlin. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet [Planetarische Grenzen: Leitfaden für die menschliche Entwicklung auf einem sich verändernden Planeten]. *Science* 347 (6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.

Lebensräume und Landschaften bewahrt und zu einem wichtigen Teil der nachhaltigen Lebensmittelsysteme der EU wird, die vielfältig sein können und sollten.

Das Ziel dieses Dokuments ist es, die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen zu fördern, zu schützen und aufzuwerten, und die europäische Aquakultur dabei zu unterstützen, diese Leistungen zu erbringen.

Dies schützt auch das Recht der europäischen Bürger auf Nahrung, das die UNO definiert als „das Recht, entweder direkt oder durch finanzielle Käufe Zugang zu quantitativ und qualitativ angemessenen und ausreichenden Nahrungsmitteln zu erhalten, die den kulturellen Traditionen des Volkes entsprechen, dem der Verbraucher angehört, und die ein physisches und mentales, individuelles und kollektives, erfülltes und würdiges Leben frei von Angst gewährleisten“². Im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie wurde dies nicht nur relevanter, sondern auch von größter Bedeutung.

2. Charakterisierung der in diesem Dokument behandelten Aquakulturformen

Genau wie an Land, wo es viele Bauernhöfe und viele Formen der Tierhaltung gibt, gibt es auch in der aquatischen Umwelt viele Arten der Aquakultur und eine Vielzahl von Praktiken mit speziellen Merkmalen.

Der Leitfaden der Europäischen Kommission zur Aquakultur im Kontext des Netzwerks Natura 2000³ beschreibt drei grundlegende Arten von Aquakulturen:

² NNUU. (2002). Wirtschafts- und Sozialrat. Bericht des Sonderberichterstatters der Menschenrechtskommission zum Recht auf Nahrung. Siebenundfünfzigste Sitzung. Punkt 111 (b) der vorläufigen Tagesordnung. A57/156.

³Europäische Kommission–GD Umwelt (2018). Leitfaden zum Thema Aquakultur und Natura 2000. Weitere mögliche Definitionen für diese Formen der Aquakultur finden Sie unter <http://www.fao.org/3/ad002e/AD002E01.htm>, , wo Aquakultursysteme auf der Basis von Futter- und Düngereinsatz klassifiziert werden:

- *Extensive Systeme* sind auf natürliches Futter angewiesen, das ohne absichtliche Zufuhr in Form von Futter oder Düngemitteln produziert wird;
- *Semi-intensive Systeme* nutzen Düngemittel, um natürliches Futter vor Ort im Teich zu produzieren und/oder Futter, das den Fischen gegeben wird, um das natürliche Futter, das im Teich entsteht, zu ergänzen;
- *Intensive Systeme* nutzen Alleinfuttermittel, entweder in feuchter Formulierung oder in Form von getrockneten Pellets, wobei die Fische wenig oder keine Nahrung aus der natürlichen Futterproduktion im Teich erhalten.

Edwards, P. (1990). Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems [Umweltprobleme in integrierten Landwirtschaft-Aquakultur- und abwassergespeisten Fischkultursystemen].

- (a) *extensive Aquakultur*; es gibt keine externe Zufuhr von Futtermitteln; diese Art der Kultur hängt vollständig von natürlichen Prozessen zur Produktion und Versorgung mit Futtermitteln ab;
- (b) *semi-intensive Aquakultur*; es kann zusätzlich zur natürlichen Kapazität etwas Zusatzfutter verwendet werden, um die Fischproduktion zu erhöhen;
- (c) *intensive Kultursysteme*; es besteht eine größere Abhängigkeit von externen Futtermitteln.

Es ist aber auch eine Definition mit ökologischem Ansatz möglich, die sich auf den natürlichen Nährstoffkreislauf bezieht. Auf dieser Grundlage können zwei Hauptarten von Aquakulturen unterschieden werden:

- (a) *Extensive Aquakultur*: die Produktion basiert auf dem für natürliche Ökosysteme typischen Nährstoffkreislauf. Diese funktionieren als offene ökologische Systeme, in denen natürliche und technologische Prozesse untrennbar ineinander greifen. Betriebswirtschaftliche Eingriffe verstärken lediglich die natürlichen Prozesse, um die Produktivität der Zielarten zu erhöhen;
- (b) *Intensive Aquakultur*: Die Produktion hängt nicht vom natürlichen Nährstoffkreislauf ab; sowohl Input- als auch Output-Prozesse werden entscheidend durch betriebswirtschaftliche Eingriffe gesteuert.

Die Anwendung dieser Definitionen auf die Flossenfischzucht macht jedoch deutlich, dass keine von beiden die ökologische Nachhaltigkeit widerspiegelt. Es ist zu betonen, dass durch die Anwendung guter Produktionspraktiken und geeigneter Standorte sowohl die extensive (einschließlich der semi-intensiven) als auch die intensive Flossenfischaquakultur die Kriterien für Nachhaltigkeit erfüllen kann. Daher wird in diesem Dokument nicht die Nachhaltigkeit der Aquakultur bewertet.

Zur Aquakultur gehören auch Wasserpflanzen und Algen, die einen wesentlichen Bestandteil der Biozönose darstellen und wichtige Funktionen wie die Bereitstellung von Sauerstoff, Nahrung und Unterschlupf, die Extraktion von Nährstoffen, die Regulierung von CO₂ und die Stabilisierung der Sedimente in Süß-, Brack- oder Meerwasser übernehmen. Wasserpflanzen und Algen erbringen Ökosystemleistungen, sowohl wenn sie als Zielprodukte gezüchtet werden, als auch wenn sie in verschiedenen integrierten multitrophischen Aquakultursystemen enthalten sind, da sie unter anderem die Abwässer aus intensiven und extensiven Systemen und Aquakultur-Kreislaufsystemen biologisch entgiften.

Einige der von Algen erbrachten Ökosystemleistungen sind in der Algenempfehlung des Beirats für Aquakultur (AAC) detailliert aufgeführt⁴; während einige in diesem Dokument erwähnt werden, weil sie mit verschiedenen Formen der Aquakultur verbunden sind, bezieht sich dieses Dokument zu diesem Zeitpunkt nur auf folgende Formen:

- Zucht zweischaliger Weichtier und
- extensive und semi-intensive Fischzucht, die in Lagunen, Flussmündungen, Teichen und Stauseen betrieben wird.

Da diese Formen der Aquakultur nur geringe Einträge erfordern, wird angenommen, dass ihre negativen Auswirkungen auf die Umwelt und ihr ökologischer Fußabdruck relativ gering und reversibel sind. Das bedeutet jedoch nicht, dass sie keine Auswirkungen haben, die korrigiert oder minimiert werden sollten. Zum Beispiel ist die weit verbreitete Verwendung und das Missmanagement von Kunststoffen in modernen Gesellschaften ein allgemeines Problem, das bei allen Aktivitäten zu finden ist. Diese Probleme sind jedoch nicht das spezifische Thema dieses Dokuments.

Extensive und semi-intensive Fischzucht und Muschelkulturen haben in Europa eine sehr lange Tradition von mehr als zwei Jahrtausenden, und nehmen eine wichtige Rolle in der Gesellschaft ein.

Diese beiden Arten der Aquakultur machen einen großen Teil der Aquakulturproduktion in der EU aus. Die gesamte Aquakulturproduktion der EU-27 belief sich im Jahr 2018 auf 1.167.494 Tonnen Lebendgewicht, davon 650.792 Tonnen Muscheln, 92.723 Tonnen Karpfenfische⁵ und 14.588 Tonnen Flossenfische aus Flussmündungen und Lagunen.

Beide haben eine ähnliche sozioökonomische Komponente, da die Produktion dieser Arten vor allem in Kleinst- und Kleinbetriebe stattfindet, die familiär geprägt und in ihren Gebieten stark verwurzelt sind und auch andere nahrhafte Lebensmittel herstellen, deren regelmäßiger Verzehr für eine gesunde Ernährung empfohlen wird⁶.

⁴ Im Verfahren der endgültigen Genehmigung durch die Expertenkommission.

⁵ EU aquaculture: An economic analysis. [EU-Aquakultur: Eine wirtschaftliche Analyse.] Papier zur maritimen Wirtschaft Nr. 06/2019. Landwirtschafts-, Forstwirtschafts- und Fischereistatistik. Ausgabe 2020, Eurostat.

⁶ Schalentiere und Fische haben ähnliche gesundheitliche Vorteile; beide sind gute Nährstoffquellen (hochwertiges Eiweiß, Mineralien, niedriger Fettgehalt und vor allem ein hoher Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren). In den niederländischen Ernährungsempfehlungen „Wheel of Five“ wird empfohlen, Fisch - mindestens - einmal pro Woche zu essen. Fisch- und Schalentierfett gehört zur Kategorie der mehrfach ungesättigten Fettsäuren, insbesondere der Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure. Es ist wissenschaftlich erwiesen, dass diese Fettsäuren das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen senken und einen günstigen Einfluss auf den Blutdruck haben.

Der niederländische Gesundheitsrat empfiehlt Erwachsenen den Verzehr von durchschnittlich 200 Milligramm Omega-3-Fettsäuren aus Fischen pro Tag. Diese Empfehlung kann durch den Verzehr einer Portion Fisch bzw. Schalentieren pro Woche umgesetzt werden. Fische und Schalentiere enthalten viel tierisches Eiweiß und wichtige B-Vitamine wie B12, die in Pflanzen nicht vorkommen. <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge->

Darüber hinaus ist ein Teil dieser Produktion durch offizielle Qualitäts- und Herkunftssiegel anerkannt und Teil des reichen und vielfältigen gastronomischen Erbes der EU (Mexillón de Galicia, Moules de Bouchot, Cozza di Scardovari, Pohořelický Kapr, Tinca Gobba Dorata del Pinalto di Poirino usw.).

2.1. Muschelzucht oder Aquakultur zweischaliger Muscheln und Muschelgewässer

In der EU gibt es eine umfangreiche Muschelproduktion (hauptsächlich Miesmuscheln, Austern und Venusmuscheln), bei der sich filtrierende, pflanzenfressende Arten nur von erneuerbarem Nährstoffmaterial ernähren, das in der natürlichen Umgebung vorhanden ist. Diese Produktion benötigt kein künstliches Futter, keine Düngemittel, keine tierärztlichen Behandlungen und keine Pestizide. Aus diesem Grund ist die Muschelzucht stark mit ihrer natürlichen Umgebung verbunden.

Im Jahr 2018 entfielen 60 % der Aquakulturproduktion der EU-27 auf Muscheln. Die wichtigsten Muscheln produzierenden Länder sind Spanien, Italien und Frankreich, und die wichtigsten Arten sind Miesmuscheln, Austern und Venusmuscheln.

Spanien ist der größte Produzent von Miesmuscheln, die in im Nordwesten des Landes in Galicien mit Hilfe von Flößen gezüchtet werden. Andere wichtige Muschelproduzenten sind die Niederlande, Frankreich und Irland. Pazifische Schalenaustern werden hauptsächlich in Frankreich (ca. 86 % im Jahr 2018) und Irland produziert. Italien produziert den größten Teil (ca. 78 % im Jahr 2018) der in der EU gezüchteten Japanischen Teppichmuscheln.

Die in der EU entwickelten Methoden der Muschelzucht sind sehr vielfältig und an die lokalen Umweltbedingungen und Traditionen angepasst (Schwimmplattformen, Holzpfähle, Teiche, Bodenkultur, Langleinen usw.), die auch das Wohlergehen der gezüchteten Muscheln schützen. Die gesamte Zucht findet in der natürlichen Umwelt statt und nutzt die in den Gewässern enthaltenen erneuerbaren Nährstoffe auf die effizienteste Weise, da keine Nahrung bereitgestellt wird. Gezüchtete Muscheln leben in niedrigeren trophischen Ebenen und ernähren sich nur durch das Filtern der im Wasser enthaltenen erneuerbaren Nährstoffe. Weil sie für die Produktion von hochwertigem tierischem Eiweiß natürliche Ressourcen nutzt, ist diese Art der Aquakultur sehr energie- und ökoeffizient⁷.

gateway/topic/food-based-dietary-guidelines-europe_en.

A.C. Wright, Y. Fan und G.L. Barker. (2018). Nutritional value and food safety of bivalve molluscan shellfish [Nährwert und Lebensmittelsicherheit von zweischaligen Weichtieren]. *Journal of Shellfish Research* 37 (4), S. 695–708. <https://doi.org/10.2983/035.037.0403>.

⁷ SAPEA. (2017). Foods from the oceans. [Nahrung aus den Ozeanen.] Evidenzbericht Nr. 1. Faktengrundlage für den wissenschaftliche Beratungsmechanismus der Gruppe der wissenschaftlichen Berater. Wissenschaftliche

Die drei wichtigsten Arten der Muschelzucht, die in der EU praktiziert werden, sind Flöße und Langleinen, Gezeitensysteme und die Zucht am Boden:

- (a) Flöße und Langleinen werden in tieferen Gewässern eingesetzt, wobei die Muscheln (hauptsächlich Miesmuscheln) durch den Einsatz von Hängeseilen gezüchtet werden. Die größte Muschelzucht in der EU ist die traditionelle Muschelzucht auf Flößen in den Küstengebieten vor Galicien in Spanien;
- (b) Die Muschelzucht im Gezeitenbereich findet in Gezeitenzonen statt und profitiert so von dem relativ leichten Zugang vom Land aus und der dynamischen physikalischen Umgebung der Schnittstelle zwischen Land und Meer; sie ist eine der älteren, traditionellsten Formen der Aquakultur in der EU. Einige Beispiele für diese Art der Kultur sind Bouchot-Pfähle für die Muschelzucht und das Austernzuchtssystem, bei dem Netzsäcke an Gerüsten befestigt werden;
- (c) Bei der Zucht am Boden werden die Jungtiere auf ein geeignetes Substrat zum Aufwachsen gesetzt oder „umgelagert“. Diese Form der Aquakultur wird oft in flachen Küsten- oder Flussmündungsgebieten praktiziert. Diese Methode ist in Italien bei der Produktion von Venusmuscheln weit verbreitet, und auch in den Niederlanden und Irland hat die Zucht von Muscheln nach diesem System Tradition.

Da es sich bei allen Arten der Muschelzucht um Aktivitäten handelt, die einen geringen Eintrag erfordern, sind ihre negativen Auswirkungen auf die Umwelt und ihr ökologischer Fußabdruck relativ gering und reversibel.

In diesem Sinne vergleichen Hall et al. (2011)⁸ (in groben Maßstäben) die Sektoren der tierischen Lebensmittelproduktion und untersuchen die Umweltauswirkungen der Produktion von einer Tonne tierischen Eiweiß in den einzelnen Systemen (siehe Tabelle 1). Sie kommen zu dem Schluss, dass die Muschelzucht die ökologisch am wenigsten schädlichen tierischen Nahrungsmittel produziert und durch den Entzug von Nährstoffen eine ökologische Dienstleistung erbringt. Muscheln sind eine besonders nahrhafte und ökologisch nachhaltige Option für die Verbraucher.

Stellungnahme Nr. 3/2017.

⁸ Hall, S.J., A. Delaporte, M.J. Phillips, M. Beveridge und M. O’Keefe. (2011). Blue frontiers: Managing the environmental costs of aquaculture [Blaue Grenzen: Management der Umweltkosten der Aquakultur]. Penang, Malaysia: The WorldFish Center.

Tabelle 1. Vergleich bestimmter Nachhaltigkeitsindikatoren für Systeme zur Produktion von tierischem Eiweiß in sehr groben Maßstäben. Quelle: Brummett (2013)⁹.

| | Futtermittelnutzung (kg Futter/kg essbares Gewicht) | Protein- Effizienz (%) | N-Emissionen (kg/Tonne produziertes Eiweiß) | P-Emissionen (kg/Tonne produziertes Eiweiß) | Land (Tonnen essbares Produkt/ha) | Süßwasserverbrauch (m ³ /Tonne) |
|--|---|------------------------------|--|--|--|---|
| Rindfleisch | 31,7 | 5 | 1.200 | 180 | 0,24–0,37 | 15.497 |
| Huhn | 4,2 | 25 | 300 | 40 | 1,00–1,20 | 3.918 |
| Schwein | 10,7 | 13 | 800 | 120 | 0,83–1,10 | 4.856 |
| Flossenfisch (im Durchschnitt)* | 2,3 | 30 | 360 | 48 | 0,15–3,7 | 5.000 |
| Zweischalige Muscheln | kein Futter | kein Futter | -27 | -29 | 0,28–20,00 | 0 |

Anmerkung: Leider wird unter dieser Überschrift nicht zwischen den verschiedenen Arten von Fischproduktionssystemen (extensiv, semi-intensiv und intensiv) unterschieden, die sehr unterschiedliche

Jüngste Studien¹⁰ über den Nährstoff-Fußabdruck und die Ökosystemleistungen der Karpfenproduktion in europäischen Fischteichen bestätigten, dass die Treibhausgas-Emissionsintensität (THG EI) von Karpfenteichen in der EU etwa viermal niedriger ist als die durchschnittliche THG EI des EU-Nutztiersektors (große und kleine Wiederkäuer, Geflügel). Die Karpfenzucht in Fischteichen ist im Gegensatz zu anderen Sektoren der Lebensmittelproduktion sehr nahe an einer „neutralen“ Produktionsweise, wie die in Abb. 1 zitierten Autoren zeigen.

⁹ R. Brummett. (Juni 2013). Growing aquaculture in sustainable ecosystems [Wachsende Aquakultur in nachhaltigen Ökosystemen]. Abteilung Landwirtschaft und Umweltdienste; Weltbank, Ausgabe 5.

Bouwman, A.F., A.H.W. Beusen, C.C. Overbeek, D.P. Bureau, M. Pawlowski und P.M. Gilbert. (2013). Hindcasts and future projections of global inland and coastal nitrogen and phosphorus loads due to finfish aquaculture [Rückberechnungen und Zukunftsprognosen der globalen Stickstoff- und Phosphorbelastung im Binnenland und an den Küsten durch Fischeaquakulturen]. *Reviews in Fisheries Science* 21 (2), S. 112–156.

¹⁰ Roy, K., J. Vrba, S.J. Kaushik und J. Mraz. (2020). Nutrient footprint and ecosystem services of carp production in European fishponds in contrast to EU crop and livestock sectors: European carp production and environment [Nährstoff-Fußabdruck und Ökosystemleistungen der Karpfenproduktion in europäischen Fischteichen im Vergleich zum EU-Pflanzen- und Viehzuchtbereich: Europäische Karpfenproduktion und Umwelt]. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122268. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122268>.

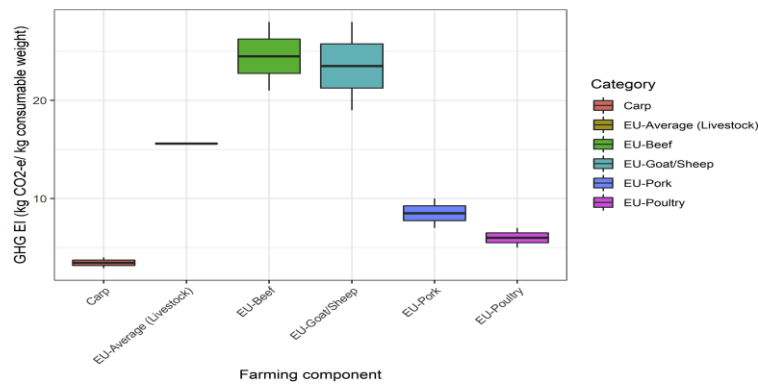


Abb. 1. THG EI (kg CO₂-Äquivalent pro kg Verbrauchsgewicht) der europäischen Nutztierhaltung im Vergleich zur Karpfenzucht (Roy et al., 2020).

Waite et al. (2014)¹¹ verknüpfen die Auswirkungen der Intensität von Aquakultursystemen in Verbindung mit mehreren wichtigen Faktoren (Land, Süßwasser, Futter und Energie) mit ihrer Umweltleistung und zeigen, dass extensive Muschel- und Fischzuchten eine bessere Umweltleistung bieten.

Vor Kurzem haben Hilborn et al. (2018)¹² 148 Auswertungen zur Lebensmittelproduktion tierischen Ursprungs (Praktiken in der Viehzucht, Aquakultur und Fangfischerei) anhand von vier Parametern für die Umweltverträglichkeit (Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen, Nährstofffreisetzung und säurebildende Verbindungen) analysiert und weitere Literatur zum Süßwasserbedarf, Pestizideinsatz und Antibiotikaeinsatz untersucht. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Produktionsmethoden (standardisiert pro Einheit der Eiweißproduktion) mit den geringsten Auswirkungen die kleinteilige Hochseefischerei und die Aquakultur von Muscheln sind: „Obwohl jede Nahrungsmittelproduktion mit Umweltkosten verbunden ist, unterscheiden sich diese stark zwischen den verschiedenen Arten von tierischem Eiweiß. Das tierische Eiweiß mit den geringsten Auswirkungen stammt von Arten, die sich auf natürliche Weise im Meer ernähren und mit geringem Treibstoffbedarf geerntet werden können“.

Im letzten Jahr haben Kim et al. (2020)¹³ die Treibhausgas- (THG) und Wasser-Fußabdrücke verschiedener Ernährungsweisen in 140 Ländern verglichen und kommen zu dem Schluss, dass im

¹¹ Waite, R., M. Beveridge, R. Brummett, N. Chaiyawannakarn, S. Kaushik, R. Mungkung, S. Nawapakpilai und M. Phillips. (2014). Improving productivity and environmental performance of aquaculture. Working Paper, Creating a Sustainable Food Future, Installment Five [Verbesserung von Produktivität und Umweltleistung der Aquakultur. Arbeitspapier, Creating a Sustainable Food Future, Ausgabe 5]. Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.wri.org/research/improving-productivity-and-environmental-performance-aquaculture>.

¹² Hilborn, R., J. Banobi, S.J. Hall, T. Pucylowski und T.E. Walsworth. (2018). The environmental cost of animal source foods [Die Umweltkosten von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs]. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16 (6), 329–335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>.

¹³ Kim, B.F., R.E. Santo, A.P. Scatterday, J.P. Fry, C.M. Synk, S.R. Cebon, M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, S.de Pee,

Vergleich zu einer ausschließlich pflanzlichen (veganen) Ernährung diejenigen Ernährungsweisen, die aus pflanzlichen Lebensmitteln bestehen und mit Tieren am Ende der Nahrungskette (Beutefische, Muscheln, Insekten) ergänzt werden, vergleichsweise kleine THG- und Wasser-Fußabdrücke haben, eine größere Flexibilität bieten und eine gesunde und nachhaltige Ernährung darstellen.

Aufgrund der starken Verbindung zwischen der Muschelaquakultur und der natürlichen Umwelt, in der sie sich entwickelt, erfordert die Muschelzucht die höchste Wasserqualität, um die besten und sichersten Produkte zu liefern. Aus diesem Grund darf gemäß historischen und aktuellen europäischen Wasserverordnungen die Muschelzucht nur in geschützten Gewässern stattfinden¹⁴. Die Fläche der Muschelgewässer in der EU beträgt mehr als 1.000 km² (Quelle: European Molluscs Producers Association), und die Staaten sind verpflichtet, ein Register dieser Gewässer als besondere Schutzgebiete zu führen, spezifische Umweltziele für diese Gebiete zu definieren, die Einhaltung dieser Ziele zu bewerten und die zur Erreichung dieser Ziele notwendigen Maßnahmen festzulegen.

2.2. Extensive und semi-intensive Fischzucht

Diese Formen der Fischaquakultur werden in verschiedenen Lebensraumtypen in der EU entwickelt, fungieren jedoch in allen Fällen als Pflanzenkläranlagen. Nach der Definition des Übereinkommens über Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung (Ramsar-Konvention), gehören zu den Feuchtgebieten Seen und Flüsse, Sümpfe und Marschen, Feuchtgrünland und Torfgebiete, Oasen, Flussmündungen, Deltas und Wattenmeere, küstennahe Meeresgebiete, Mangroven und Korallenriffe sowie vom Menschen geschaffene Anlagen wie Fischteiche, Reisfelder, Stauseen und Salinen: „Als integraler Bestandteil des Wasserkreislaufs gehören Feuchtgebiete zu den produktivsten Ökosystemen der Erde und sind von großer wirtschaftlicher und kultureller Bedeutung für die Menschheit“¹⁵.

Aus ökologischer Sicht gibt es keinen wesentlichen Unterschied zwischen extensiven und semi-intensiven Aquakultursystemen, da beide auf natürlichen Prozessen beruhen. Nach der traditionellen, produktionsorientierten Definition wird jedoch bei der semi-intensiven Aquakultur die natürliche

M.W. Bloem, R.A. Neff und K.E. Nachman. (2020). Country-specific dietary shifts to mitigate climate and water crisis [Länderspezifische Ernährungsumstellungen zur Abmilderung der Klima- und Wasserkrise]. *Global Environmental Change* 62, 101926. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.010>.

¹⁴ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. AAC-Empfehlung zum besonderen Schutz der Wasserqualität von Muscheln 30/10/2019.

¹⁵ Shine, C. und C. de Klemm. (1999). *Wetlands, water and the law: Using law to advance wetland conservation and wise use* [Feuchtgebiete, Wasser und das Gesetz: Die Anwendung von Gesetzen zur Förderung des Schutzes und der sinnvollen Nutzung von Feuchtgebieten]. Gland, Schweiz: Weltnaturschutzunion (IUCN).

Nahrung durch Futtermittel ergänzt, die normalerweise mit lokalem Getreide und landwirtschaftlichen Nebenprodukten zubereitet werden und die Aufnahme von natürlichen Nahrungsmitteln ergänzen. Diese Form der Fischzucht erfordern einen geringen Eintrag, sind stark mit der natürlichen Umwelt verbunden oder integriert, haben eine geringe Auswirkung und erzeugen positive Effekte auf das Ökosystem.

2.2.1. Fischteichzucht

Die Binnenfischzucht, die typischerweise in Süßwasser unter Verwendung von Erdteichen (naturnahe Systeme) praktiziert wird, ist in den meisten Ländern die am weitesten verbreitete Form¹⁶. Das verkaufte Gesamtvolumen der Süßwasser-Aquakulturen mit Flossenfischen in den EU-27 betrug 268.300 Tonnen im Jahr 2018 und generierte einen Wert von 812,4 Millionen Euro, wobei Forellen (58,3 %) und Karpfen (23,4 %) die wichtigsten Arten darstellen. Italien hat mit 13 % des Volumens und 12 % des Wertes den größten Anteil an der EU-Süßwasserproduktion. Weitere wichtige Produzenten sind Dänemark, Frankreich und Spanien, die für 11 %, 9 % bzw. 6 % der gesamten EU-Produktionsmenge verantwortlich sind¹⁷. Die traditionelle Karpfenteichzucht konzentriert sich in den mittel- und osteuropäischen Ländern. Die Hauptproduzenten sind Polen (28 %), Tschechien (25 %), Ungarn (15 %), Bulgarien (6 %), Deutschland (6 %) und Rumänien (6 %)¹⁸.

Ein Fischteich ist per Definition eine von Menschenhand geschaffene Struktur, die durch Teichmönche (ein hoher Kasten mit zwei Seiten, einer Rückseite, einer aus Holzbrettern gebildeten Vorderseite und einem Boden, wobei jede Seite zwei Schlitze hat, um zwei Reihen von Holzbrettern zu halten, die dazu dienen, die in den Teich eintretende und aus ihm austretende Wassermenge zu kontrollieren) oder andere hydrotechnische Strukturen vollständig gefüllt und entleert werden kann. Diese Systeme ahmen natürliche Ökosysteme nach und können daher als naturnah bezeichnet werden. Die Größe von Fischteichen variiert stark. In Mittel- und Osteuropa sind sie im Durchschnitt etwa 25-300 ha groß. Es

¹⁶ Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO). (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 - Meeting the Sustainable Development Goals [Der Zustand der weltweiten Fischerei und Aquakultur 2018 - Erfüllung der Ziele für nachhaltige Entwicklung]. Rom: FAO.

¹⁷ Wissenschafts-, Technik und Wirtschaftsausschuss für die Fischerei (STECF). (2018). Wirtschaftsbericht des EU-Aquakultursektors (STECF-18-19). Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://doi.org/10.2760/45076>.

¹⁸ FAO. (2020) Fishery and aquaculture statistics. Global aquaculture production 1950-2018 [Fischerei- und Aquakulturstatistiken. Globale Aquakulturproduktion 1950-2018] (FishstatJ). (2020). Rom: FAO Bereich Fischereisektor. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en.

gibt zwei typische Formen: Stauteiche in hügeligen Gebieten und eingedeichte Teiche, hauptsächlich in flachen Gebieten. Die Teichwirtschaft wird typischerweise in Polykultur betrieben, wobei der gemeine Karpfen in Kombination mit anderen Fischarten der gleichen Altersklasse (Silberkarpfen, Graskarpfen, Europäischer Wels, Zander und Hecht usw.) produziert wird. Das zentrale Element in der Teichproduktion ist der gemeine Karpfen. Die Teichwirtschaft wird entweder extensiv oder semi-intensiv betrieben. In der semi-intensiven Haltung werden die natürlichen Nahrungsquellen - überwiegend Zooplankton - durch Getreide und Zufütterung von pflanzlichen Futtermitteln mit hohem Eiweißgehalt (z. B. ölhaltige Sonnenblumenkerne, Lupinen, Erbsen) ergänzt. Je nach Betriebsart variiert das Verhältnis zwischen den Erträgen aus natürlichen Nahrungsquellen und aus der Fütterung bei den Farmen erheblich.

Wie das Europäische Parlament in seiner Entschließung „Aktueller Stand und künftige Herausforderungen bei der Entwicklung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen europäischen Aquakulturbranche“ vom Juni 2018 betont hat, stellt die Süßwasser-Aquakultur immer noch eine unzureichend erforschte Möglichkeit zur Verbesserung der Ernährungssicherheit und zur Entwicklung des ländlichen Raums dar¹⁹. Andererseits ist der Verlust der biologischen Vielfalt neben dem Klimawandel eine der kritischsten Umweltbedrohungen und mit diesem untrennbar verbunden. Der jüngste Bericht der Zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystem-Dienstleistungen (Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - IPBES)²⁰ kam zu dem Schluss, dass „Fluss- und Seesysteme oft küstennahe Feuchtgebiete erhalten, die Hotspots der biologischen Produktion und Vielfalt im Landschaftsmosaik sind. Daher leisten Süßwasserlebensräume einen wichtigen Beitrag zu grünen Korridoren und Netzwerken“.

2.2.2. Mündungsgebiete und Lagunen

Die Lagunenkultur ist ein traditionelles küstennahes Aquakultursystem, das seinen Ursprung im Mittelmeer hat und küstennahe Lagunen nutzt, um wandernde Fischbrut zu fangen und für den menschlichen Verzehr zu züchten. Extensive Fischzucht ist eine traditionelle Tätigkeit in einigen

¹⁹ Europäisches Parlament. (12. Juni 2018). Entschließung des Europäischen Parlaments vom 12. Juni 2018 zum aktuellen Stand und die künftigen Herausforderungen bei der Entwicklung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen europäischen Aquakulturbranche (2017/2118(INI)). Brüssel. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0248_DE.html.

²⁰ M. Rounsevell, M. Fischer, A. Torre-Marín Rando, & A. Mader, Eds. (2018). Regionaler Sachstandsbericht über Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen für Europa und Zentralasien. Bonn, Deutschland: Sekretariat der Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Salzwiesengebieten in Europa, wo Zuchtbetriebe durch ein angemessenes Management des Wasserzuflusses mit den Gezeiten eine natürliche Rekrutierung von Fischbrut erreichen können. Für die Zwecke dieses Dokuments umfasst der Oberbegriff „Lagune“ alle Typologien: echte Lagunen, Küstenseen und -teiche, *sacche* (Buchten), Deltagebiete und *valli*.

„Im Mittelmeerraum gibt es etwa 400 Küstenlagunen mit einer Fläche von über 641.000 ha, die sich sowohl in ihrer Typologie als auch in ihrer Nutzung unterscheiden. Fischerei und verschiedene Formen der Aquakultur werden in den Küstenlagunen des Mittelmeers seit der Antike traditionell betrieben und sind Teil des kulturellen Erbes der Region. Traditionelles Lagunenmanagement in Verbindung mit extensiver Aquakultur und Fischfang hat im Laufe der Zeit sicherlich dazu beigetragen, diese besonderen Ökosysteme zu erhalten, obwohl ein großer Teil der Küstenlagunen durch Landgewinnung und andere Nutzungen nach und nach verschwunden ist.“²¹

Die berühmtesten Lagunen des Mittelmeers sind die Valli, die in der nördlichen Adria in den Regionen Friaul-Julisch Venetien, Venetien und Emilia Romagna zu finden und durch Erddämme, Schleusentore, interne Kanalisierung, Becken zum Sammeln und Überwintern von Fischen und Fischbarrieren gekennzeichnet sind. *Vallicultura* bezeichnet das traditionelle Bewirtschaftungsmodell in den Valli der nördlichen Adria, das auf hydraulischer Bewirtschaftung, Ausbaggern, Aufwertung der Fischerei durch Besatz und Fischfang basiert und von den Etruskern im sechsten Jahrhundert v. Chr. vor allem in den Flussmündungsgebieten von Po und Etsch entwickelt wurde.

Im 19. Jahrhundert gingen als Folge der Landgewinnung durch die Landwirtschaft, die im Zusammenhang mit der industriellen Revolution und dem Prozess der Urbanisierung als profitabler angesehen wurde als Fischerei und Aquakultur, Lagunengebiete und viele Süßwasserteiche verloren. Viele Lagunengebiete wurden über Jahrhunderte durch traditionelles Management auf lokaler Ebene erhalten, wodurch nicht nur die wirtschaftlichen Aktivitäten, sondern auch die biologische Vielfalt gesichert wurden.

Auch wenn die Lagunenforschung recht neu ist, wurden in den letzten Jahren stetige Fortschritte gemacht und das Verständnis ihrer ökologischen Komplexität immer mehr verfeinert. Schlüsselfaktoren für die Nachhaltigkeit von Lagunen sind Algen und Seegräser, die für das Funktionieren des Ökosystems, für die Bereitstellung eines funktionalen Lebensraums und für biogeochemische Prozesse eine wichtige Rolle spielen. Seegräser und Algen sind eine wichtige Biomassequelle für die Herstellung von Papier,

²¹ Cataudella S., D. Crosetti und F. Massa, Eds. (2015) Mediterranean coastal lagoons: Sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and the environment. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean [Küstenlagunen im Mittelmeer: Nachhaltiges Management und Wechselwirkungen zwischen Aquakultur, Fischerei und Umwelt. Studien und Berichte. Allgemeine Fischereikommission für das Mittelmeer]. Nr. 95. Rom: FAO.

Dünger für die Landwirtschaft sowie für die chemische und pharmazeutische Industrie. Lagunen sind auch reich an Lebensgemeinschaften auf dem Meeresboden (Phytobenthos und Zoobenthos), die verschiedenen Fischarten und Schalentieren geeignete Fortpflanzungs-, Nahrungs- und Wachstumsgebiete bieten und gleichzeitig Hunderte von Vogelarten anziehen.

Die handwerkliche Fischerei und die Aquakultur haben in diesen Ökosystemen eine jahrtausendealte Tradition und sind bereits Teil der Mechanismen der Ökosystemleistungen; sie sollten daher als Managementmodell in den Lagunen genutzt werden. Viele unterschiedliche Betriebspraktiken wurden auf traditionelle Weise beibehalten oder haben sich zu einem multifunktionalen Ansatz entwickelt, der Fischerei und Aquakultur mit Tourismus, Naturschutz und Freizeitaktivitäten verbindet und alle Interessengruppen, insbesondere die Fischer und Aquakulturbetriebe, einbezieht. Diese traditionellen Ansätze haben die ökologische Integrität der Küstenlagunen erhalten oder wiederhergestellt, und erlauben es den Lagunenökosystemen, ökologische Dienstleistungen zu erbringen. Man kann daraus schlussfolgern, dass die Fischproduktion in jeder Art von Lagunengebiet in Italien, Spanien, Frankreich oder Griechenland historisch zur Erhaltung dieser naturnahen Umgebungen beigetragen hat.

3. Entwicklung des konzeptionellen Rahmens der Ökosystemleistungen

Das Konzept, dass die Natur Dienstleistungen erbringt, nahm schon in den 1960er und 1970er Jahren Gestalt an, noch bevor festgestellt wurde, dass sich die natürliche Umwelt zunehmend und stark verschlechtert. In den frühen 1980er Jahren wurde der Begriff „Ökosystemleistungen“²² geprägt, um die enge Beziehung und gegenseitige Abhängigkeit zu betonen, die zwischen dem menschlichen Wohlbefinden und dem Wohlbefinden der natürlichen Ökosysteme besteht.

Im Laufe der Jahre hat sich dieses Konzept weiterentwickelt und wurde durch verschiedene Wissenschaftsdisziplinen, insbesondere die Wirtschaftswissenschaften, bereichert. So haben verschiedene Autoren versucht, den Wert oder die Bedeutung der Leistungen, die die Natur für den Menschen erbringt, auf einer monetären Basis zu quantifizieren, um ein Instrument zu schaffen, das eine bessere Entscheidungsfindung auf der Suche nach einer wirklich nachhaltigen Entwicklung ermöglicht. Dies hat nach Ansicht mehrerer Denker diese Leistungen zu bloßen Waren gemacht, was im Kampf für den Erhalt der Biodiversität kontraproduktiv sein kann²³. Angesichts dieser Kritik entstehen neue Ansätze, den „Wert“ und nicht den Preis der Natur zu bestimmen²⁴.

²² Ehrlich, P.R. und A. Ehrlich. (1981). *Extinction: The causes and consequences of the disappearance of species*. [Aussterben: Ursachen und Folgen der Auslöschung von Arten] New York: Random House.

²³ Gómez-Baggethun, E., R.S. de Groot, P.L. Lomas und C. Montes. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes [Die Geschichte der Ökosystemleistungen in der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie und Praxis: Von frühen Begriffen zu Märkten und Zahlungssystemen]. *Ecological Economics* 69 (6), S. 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>.

Braat, L.C. und R.S. de Groot. (2012). The ecosystem services agenda: Bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy [Die Agenda der Ökosystemleistungen: Ein Brückenschlag zwischen Naturwissenschaft und Ökonomie, Naturschutz und Entwicklung sowie öffentlicher und privater Politik]. *Ecosystem Services* 1, S. 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>.

²⁴ Sander, J., N. Dendoncker, B. Martín-López, D.N. Barton, E. Gomez-Baggethun, F. Boeraeve, F.L. McGrath L., K. Vierikko, D. Geneletti, K.J. Sevecke, N. Pipart, E. Primmer, P. Mederly, S. Schmidt, A. Aragão, H. Baral, R.D. Bark, T. Briceno, D. Brogna, P. Cabral, R. De Vreese, C. Liqueste, H. Mueller, K.S.-H. Peh, A. Phelan, und A. Rincón Ruíz. (2016). A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions [Eine neue Bewertungsschule: Die Integration verschiedener Werte der Natur in Ressourcen- und Landnutzungsentscheidungen]. *Ecosystem Services* 22, Teil B: S. 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.007>.

Sukhedeve, P., H. Wittmer und D. Miller. (2014). The economics of ecosystems and biodiversity (TEEB): Challenges and responses. [Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität (TEEB)], in: *Nature in the balance: The economics of biodiversity* (D. Helm and C. Hepburn, Hg.). Oxford: Oxford University Press, S. 135–150.

Spangenberg, J.H. und J. Settele (2010). Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services [Genau genommen falsch? Die Monetarisierung des Wertes von Ökosystemleistungen]. *Ecological Complexity* 7 (3), S. 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.007>.

Um die Entwicklung dieses Konzepts zu veranschaulichen, zeigt Tabelle 2 einige der am häufigsten verwendeten Definitionen von „Ökosystemleistungen“. Gegenwärtig gilt der Begriff der Ökosystemleistungen als ein nützliches Instrument, das Behörden einen effektiven Rahmen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung bietet, die den Erhalt der natürlichen Biodiversität einschließt.

Tabelle 2. Einige Definitionen von Ökosystemleistungen.

Die Definition des Begriffs „Ökosystemleistungen“ hat sich in verschiedenen Publikationen immer weiter entwickelt, in denen die ökologische Grundlage oder der wirtschaftliche Nutzen unterschiedlich stark berücksichtigt wurden:

- Ökosystemfunktionen sind „die Fähigkeit von natürlichen Prozessen und Komponenten, Güter und Dienstleistungen bereitzustellen, die direkt oder indirekt menschliche Bedürfnisse befriedigen“ – De Groot, 1992
- Ökosystemleistungen sind die Bedingungen und Prozesse, durch die natürliche Ökosysteme und die Arten, aus denen sie bestehen, das menschliche Leben erhalten und erfüllen – Daily, 1997.
- Ökosystemleistungen sind der Nutzen, den die menschliche Bevölkerung direkt oder indirekt aus den Ökosystemfunktionen zieht – Costanza et al., 1997.
- Ökosystemleistungen sind der Nutzen, den Menschen aus Ökosystemen ziehen – Millennium Ecosystem Assessment, 2003, 2005.
- Ökosystemleistungen sind Bestandteile der Natur, die direkt genossen, konsumiert oder genutzt werden, um menschliches Wohlbefinden zu erzeugen – Boyd und Banzhaf, 2007.
- Ökosystemleistungen sind die Aspekte von Ökosystemen, die (aktiv oder passiv) genutzt werden, um menschliches Wohlbefinden zu erzeugen – Fisher et al., 2009.
- Ökosystemleistungen sind die direkten und indirekten Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlbefinden – TEEB Foundations, 2010.
- Ökosystemleistungen sind die Beiträge, die Ökosysteme zum menschlichen Wohlbefinden leisten. Diese Definition unterscheidet zwischen den Gütern und dem Nutzen, den die Menschen anschließend aus ihnen ziehen. Diese Beiträge werden im Sinne von „was Ökosysteme für den Menschen tun“ formuliert – CICES, 2012.
- Ökosystemleistungen: die Beiträge von Ökosystemen zum Nutzen wirtschaftlicher, sozialer, kultureller und anderer menschlicher Aktivitäten (basierend auf TEEB, 2010 und SEEA-EEA, 2012). Die Begriffe „Ökosystemgüter und –leistungen“, „finale Ökosystemleistungen“ und „Beiträge der Natur für den Menschen“ gelten als Synonyme für Ökosystemleistungen – SWD (2019) 305 Teil 1/3

Ein Schlüsselmoment, an dem das Konzept endgültig auf die öffentliche Agenda gesetzt wurde, war zu Beginn dieses Jahrhunderts die von den Vereinten Nationen geförderte Initiative, die als Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) bekannt ist. Nach mehr als 10 Jahren haben zahlreiche Initiativen das Wissen über Ökosystemleistungen vorangetrieben und Instrumenten auf der Grundlage von Ökosystemleistungen entwickelt, die Mechanismen zur Korrektur des Biodiversitätsverlustes

ermöglichen. Besonders hervorzuheben sind die TEEB-Initiative im Jahr 2010 (eine globale Initiative zur Untersuchung der Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität) und seit 2012 die Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).

In der EU wird dieser konzeptionelle Rahmen inzwischen verstärkt übernommen und in immer mehr Bereich der Gemeinschaftspolitik integriert²⁵. Im Jahr 2011 betonte die Europäische Kommission mit der Verabschiedung der Biodiversitätsstrategie bis 2020 zum ersten Mal den immensen Wert der Ökosystemleistungen und die dringende Notwendigkeit, diese zum Nutzen von Natur und Gesellschaft zu erhalten und wiederherzustellen. Als Teil dieser Strategie wurden das Europäische Informationssystem für Biodiversität (BISE), das System der europäischen Biodiversitätsindikatoren (SEBI) und die Kartierung und Bewertung von Ökosystemen und ihren Leistungen (MAES) geschaffen²⁶.

Genauso wenig wie eine Definition gibt es bei den Ökosystemleistungen eine einheitliche Klassifizierung. Die am weitesten verbreitete Kategorisierung stammt von der MEA (2005), in der Ökosystemleistungen in vier Kategorien eingeteilt werden: Bereitstellung, Regulierung, Kultur und Aufrechterhaltung.

- *Bereitstellende Dienstleistungen* sind die Produkte, die wir aus den Ökosystemen beziehen (Nahrung, Frischwasser, Fasern, Holz, etc.);
- *Regulierende Dienstleistungen* sind die Vorteile, die wir durch die Regulierung von Ökosystemprozessen erhalten (Klimaregulierung, Bestäubung von Pflanzen, Krankheitsbekämpfung usw.);
- *Kulturelle Dienstleistungen* sind die immateriellen Vorteile, die wir aus Ökosystemen durch spirituelle Bereicherung, kognitive Entwicklung, Reflexion, Erholung und ästhetische Erfahrungen ziehen;

²⁵ Bouwma et al. (2018) analysieren, wie dieses Konzept in der EU-Politik Einzug gehalten hat. Bouwma, I., C. Schleyer, E. Primmer, K.J. Winkler, P. Berry, J. Young, E. Carmen, J. Špulerová, P. Bezák, E. Preda und A. Vădineanu. (2018). Adoption of the ecosystem services concept in EU policies (Übernahme des Konzepts der Ökosystemleistungen in die EU-Politik). *Ecosystem Services* 29, Teil B, S. 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.014>.

Ein weiterer Meilenstein, der die klare Übernahme dieses konzeptionellen Rahmens in der EU zeigt, ist die jüngste Veröffentlichung des Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen „EU Guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making“ [EU-Leitlinien für die Einbeziehung von Ökosystemen und ihren Leistungen in Entscheidungsprozesse] (SWD(2019) 305 final).

²⁶ Maes, J., B. Egoh, L. Willemsen, C. Liqueste, P. Vihervaara, J.P. Schägner; B. Grizzetti, E.G. Drakou, A. La Torre, G. Zulian, F. Bouraoui, M.L. Paracchini, L. Braat und G. Bidoglio (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union [Kartierung von Ökosystemleistungen für die Unterstützung der Politik und Entscheidungsfindung in der Europäischen Union]. *Ecosystem Services* 1, S. 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>.

- *Aufrechterhaltende Dienstleistungen* sind jene, die für die Produktion der oben genannten Ökosystemleistungen notwendig sind (Bereitstellung von Lebensräumen für Pflanzen und Tiere oder Ermöglichung der Artenvielfalt und Erhaltung der genetischen Vielfalt).

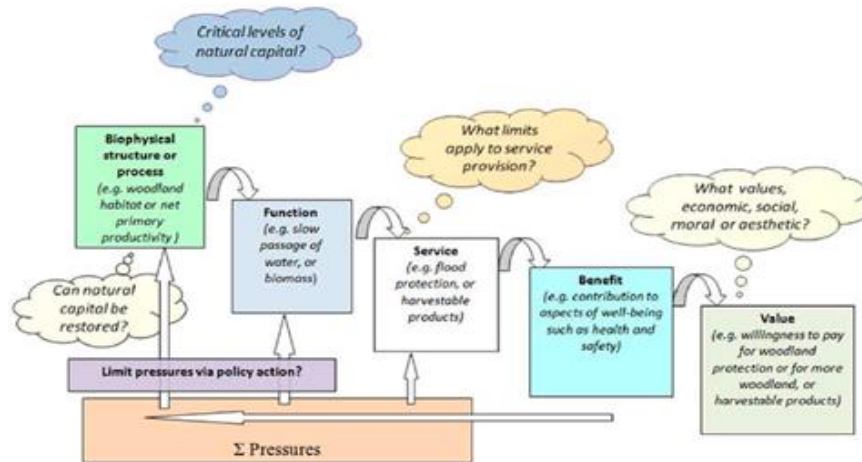
TEEB, IPBES und andere Institutionen haben später neue Klassifikationen für Ökosystemleistungen vorgeschlagen, die gewisse Unterschiede zum MEA aufweisen. Dank der Arbeit der Europäischen Umweltagentur zur Ökobilanzierung konnte die Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)²⁷ entwickelt werden. Aus Sicht der Ökobilanzierung werden intermediäre Ökosystemleistungen (solche, die einen indirekten Nutzen aufweisen) und finale Ökosystemleistungen (solche, die einen direkten Nutzen aufweisen) unterschieden. Der Logik der CICES folgend, sind die aufrechterhaltenden Dienstleistungen (intermediäre Ökosystemleistungen) Hilfsmittel für andere Leistungen, so dass intermediäre Ökosystemleistungen nicht in die Bewertungssysteme einbezogen werden sollten, um das Problem der Doppelzählung zu vermeiden. Außerdem ist zu beachten, dass Lebensräume und Tiere selbst, die im TEEB-Kategorisierungssystem in einer eigenen Kategorie namens „Habitat-Dienstleistungen“ zusammengefasst sind, bei CICES nicht als Ökosystemleistungen eingestuft werden. Stattdessen dienen sie dort als ökologische Indikatoren, die den Zustand eines Ökosystems und seine Dienstleistungsfähigkeiten anzeigen.

CICES verwendet das Kaskaden-Modell von Potschin und Haines-Young, bei dem die Klassifizierung auf menschlichen Interessen basiert und eine klare Struktur bietet, mit der die Folgen des Ökosystemmanagements auf das Wohlbefinden der Menschheit analysiert werden können.

Potschin und Haines-Young (2011)²⁸ leisteten einen wichtigen Beitrag zur Konzeptualisierung von Ökosystemleistungen aus der Perspektive der Geographie. Ihr Kaskaden-Modell integriert die Umwelt in das sozioökonomische System und stellt über die finalen Ökosystemleistungen eine Verbindung zwischen den Strukturen, Prozessen und Funktionen der Ökosysteme und dem menschlichen Wohlbefinden her. Das letzte Glied in dieser Kaskade ist der Wert oder die Bedeutung, die der Mensch dem Nutzen beimisst, den uns die Ökosysteme bieten.

²⁷ Haines-Young, R. und M. Potschin (2018). Common International Classification of Ecosystem Services [Gemeinsame internationale Klassifikation der Ökosystemleistungen] (CICES) V5.1: Guidance on the Application of the Revised Structure [Leitfaden für die Anwendung der überarbeiteten Struktur].

²⁸ Potschin, M.B. und R.H. Haines-Young (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective [Ökosystemleistungen: einer geografische Perspektive]. *Progress in Physical Geography* 35 (5), S. 575–594. <https://doi.org/10.1177%2F0309133311423172>.



Zusammenfassend unterteilt die CICES-Klassifikation die von Ökosystemen erbrachten Leistungen in drei Kategorien: bereitstellende, regulierende und kulturelle Dienstleistungen.

- *Bereitstellende Dienstleistungen* beziehen sich auf die Fähigkeit von Ökosystemen, uns mit Nährstoffen, Materialien und Energie zu versorgen.
- *Regulierende und aufrechterhaltende Dienstleistungen* umfassen die Beseitigung von Abfällen, toxischen Stoffen und anderen Materialien, die Regulierung von Abflüssen sowie Dienstleistungen, die mit der Aufrechterhaltung von physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen zu tun haben.
- *Kulturelle Dienstleistungen* entsprechen der körperlichen Begegnung und intellektuellen Auseinandersetzung mit der Umwelt sowie spirituellen und symbolischen Formen der Interaktion.

Ein weiteres Prinzip des CICES ist, dass Ökosystemleistungen nicht nur von natürlichen Ökosystemen, sondern auch von naturnahen und stark veränderten Ökosystemen erbracht werden. Ökosysteme, an denen der Mensch einen ausgeprägten Anteil hat, sind von den Ökosystemressourcen abhängig, die von der Natur bereitgestellt werden, tragen aber gleichzeitig, wenn sie richtig bewirtschaftet werden, mit einer positiven Bilanz zur Erzeugung von Ökosystemressourcen bei.

Das heißt, es wird anerkannt, dass bestimmte menschliche Tätigkeiten, die unter Umweltgesichtspunkten gut betrieben werden, Ökosysteme und Landschaften schaffen, die die biologische Vielfalt und die in einem bestimmten Gebiet verfügbaren Ökosystemleistungen bereichern.

Das konzeptionelle System der Ökosystemleistungen sowie die verschiedenen entwickelten und standardisierten Instrumente sind für die Bewertung und Analyse menschlicher Praktiken und „menschlicher Ökosysteme“ entscheidend und können sicherstellen, dass beide zum Erhalt der Biodiversität beitragen und so das menschliche Wohlbefinden begünstigen oder idealerweise garantieren.

4. Sozio-Ökosysteme und ihre Ökosystemleistungen

Eine erste wichtige Frage bei der Untersuchung und Bewertung von Ökosystemleistungen hat mit der Identifizierung von natürlichen Ökosystemen und, im weiteren Sinne, von Sozio-Ökosystemen zu tun. Was letztere betrifft, so ist der natürliche Wert bestimmter ökologischer Systeme, die eng mit dem Menschen verbunden sind und von diesem moduliert werden, schon lange bekannt.

Als Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Mensch und Natur entstehen menschengemachte Ökosysteme, die von den Ökosystemleistungen profitieren und ihrerseits den Ökosystemen Nutzen bringen. Diese menschengemachten Ökosysteme, die durch eine harmonische Wechselwirkung zwischen Mensch und Natur entstehen, sind besonders widerstandsfähig, bereichern die Biodiversität und maximieren durch die von ihnen produzierten Ökosystemleistungen den Nutzen für die Gesellschaft.

Das Verständnis, die Anerkennung und die Wertschätzung dieser einzigartigen, auf die Nahrungsmittelproduktion und die Erbringung von Dienstleistungen ausgerichteten Sozio-Ökosysteme, in denen kleine, stark mit dem Gebiet verbundene Familienbetriebe nachhaltige Produktionspraktiken einsetzen, wird dazu beitragen, die Nahrungsmittelsysteme innerhalb sicherer planetarischer Grenzen neu auszurichten und eine gesündere, vielfältigere und gerechtere Ernährung zu ermöglichen.

Darüber hinaus können durch die Untersuchung und Analyse der Ökosystemleistungen dieser Sozio-Ökosysteme Praktiken, die den Nutzen maximieren, definiert und falsche Praktiken, die sich negativ auf die biologische Vielfalt und das menschliche Wohlbefinden auswirken können, ermittelt und korrigiert werden.

Ökosysteme, die durch land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten entstanden sind, oder Agrar-Ökosysteme, sind Ökosysteme, die vom Menschen für die Produktion von Nahrungsmitteln und Fasern

geschaffen wurden und seit langem bekannt und untersucht sind. Inzwischen wird anerkannt, dass Ökosysteme, die durch extensive landwirtschaftliche Praktiken und landwirtschaftliche Praktiken mit hohem natürlichem Wert entstehen (die den Einsatz von künstlichen Betriebsmitteln wie Pestiziden und Düngemitteln minimieren) zahlreiche Ökosystemleistungen erbringen; sie werden zunehmend geschützt und aufgewertet und die Menschen, die sie erhalten, werden durch globale Initiativen wie die der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO), einer Agentur der Vereinten Nationen, unterstützt²⁹.

Darüber hinaus sieht die FAO³⁰ die Evaluierung und Bewertung von Ökosystemleistungen als wichtige erste Schritte an, um zu bestimmen, in welchem Umfang Ökosystemleistungen zur Landwirtschaft, Viehzucht und Fischerei (und umgekehrt) und damit zu den Volkswirtschaften beitragen. Wenn man weiß, was Ökosystemleistungen Wert sind, wird eher und mehr in ihr Management investiert. Darüber hinaus muss die Gesellschaft (die direkten und indirekten Nutznießer) die Landwirte für Umweltschäden (z. B. Verschmutzung) entschädigen und für die Verbesserung von Ökosystemleistungen und Artenvielfalt entlohnen, sodass auch dieser Teil ihrer Arbeit einen Wert erhält. An der Entwicklung entsprechender Anreizprogramm müssen viele Sektoren beteiligt werden; die Anreize können regulatorisch (Erteilung von Genehmigungen und Quoten) oder freiwillig (Verbesserung des Marktzugangs, Kennzeichnung oder Zertifizierung von Produkten) gestaltet werden³¹.

Ökosysteme, die durch die Aquakultur entstehen, genießen nicht dieselbe Anerkennung. Dies zeigt sich schon darin, dass das Europäische System zur Identifizierung und Klassifizierung von Lebensräumen (Europäisches Naturinformationssystem - EUNIS)³² zwar landwirtschaftliche Lebensräume anerkennt, aber keine Aquakulturlbensräume ausweist.

²⁹ Die FAO erkennt ganz unterschiedliche und lokal angepasste landwirtschaftliche Systeme an und fördert sie mit ausgeklügelten Techniken und Praktiken, die sie im Laufe der Jahre verfeinert hat. Das „Welterbe wichtiger agrarwirtschaftlicher Systeme“ (Globally Important Agricultural Heritage Systems - GIAHS) sind herausragende Landschaften von ästhetischer Schönheit, die landwirtschaftliche Biodiversität, widerstandsfähige Ökosysteme und ein wertvolles kulturelles Erbe vereinen. Sie finden sich in bestimmten Regionen auf der ganzen Welt und bieten Millionen Kleinbauern auf nachhaltige Weise eine Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen, Nahrung und Existenzsicherung.

³⁰ <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/valuation/en/>

³¹ <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/en/>.

³² https://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp?expand=#level_A.

In der zweiten Ausgabe des Berichts „*Mapping and assessment of ecosystems and their services: Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*“ (Indikatoren für die Bewertung von Ökosystemen im Rahmen von Aktion 5 der EU-Biodiversitätsstrategie bis 2020), werden nur Flüsse, Seen und Kleingewässer betrachtet; Teiche oder die Aquakultur-Ökosysteme der extensiven Muschelzucht werden überhaupt nicht erwähnt.

Und das, obwohl die Polykultur von Karpfen und verwandten Arten in Erdteichen einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität leistet. Immer wenn in den letzten Jahren solche Fischzuchtbetriebe aufgegeben wurden, kam es im entsprechenden Gebiet zu einem Verlust der Biodiversität bei Pflanzen, Vögeln und Säugetieren. Mehrere Forschungsstudien der letzten Jahre identifizieren 41 potenzielle Ökosystemleistungen (10 bereitstellende, 20 regulierende und aufrechterhaltende, 11 kulturelle), die Aquakulturen erbringen können³³.

| Tabelle 3 – Potenzielle Ökosystemleistungen von Aquakultur-Ökosystemen (Willot et al., 2019) | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|---|
| Ökosystemleistungen | Bereich | Gruppe | Klasse |
| Bereitstellung | Ernährung | Biomasse | Wildtiere und ihre Leistungen |
| | | | Tiere aus In-situ-Aquakultur |
| | | | Pflanzen und Algen aus In-situ-Aquakultur |
| | Materialien | Wasser | Oberflächenwasser als Trinkwasser |
| | | | Oberflächenwasser nicht als Trinkwasser |
| | | Biomasse | Materialien aus Pflanzen, Algen und Tieren zur landwirtschaftlichen Nutzung |
| | | | Genetisches Material von allen Biota |
| | | | Fasern und andere Materialien aus Pflanzen, Algen und Tieren zur direkten Nutzung oder Verarbeitung |
| Energie | Biomassebasierte Energieträger | Pflanzenbasierte Ressourcen | |
| | | Tierische Ressourcen | |
| Regulierung und Aufrechterhaltung | Sanierung von Abfällen, Toxinen | Sanierung über Biota | Biosanierung über Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere |

³³ Willot, P.-A., J. Aubin, J.-M., Salles und A. Wilfart. (2019). Ecosystem service framework and typology for an ecosystem approach to aquaculture [Ökosystemleistungsrahmen und -typologie für einen Ökosystem-Ansatz in der Aquakultur]. *Aquacultures* 512, 734260. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734260>.

Tabelle 3 – Potenzielle Ökosystemleistungen von Aquakultur-Ökosystemen (Willot et al., 2019)

| Ökosystemleistungen | Bereich | Gruppe | Klasse |
|---|---|--|--|
| | und anderen Beeinträchtigungen | | Filtration, Bindung, Speicherung und Akkumulation über Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere |
| | | Sanierung über Ökosysteme | Filtration, Bindung, Speicherung und Akkumulation über Ökosysteme Verdünnung über die Atmosphäre, Süßwasser- und Meeresökosysteme |
| | Sanierung von Strömen | Massenströme | Massenstabilisierung und Kontrolle der Erosionsraten |
| | | | Pufferung und Abschwächung von Massenströmen |
| | | Flüssigkeitsströme | Hydrologischer Kreislauf und Wasserführung |
| | | | Hochwasserschutz |
| | Gas-/Luftströme | Sturmschutz | |
| | | Belüftung und Transpiration | |
| | | Bestäubung und Samenverbreitung | |
| | Aufrechterhaltung von physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen | Aufrechterhaltung des Lebenszyklus, Schutz von Lebensräumen und Genpools | Aufrechterhaltung von Baumschulpopulationen und Lebensräumen |
| | | | Schädlings- und Krankheitsbekämpfung |
| | | Schädlings- und Krankheitsbekämpfung | Schädlingsbekämpfung |
| | | | Krankheitsbekämpfung |
| | | Bodenbildung und -zusammensetzung | Verwitterungsprozesse |
| | | | Zersetzungs- und Fixierprozesse |
| | | Wasserqualität | Chemischer Zustand des Süßwassers |
| | | | Chemischer Zustand des Salzwassers |
| Atmosphärische Zusammensetzung und Klimaregulierung | Globale Klimaregulierung durch Reduzierung der Treibhausgaskonzentrationen | | |
| | Mikroklima und regionale Klimaregulierung | | |
| Kulturell | Physikalische und geistige Interaktionen mit Biota, Ökosystemen | Körperliche und erlebnisorientierte Interaktion | Beobachtung von Pflanzen, Tieren und Land- und Meereslandschaften in der Umwelt |

| Tabelle 3 – Potenzielle Ökosystemleistungen von Aquakultur-Ökosystemen (Willot et al., 2019) | | | |
|--|---|---|--|
| Ökosystemleistungen | Bereich | Gruppe | Klasse |
| | und Land- und Meereslandschaften | | Körperliche Bewegung in Land- und Meereslandschaften in der natürlichen Umwelt |
| | | | Unterhaltung |
| | | Wissenschaft | |
| | | Bildung | |
| | | Ästhetisch | |
| | Spirituelle, symbolische und andere Interaktionen mit Biota, Ökosystemen und Land- und Meereslandschaften | Intellektuelle und repräsentative Interaktionen | Kulturerbe |
| | | | Symbolisch |
| | | Spirituell und/oder sinnbildlich | Sakral und/oder religiös |
| | | | Existenz |
| | | | Vermächtnis |
| Andere kulturelle Leistungen | | | |

4.1. Aquakultur-Ökosysteme mit extensiver Muschelzucht und ihre Ökosystemleistungen

Seit Jahren ist bekannt, dass bestimmte Organismen die Fähigkeit besitzen, die sie umgebende Umwelt physikalisch, biologisch oder chemisch stark zu verändern. Diese „Ökosystemingenieure“ modulieren die Umwelt und beeinflussen die Biodiversität und die Heterogenität der Landschaft in einem bestimmten Gebiet.

Die dichten Ansammlungen von filtrierenden, sesshaften am Meeresboden lebenden Muscheln, die in vielen Flachwasserumgebungen vorkommen, sind ein solches Beispiel. Diese Systeme, die in der Regel als Riffe oder Muschelbänke bezeichnet werden, erfüllen häufig so wichtige strukturelle und funktionelle Aufgaben in ihrem Ökosystem, dass sie als Ökosystemingenieure³⁴ eingestuft werden. Darüber hinaus

³⁴ Jones, C.G., J.H. Lawton und M. Shachak. (1994). Organisms as ecosystem engineers [Organismen als Ökosystemingenieure]. *Oikos* 69, S. 373–386.

wurden erkannt, dass diese natürlichen Anhäufungen von Muscheln³⁵ ein Ökosystem bilden, das eigene Ökosystemleistungen erbringt³⁶.

Muscheln spielen eine wichtige Rolle bei der Beeinflussung oder sogar Steuerung von Prozessen wie Bioturbation und Wasserfiltration, die die marinen Nahrungsnetze und die Artenvielfalt aufrechterhalten, den biogeochemischen Kreislauf antreiben und die Erodierbarkeit von Sedimenten verändern. Muschelansammlungen bieten ein strukturelles Habitat, das viele andere Arten unterstützt.

In gleicher Weise stellen Muschelansammlungen in Gebieten, in denen sie kultiviert werden, ebenfalls vom Menschen geprägte Ökosysteme dar – also Aquakultur-Ökosysteme für die Nahrungsmittelproduktion –, und erbringen Ökosystemleistungen. In diesem Fall muss berücksichtigt werden, dass die Muschelansammlungen von Muschelzüchtern bewirtschaftet werden, und dass in diesen (als Muschelgewässer registrierten) Aquakultur-Ökosystemen die Erzeugung von Nahrungsmitteln (bereitstellende Dienstleistung) gegenüber anderen Leistungen (z. B. der Leistung, die Küstenerosion zu begrenzen) maximiert wird. Extensive Aquakulturpraktiken für die Muschelzucht sind stark von natürlichen Funktionen abhängig und weisen ein geringes Maß an Eingriffen auf.

Mehrere neuere Arbeiten bieten einen Überblick über die wissenschaftlichen Studien zu Ökosystemleistungen, die sowohl von natürlichen Muschelbänken als auch in der Aquakultur von Weichtieren erbracht werden³⁷.

³⁵ Dame, R.F. (1996). *Ecology of marine bivalves: An ecosystem approach* [Die Ökologie zweischaliger Weichtiere. Ein Ökosystem-Ansatz]. Boca Raton, FL: CRC Press.

³⁶ Ysebaert, T., B. Walles, J. Haner und B. Hancock. (2018). Habitat modification and coastal protection by ecosystem-engineering reef-building bivalves [Lebensraumveränderung und Küstenschutz durch Ökosystem gestaltende, riffbildende Muscheln]. In *Goods and services of marine bivalves* (A.C. Smaal, J.G. Ferreira, J. Grant, J.K. Petersen und Ø. Strand, Eds.). Cham, Schweiz: Springer, S. 253–273.

³⁷ Northern Economics, Inc. (2012). *Valuation of ecosystem services from shellfish restoration, enhancement: A review of the literature* [Bewertung von Ökosystemleistungen aus der Wiedereinsetzung und Aufwertung von Muscheln: Ein Überblick über die Literatur]. Erstellt für NOAA National Ocean Services: EPA REServ Programm.

Smaal, A. C., Ferreira, J. G., Grant, J., Petersen, J. K. und Strand, Ø., Eds. (2018). *Goods and services of marine bivalves* [Güter und Dienstleistungen aus Meeresmuscheln]. Cham, Schweiz: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9>.

van der Schatte Olivier, A., L. Jones, L. Le Vay, M. Christie, J. Wilson und S.K. Malham. (2018). A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture [Ein globaler Überblick über die Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur]. *Reviews in Aquaculture* 12, S. 3–25 <https://doi.org/10.1111/raq.12301>.

McLeod, D.A. & C. McLeod. (2019). Review of the contribution of the contribution of cultivated bivalve shellfish to ecosystem services [Überblick über den Beitrag von kultivierten Muscheln zu Ökosystemleistungen]. Eine Übersicht

Was die Muschelzucht betrifft, so ist die erste Ökosystemleistung, die sie erbringt, die Bereitstellung von natürlichen Nahrungsmitteln. Obwohl sie aus anderen Stoffen bestehen, können Muschelschalen auf vielfältige Weise genutzt werden und haben zahlreiche Vorteile³⁸:

- Aufrechterhaltende Dienstleistungen wie die Schaffung von Lebensräumen mit hoher Artenvielfalt, die für Seevögel und Raubfische und andere Raubtiere attraktiv sind;

Regulierende Dienstleistungen: Regulierung der Nährstoffströme (Reduzierung der Eutrophierung), Verbesserung der Wasserqualität, Kohlenstoffbindung durch Muscheln (wobei es in der Wissenschaft keinen Konsens über diese Leistung gibt³⁹), Verbesserung des Seegraswachstums, der Makroalgen und so weiter. In einigen Gebieten wurde der potenzielle Stickstoff- und Phosphorentzug aus eutrophen Küstengewässern durch verschiedene Programme, mit denen Ökosystemleistungen vergütet werden, als transaktionale Ökosystemleistung anerkannt⁴⁰;

- Kulturelle Dienstleistungen: Schaffung einzigartiger lokaler Landschaften, Beitrag zur Identität in Orten, in denen diese Aktivitäten traditionell ausgeübt werden, Steigerung der Attraktivität touristischer Orte usw.

Unter den Ökosystemleistungen, die diese Aquakultur-Ökosysteme erbringen, sticht die Fähigkeit der Muschelzucht, Stickstoff, Phosphor und Kohlenstoffemissionen aus anderen Systemen zu absorbieren,

wissenschaftlicher Literatur im Auftrag von Crown Estate Scotland.

Systema Environnement-Agnès Pouliquen (2019). Les services écosystémiques de la conchyliculture. CRC Bretagne-Nord; S. 80 ff. <https://www.wikimer.org/wp-content/uploads/2021/03/Ecosyst%C3%A9mie%20RAPPORT%20FINAL.pdf>

³⁸ K.N. Kelley (2009). Use of recycled oyster shells as aggregate for previous concrete. [Verwendung recycelter Austernschalen als Zuschlagstoff für Altbeton] Masterarbeit. University of Florida, Gainesville, FL.

³⁹ Filgueira, R., T. Strohmeier und Ø. Strand. (2019). Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation [Regulierende Dienstleistungen von Muscheln im Kontext des Kohlenstoffkreislaufs und Implikationen für die Bewertung von Ökosystemen]. In: *Goods and services of marine bivalves* (A.C. Smaal, J.G. Ferreira, J. Grant, J.K. Petersen und Ø. Strand, Eds.). Cham, Schweiz: Springer, S. 231–251.

Moore, D. (2020). A biotechnological expansion of shellfish cultivation could permanently remove carbon dioxide from the atmosphere [Eine biotechnologische Ausweitung der Muschelzucht könnte der Atmosphäre dauerhaft Kohlendioxid entziehen]. *Mexican Journal of Biotechnology* 5 (1), S. 1–10. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2020.5.1.1>.

⁴⁰ Petersen, J.K., B. Hasler, K. Timmermann, P. Nielsen, D.B. Tørring, M.M. Larsen und M. Holmer. (2014). Mussels as a tool for mitigation of nutrients in the marine environment [Muscheln als Werkzeug zur Minderung von Nährstoffen in der Meeresumwelt]. *Marine Pollution Bulletin* 82, S. 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.006>.

Rose, J.M., S.B. Bricker, M.A. Tedesco und G.H. Wikfors. (2014). Role for shellfish aquaculture in coastal nitrogen management [Die Rolle der Muschel-Aquakultur im küstennahen Stickstoffmanagement]. *Environmental Science & Technology* 48, S. 2519–2525. <https://doi.org/10.1021/es4041336>

besonders hervor. Daher passt diese Art der Aquakultur perfekt zum europäischen Grünen Deal, der Produktionssysteme mit niedrigem Kohlenstoff-Fußabdruck anstrebt, die natürliche Ressourcen effizient nutzen und so dazu beitragen, die Eutrophierung der Küsten zu reduzieren.

Die folgenden Beispiele zeigen die potenziellen Auswirkungen von Aquakultur-Ökosystemen mit extensiver Muschelzucht auf den Klimawandel (Kohlenstoffsенке) und die Eutrophierung (Absorption von Stickstoff und Phosphor):

- Die Aquakulturproduktion von Japanischen Teppichmuscheln in der Lagune Sacca di Goro (Italien)⁴¹ bindet Netto 444,55 kg CO₂, 1,54 kg N und 0,31 kg P pro Jahr;
- Nach Schätzungen von Nielsen et al. (2016)⁴² entfernt eine Muschelproduktionsfläche in einem dänischen eutrophen Fjord (18,8 ha) 0,6-0,9 Tonnen N ha⁻¹ Jahr⁻¹;
- Ferreira et al. (2007)⁴³ schätzen, dass eine ~Austernfarm in Bodenkultur mit 0,61 Hektar einen Nettoentzug von 9,7 Tonnen N pro Jahr erzielen würde.

Ferreira und Bricker (2016)⁴⁴ berichten, dass die jährliche europäische Muschelproduktion von über 700.000 Tonnen einen Stickstoffentzug von schätzungsweise 46.800 Tonnen pro Jahr⁻¹ generiert, was einem Einwohnergleichwert von 14×10^6 und einem Mindestwert von 507 Millionen Euro entspricht.

Was ihre Rolle bei der Stärkung der Biodiversität betrifft, so verändert die Muschelzucht die Struktur des lokalen Lebensraums und der Fauna- und Flora-Gemeinschaften. Durch das Einbringen von Zuchtstrukturen und Muscheln in das offene Meer und an die Uferbereiche wird neuer Lebensraum geschaffen. Die Muschelschalen und Kulturstrukturen werden von Seepocken, Moostierchen,

⁴¹ Turolla, E., G. Castaldelli, E.A. Fano und E. Tamburini. (2020). Life cycle assessment (LCA) proves that Manila clam farming (*Ruditapes Philippinarum*) is a fully sustainable aquaculture practice and a carbon sink [Zucht der Japanischen Teppichmuschel (*Ruditapes Philippinarum*) ist laut Lebenszyklusanalyse eine vollständig nachhaltige Aquakultur und Kohlenstoffsенке]. *Sustainability* 12 (13), S. 5252–5263. <https://doi.org/10.3390/su12135252>.

⁴² Nielsen, P., P.J. Cranford, M. Maar und J.K. Petersen. (2016). Magnitude, spatial scale and optimization of ecosystem services from a nutrient extraction mussel farm in the eutrophic Skive Fjord, Denmark [Ausmaß, räumlicher Maßstab und Optimierung der Ökosystemdienstleistungen einer Muschelzucht zur Nährstoffentnahme im eutrophen Skive Fjord, Dänemark]. *Aquaculture Environment Interactions* 8, S. 311–329. <https://doi.org/10.3354/aei00175>.

⁴³ Ferreira, J.G., A.J.S. Hawkins und S.B. Bricker. (2007). Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture: The Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model [Management von Produktivität, Umwelteinflüssen und Rentabilität der Muschelaquakultur: Das Farm Aquaculture Resource Management (FARM)-Modell]. *Aquaculture* 264, S. 160–174. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.017>.

⁴⁴ Ferreira, J.G. und S.B. Bricker. (2016). Goods and services of extensive aquaculture: Shellfish culture and nutrient trading [Güter und Dienstleistungen der extensiven Aquakultur: Muschelzucht und Nährstoffhandel]. *Aquaculture International* 24, S. 803–825. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9949-9>.

Seescheiden, Schwämme, Makroalgen und anderen epibenthischen Arten besiedelt und die Tierwelt findet in den Muschelkulturgebieten Nahrung und Unterschlupf. Diese Aquakultur fördert die Entwicklung vielfältiger und produktiverer Tier- und Pflanzengemeinschaften, die mit denen natürlicher Muschelriffe vergleichbar sind⁴⁵.

Was die kulturellen Dienstleistungen betrifft, so ist es nicht einfach, die Bedeutung der extensiven Muschelzucht abzuschätzen. Kurz gesagt, ist die Weichtier-Aquakultur Teil des kulturellen Erbes mehrerer europäischer Regionen, mit für das Gebiet typischen Praktiken und kulinarischen Festen, die eine lange Tradition haben. Darüber hinaus sind Muschelzuchtgebiete wie die Floßpolygone in Galicien oder die Holzpfähle in der Normandie Teil des reichen Erbes europäischer Landschaften. Muscheln sind ein anerkannter Bestandteil des Kulturtourismus, und in einigen europäischen Regionen sind Muscheln stark in der regionalen Küche verankert. Einige dieser Muscheln sind innerhalb des europäischen Qualitätssystems auf der Basis ihrer Herkunft als einzigartige Lebensmittel anerkannt. Schließlich ist eines der Symbole Europas die Jakobsmuschel (das Symbol des Heiligen Jakobus), ein Emblem, das von Pilgern auf dem Weg zum Schrein von Santiago de Compostela getragen wird.

⁴⁵ Iglesias, J. (1981). Spatial and temporal changes in the demersal fish community of the Ría de Arousa (NW Spain) [Räumliche und zeitliche Veränderungen in der Bodenfishgemeinschaft der Ría de Arousa (NW Spanien)]. *Marine Biology* 65, S. 199–208. <https://doi.org/10.1007/BF00397086>.

Romero, P., E. Gozalez-Gurriarán und E. Penas. (1982). Influence of mussel rafts on spatial and seasonal abundance of crabs in the Ría de Arousa, NW Spain [Einfluss von Muschelflößen auf die räumliche und saisonale Häufigkeit von Krabben in der Ría de Arousa, NW-Spanien]. *Marine Biology* 72, S. 201–210. <https://doi.org/10.1007/BF00396921>.

Fernández, L., J. Freire und E. González-Gurriarán. (1995). Diel feeding activity of demersal fishes in the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain): An area of intense mussel raft culture [Tägliche Nahrungsaktivität von Bodenfischen in der Ría de Arousa (Galizien, NW-Spanien): Ein Gebiet mit intensiver Muschelfloßkultur]. *Cahiers de Biologie Marine* 36, S. 141–151. <http://dx.doi.org/10.21411/CBM.A.EF69AA4C>.

Freire, J. und E. González-Gurriarán. (1995). Feeding ecology of the velvet swimming crab *Necora puber* in mussel raft areas of the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain) [Nahrungsökologie der Samtkrabbe (*Necora puber*) in Muschelfloßgebieten der Ría de Arousa (Galizien, NW-Spanien)]. *Marine Ecology Progress Series* 119, S. 139–154. <https://www.int-res.com/articles/meps/119/m119p139.pdf>.

McKindsey C.W., P. Archambault, M.D. Callier und F. Olivier. (2011) Influence of suspended and off-bottom mussel culture on the sea bottom and benthic habitats: A review [Der Einfluss der Muschelzucht auf die Lebensraumnutzung des Großen Tümmlers]. *Canadian Journal of Zoology* 89, S. 622–646. <https://doi.org/10.1139/z11-037>.

Díaz López, B. und S. Methion. (2017). The impact of shellfish farming on common bottlenose dolphins' use of habitat [Der Einfluss der Muschelzucht auf die Lebensraumnutzung des Großen Tümmlers]. *Marine Biology* 164, S. 83. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3125-x>.

Callier, M.D., C.J. Byron, D.A. Bengtson, P.J. Cranford, S.F. Cross, U. Focken, H.M. Jansen, P. Kamermans, A. Kiessling, T. Landry, F. O'Beirn, E. Petersson, R.B. Rheault, Ø. Strand, K. Sundell, T. Svåsand, G. H. Wikfors, C.W. McKindsey. (2018). Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: A review [Anziehung und Abstoßung von mobilen wilden Organismen durch Fisch- und Muschel-Aquakulturen: Eine Übersicht]. *Reviews in Aquaculture* 10, S. 924–949. <https://doi.org/10.1111/raq.12208>.

Craeymeersch, J.A. und H.M. Jansen. (2019) Bivalve assemblages as hotspots for biodiversity [Muschelansammlungen als Hotspots für die Biodiversität]. In: *Goods and services of marine bivalves* (A.C. Smaal, J.G. Ferreira, J. Grant, J.K. Petersen und Ø. Strand, Eds.). Cham, Schweiz: Springer, S. 275–294. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9_14.

In aktuellen Studien wurde der Gesamtnutzen der Ökosystemleistungen der Muschel-Aquakultur ausgewertet⁴⁶ und bewertet⁴⁷. Die Studien zeigen, dass einige der nicht-kommerziellen Leistungen niedrig geschätzt mehr als die Hälfte des globalen Produktionswertes wert sein könnten, wobei sie einräumen, dass der wahre Wert dieser nicht-kommerziellen Leistungen wahrscheinlich viel höher liegt, obwohl diese Leistungen nicht leicht zu quantifizieren sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die extensive Zucht von Muscheln Aquakultur-Ökosysteme hervorbringt, die Ökosystemleistungen bieten und die produktive und landschaftliche Vielfalt der EU bereichern.



Abb. 3. In einem Floßmuschelgebiet in Galicien springende Große Tümmler. Bildnachweis: Bottlenose Dolphin Research Institute (BDRI).

⁴⁶ Gentry, R.R., H.K. Alleway, M.J. Bishop, C.L. Gillies, T. Waters und R. Jones. (2019). Exploring the potential for marine aquaculture to contribute to ecosystem services. [Untersuchung der potenziellen Ökosystemleistungen der Meeresaquakultur]. *Reviews in Aquaculture* 12 (2), S. 499–512. <https://doi.org/10.1111/raq.12328>.

⁴⁷ van der Schatte Olivier, A., L. Jones, L. Le Vay, M. Christie, J. Wilson und S.K. Malham. (2018). A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture [Ein globaler Überblick über die Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur]. *Reviews in Aquaculture* 12 (1), S. 3–25 <https://doi.org/10.1111/raq.12301>.



Abb. 4. (a) Muschelflöße in Galicien (Spanien) sind ein bevorzugter Sitzplatz für Seevögel. Bildnachweis: Xoán Diéguez; (b) Muschelkultur in Sacca di Scardovari (Italien). Bildnachweis: Roberto Trombetta.



Abb. 5. (a) Anne Marquet in ihrem Austernbett vor der Küste von La Teste-de-Buch (Frankreich). Bildnachweis: ©Philippe LOPEZ; (b) Muschelzucht in den Pays de la Loire. Bildnachweis: ©CRC Pays de la Loire – A. Lebourg.

4.2. Formen der Aquakultur in Feuchtgebieten und Fischteichen und ihre Ökosystemleistungen

Die naturnahen Feuchtgebiete und Teiche (Fischzucht-Ökosysteme), die sich in direktem Zusammenhang mit der Teichwirtschaft entwickelt haben und hauptsächlich für Karpfen und vergesellschaftete Arten genutzt werden, haben eine lange Geschichte, die mehr als tausend Jahre zurückreicht⁴⁸; aus diesem Grund werden sie von der Öffentlichkeit nicht als vom Menschen geschaffene, sondern als natürliche Feuchtgebiete wahrgenommen.



Abb. 6. Typische Fischteichanlage mit großer Oberfläche für die Karpfenzucht in Hortobágy, Ungarn. Bildnachweis: ©Béla Halasi-Kovács.

Sowohl natürliche als auch naturnahe Feuchtgebiete sind für die Kohlenstoffspeicherung besonders wichtig⁴⁹. Sie erbringen aber auch viele andere Dienstleistungen wie Hochwasserschutz, Wasserversorgung, -management und -reinigung und bieten gleichzeitig Erholungs- und Tourismusmöglichkeiten⁵⁰. Zahlreiche Vögel und Säugetiere sind auf Süßwasserfeuchtgebiete angewiesen, um dort zu brüten oder zu fressen⁵¹; Feuchtgebiete gehören zu den produktivsten Ökosystemen des Planeten⁵².

⁴⁸ Nash, C. E. (2011). *The history of aquaculture*. [Geschichte der Aquakultur] Ames, IA: Wiley-Blackwell.

⁴⁹ Cavallaro, N., G. Shrestha, R. Birdsey, M. A. Mayes, R. G. Najjar, S. C. Reed, P. Romero-Lankao und Z. Zhu, Eds. (2018). *Second state of the carbon cycle report (SOCCR2): A sustained assessment report* [Zweiter Bericht zum Status des Kohlenstoffkreislaufs: Fortlaufende Bewertung]. Washington, DC: U.S Global Change Research Program (USGCRP).

⁵⁰ Villa, J. und B. Bernal. (2018). Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework [Kohlenstoffbindung in Feuchtgebieten, von der Wissenschaft zur Praxis: Ein Überblick über den biogeochemischen Prozess, Messmethoden und den politischen Rahmen]. *Ecological Engineering* 114, S. 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.037>.

⁵¹ BirdLife International. (2018). *State of the world's birds: Taking the pulse of the planet*. [Status des weltweiten Vogelbestands. So steht es um unseren Planeten] Cambridge: BirdLife International.

⁵² Schlesinger, W.H. und E.S. Bernhardt. (2013). *Biogeochemistry: An analysis of global change* [Biogeochemie. Eine Analyse globaler Veränderungen] (3. Auflage). Boston, MA: Academic Press.



Abb. 7. Traditionell werden die Teiche im Herbst oder im zeitigen Frühjahr abgefischt; Karpfenzucht im Waldviertel im Nordwesten Österreichs. Bildnachweis: ©Florian Kainz/Archiv Aqua.



Abb. 8. Karpfenteiche tragen auch zur Erhaltung von Feuchtgebieten bei; Larga Jijia Ramsar-Gebiet, Rumänien. Bildnachweis: ©ROMFISH.

Teich-Aquakultur wird in der EU auf einer Fläche von etwa 360.000 ha betrieben⁵³; die meisten Teich-Aquakulturbetriebe wurden in das ökologische Netzwerk Natura 2000 aufgenommen, weil sie die Anforderungen an quantitative und qualitative Daten erfüllten. Dies ist der erste Schritt zur indirekten Anerkennung der Leistung, die diese Formen der Aquakultur für die Biodiversitätsschutzziele erbringen. Diese Teiche sind erheblich veränderte Wasserkörper im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie und bilden aufgrund ihrer aquatischen Ökosystemleistungen und Wasservogel-Biodiversität das Rückgrat des Natura 2000 Netzes.

Aquatische Ökosysteme sind von größter Bedeutung für alle Arten und für alle Ökosystemfunktionen und -leistungen. Zu den Lebensräumen, die für Ernährung und Landwirtschaft von besonderem Interesse

⁵³ <https://www.eumofa.eu/documents/20178/442176/Freshwater+aquaculture+in+the+EU.pdf>

sind, gehören künstliche aquatische Lebensräume wie Aquakulturteiche, bewässerte Flächen und saisonal überschwemmte landwirtschaftliche Flächen⁵⁴.

Aus ökologischer Sicht sind Fischteiche auf die natürlichen Bedingungen des Lebensraums Feuchtgebiet angewiesen, und ihr Management zielt darauf ab, diese Prozesse künstlich zu verstärken, um die Produktion zu steigern. In der Europäischen Union basiert die Produktion in Fischteichen auf gewöhnlichen Karpfen mit einer charakteristischen Alters- und Artenzusammensetzung. Fischteiche fungieren als offene ökologische Systeme, in denen natürliche und technologische Prozesse Synergien erzeugen und nicht voneinander getrennt werden können. Deshalb ist die Fischteichproduktion auch ein gutes Beispiel für die Kreislaufwirtschaft, da sie auf der Erneuerung der natürlichen Ressourcen beruht. Dadurch entsteht ein Fischteich-Ökosystem, das über die Primärproduktion des gemeinen Karpfens hinaus einen noch größeren Naturwert aufrecht erhält⁵⁵. Dank der Teichwirtschaftstechnologie wird ein spezifisches Fischteich-Ökosystem geschaffen, das eng mit natürlichen Feuchtbiotopen verwandt ist. Obwohl es sich um ein vom Menschen geschaffenes System handelt, ist der Nährstoffkreislauf identisch mit dem natürlicher semistatischer Feuchtgebiete. Das Fischteich-Ökosystem ähnelt auch in seiner Komplexität natürlichen aquatischen Ökosystemen. Die größeren Flächen mit homogenem Habitat (z. B. offenes Wasser, trockener Teichboden, Schilf) ermöglichen eine höhere Diversität einzelner Taxa als in natürlichen Habitaten; insgesamt ist die Biodiversität von Fischteichen jedoch geringer als in der Natur. Dennoch wurden Zuchtteiche in den letzten Jahrzehnten mehrfach als regionale Biodiversitäts-Hotspots hervorgehoben, da sie Lebens- und Rückzugsräume für einige der am meisten gefährdeten Feuchtgebietstiere bieten⁵⁶.

⁵⁴ J. Bélanger und D. Pilling, Eds. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. [Zustand der weltweiten Biodiversität für Nahrungsmittel und Landwirtschaft] Rom: FAO-Kommission für genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (CGRFA). <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.

⁵⁵ Halasi-Kovács, B. (2008) Die naturschutzfachliche Bedeutung der Hortobagy Fischfarm, die natürlichen Werte der Fischteiche. Manuskript. (In ungarischer Sprache).

Turkowski, K. und A. Lirski. (2011) Non-productive functions of fish ponds and their possible economic evaluation [Nicht-produktive Funktionen von Fischteichen und ihre mögliche wirtschaftliche Bewertung]. In: Lirski A. und A. Pyć, Eds., *Carp culture in Europe: Current status, problems, perspectives*. Olsztyn, Polen: IRŚ Olsztyn.

⁵⁶ Hill, M.J., C. Hassall, B. Oertli, L., Fahrig, B., Robson, J. Biggs, M. Samways, N. Usio, N. Takamura, J. Krishnaswamy und P.J. Wood. (2018). New policy directions for global pond conservation [Neue politische Richtungen für den globalen Teichschutz]. *Conservation Letters* 11, e12447. <https://doi.org/10.1111/conl.12447>.



Abb. 9. Unterschiedliche Lebensräume an Fischteichen sind strategische Elemente im Schutz der Biodiversität von Wasservögeln; Herbstbild mit niedrigem Wasserstand, nach der Ernte, Ungarn. Bildnachweis: ©László Csiszár.

Diese Art der traditionellen Aquakultur ist ein Bestandteil lokaler Landwirtschaftssysteme und regionaler sozialer Ökosysteme und wird gemäß den Gesamtstrategien der Landwirte für die Nutzung ihrer Arbeitskraft und Umweltressourcen betrieben. Die traditionelle Aquakultur, die auch als „integrierte Aquakultur“ bezeichnet wird, produziert Arten am unteren Ende der Nahrungskette (fleischfressende, Planktonfresser) und verwendet normalerweise eine kombinierte Besatzformel, die alle Trophiestufen abdeckt.

Abgesehen von ihrem großen Wert für den Naturschutz können diese Gemeinschaften auch Ökosystemleistungen für den Menschen erbringen⁵⁷. Laut den Ergebnissen der jüngsten Fallstudien aus Ungarn kann extensive oder semi-intensive Aquakultur bereitstellende Dienstleistungen wie natürlichen Fischertrag, Schilfproduktion, Futter für Weidevieh und Brennholz liefern. Zu den potenziellen regulierenden und aufrechterhaltenden Ökosystemleistungen gehören die Regulierung des Mikroklimas, die Kohlenstoffbindung und -speicherung, die Regulierung der Luftqualität sowie die Regulierung der Wassermenge und -qualität. In Bezug auf kulturelle Ökosystemleistungen bietet die traditionelle Aquakultur ästhetische Werte, Werte des kulturellen Erbes und der Inspiration, Möglichkeiten für wissenschaftliche Forschung sowie Möglichkeiten für Umweltbildung und Erholung⁵⁸.

⁵⁷ Willot, P.-A., J. Aubin, J.-M., Salles und A. Wilfart. (2019). Ecosystem service framework and typology for an ecosystem approach to aquaculture [Ökosystemleistungsrahmen und -typologie für einen Ökosystem-Ansatz in der Aquakultur]. *Aquacultures* 512, 734260. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734260>.

⁵⁸ Palásti, P., M. Kiss, A. Gulyás und E. Kerepeczki. (2020). Expert knowledge and perceptions about the ecosystem services and natural values of Hungarian fishpond systems [Experten- und Erfahrungswissen zu den Ökosystemleistungen und natürlichen Werten ungarischer Fischteichsysteme]. *Water* 12, 2144. <https://doi.org/10.3390/w12082144>.

Forschungsstudien haben weitere mögliche Ökosystemleistungen im Zusammenhang mit Aquakulturen aufgezeigt⁵⁹.

Was die Quantifizierung und Bewertung des Beitrags der Karpfenteichfischzucht zu den Ökosystemleistungen betrifft, gibt es nur wenige Referenzen, die vorwiegend in Mittel- und Osteuropa veröffentlicht wurden. So beträgt der Gesamtwert der Ökosystemleistungen, die von Karpfenteichen in Polen erbracht werden, Berechnungen zufolge 52.857 Euro/ha⁶⁰. Eine erste Studie in Deutschland kommt zu dem Ergebnis, dass Karpfenteiche Ökosystemleistungen mit einem Wert von 16.051 Euro/ha jährlich erbringen.⁶¹ In Tschechien wurde die Ökosystemleistung der Stickstoff- und Phosphorentfernung durch Karpfenteiche auf 2.300 Euro/ha Jahr geschätzt⁶². In Ungarn unterstreicht ein aktueller Bericht⁶³, der u. a. die ökonomische Bewertung von Naturwerten und Ökosystemleistungen von Fischteichen analysiert, dass die Bewertung verschiedener Ökosystemleistungen sehr komplex ist und ein interdisziplinärer Ansatz zur Ermittlung hypothetischer, aber dennoch plausibler Werte für diese Leistungen gefunden werden muss, der nicht mit einem finanziellen Förderprogramm verbunden ist.

Die Berücksichtigung der Ökosystemleistungen bietet eine starke Basis für die Entwicklung nachhaltiger, multifunktionaler Fischfarmen. Diese Systeme haben gegenüber traditionellen Systemen vor allem den Vorteil, dass neben dem Fischverkauf weitere Einnahmen aus anderen Dienstleistungen erzielt werden können. Dabei kann es sich um bereitstellende oder kulturelle Leistungen handeln, wodurch direkte oder indirekte Verluste oder Kosten durch die Aufrechterhaltung der Biodiversität in den Betrieben (wie z. B. Schäden an Fischbeständen durch geschützte fischfressende Vogelarten wie *Phalacrocorax carbo*)

⁵⁹ Willot, P.-A., J. Aubin, J.-M., Salles und A. Wilfart. (2019). Ecosystem service framework and typology for an ecosystem approach to aquaculture [Ökosystemleistungsrahmen und -typologie für einen Ökosystem-Ansatz in der Aquakultur]. *Aquacultures* 512, 734260. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734260>.

⁶⁰ Turkowski, K. und A. Lirski. (2011) Non-productive functions of fish ponds and their possible economic evaluation [Nicht-produktive Funktionen von Fischteichen und ihre mögliche wirtschaftliche Bewertung]. In: Lirski A. und A. Pyć, Eds., *Carp culture in Europe: Current status, problems, perspectives*. Olsztyn, Polen: IRŚ Olsztyn.

⁶¹ Seitel, C. und M. Oberle. (2019). Ökosystemdienstleistung der Karpfenteichwirtschaft. *Fischer & Teichwirt* 11, 409–412.

⁶² Koushik, R., J. Vrba S. Koushik und J. Mraz. (2020). Nutrient footprint and ecosystem services of carp production in European fishponds in contrast to EU crop and livestock sectors: [Nährstoff-Fußabdruck und Ökosystemleistungen der Karpfenproduktion in europäischen Fischteichen im Vergleich zum EU-Pflanzen- und Viehzuchtbereich]. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122268. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122268>.

⁶³ Foundation for Development of Fisheries Sciences – NAIK Research Institute for Fisheries and Aquaculture [Stiftung für die Entwicklung der Fischereiwissenschaften - NAIK Forschungsinstitut für Fischerei- und Aquakulturforschung]. (2020). Role of freshwater pond aquaculture in the maintenance of natural values of wetland habitats [Rolle der Süßwasserteich-Aquakultur bei der Erhaltung der natürlichen Werte von Feuchtbiotopen]. Szarvas. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620323155>

zumindest teilweise kompensiert werden können⁶⁴. Das „Füttern“ von fischfressenden Vögeln und Säugetieren auf Kosten des Fischzüchters ist nicht Teil des Buchhaltungssystems und kann nicht an die Steuerbehörden gemeldet werden.

4.3. Ökosystemleistungen der Aquakultur in Flussmündungen und Lagunen

Durch menschliche Aktivitäten stehen Lagunen unter ständigem Druck und gehören zu den am meisten bedrohten Ökosystemen der Welt. Der größte Teil der negativen Einflüsse kommt von außerhalb des Aquakultursektors in Form von Verschmutzung, landwirtschaftlichen Düngemitteln, die in die Lagunen eingeleitet werden, städtischen Abwässern, industrieller Verschmutzung mit Schwermetallen und PCBs und dem übermäßigen Schutz von fischfressenden Vögeln, was dazu führt, dass sich das biogeochemische Gleichgewicht, das die Funktion des Ökosystems Lagune ermöglicht, ändern.

Auf einige Auswirkungen, die die Aquakultur auf den ökologischen Zustand von Lagunen hat, wurde bereits reagiert, während andere zumindest die Aufmerksamkeit von Betrieben und Forscher auf sich gezogen haben. Der Gesamtbeitrag der Aquakultur in allen Arten von Lagunen zum Ökosystem ist positiv; auch die Tatsache, dass die traditionelle Aquakultur seit Hunderten von Jahren in diesen Ökosystemen gedeiht, zeigt, dass hier eine bessere und stärker unterstützende Politik gebraucht wird. Die Aufrechterhaltung einer starken ökologischen Stabilität ist die Grundlage für die langfristige Rentabilität von Lagunen-Aquakulturbetrieben. Küstenlagunen hätten ohne ein kontinuierliches Management durch die lokalen Gemeinschaften (Fischzüchter und Fischer), das auf die Verbesserung der Fischproduktion oder den Fischfang abzielt, nicht überlebt, wodurch nicht nur die physische Erhaltung dieser Naturräume, sondern auch die Erhaltung ihres Biodiversitätswertes ermöglicht wird. Menschliche Aktivitäten, die, wie in dieser Empfehlung beschrieben, natürliche Prozesse und Dynamiken nachahmen, ermöglichen in der Tat nicht nur das Überleben ökologischer Gemeinschaften, sondern auch wirtschaftlicher Aktivitäten.

⁶⁴ Bozáné Békefi, E., G. Gyalog und L. Váradi. (2017). A multifunkcionális halgazdaságok szerepe és jelentősége. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok* 12 (1–2), 121–125. <https://doi.org/10.14232/jtgf.2017.1-2.121-125>.



Abb. 11. Küstenlagunen in der Bucht von Cadiz (Spanien). Bildnachweis: ©J.C. Macias, 2011.

Wie bei anderen Arten der Aquakultur auch wurden bei der Bewertung der Ökosystemleistungen aller Formen der Lagunen-Aquakultur mehrere Beiträge identifiziert: Nahrungsbereitstellung (Fisch und Schalentiere), Süßwasserspeicherung, hydrologischer Ausgleich, Wasserreinigung, Klimaregulierung, Hochwasserschutz, Sauerstoffproduktion, Fruchtbarkeit, Erholung und Ökotourismus. „Die Erhaltung der Lagunen ist daher aufgrund ihrer ökologische Bedeutung und auch wegen der wertvollen Ökosystemleistungen relevant, die sie für das menschliche Wohlergehen erbringen.“⁶⁵

Die anderen beiden Schritte für eine ganzheitliche Betrachtung der Ökosystemleistungen nicht nur von Lagunen, sondern auch von anderen Formen der Aquakultur, nämlich die Quantifizierung und Bewertung, müssen noch in einer gemeinsamen wissenschaftlichen Anstrengung von Aquakulturbetrieben, Ökonomen, Ökologen und Umweltwissenschaftlern standardisiert werden. Die verfügbaren Daten zeigen zum Beispiel, dass die kulturellen Dienstleistungen des Ökosystems der Lagune von Venedig auf 530 Millionen Euro pro Jahr oder 12 Millionen Euro/km² geschätzt werden, wobei der spezifische Beitrag der Aquakultur zu diesem Ergebnis noch kaum erforscht ist.

5. Schlussfolgerungen

Die Zucht von Muscheln und die extensive und semi-intensive Fischzucht in Teichen und Flussmündungen haben in Europa eine lange Geschichte und liefern hochwertige und gesunde Lebensmittel, die Teil der facettenreichen europäischen Küche sind.

⁶⁵ Newton, A., A. Brito, J. Icelly, V. Derolez, I. Clara, S. Angus, G. Schernewski, M. Inácio, A. Lillebø, A. Sousa, B. Béjaoui, C. Solidoro, M. Tosic, M. Cañedo-Argüelles, M. Yamamuro, S. Reizopoulou, H.-C. Tseng, D. Canu, L. Roselli, M. Maanan, S. Cristina, A. Ruiz-Fernández, R. de Lima, B. Kjerfve, N. Rubio-Cisneros, A. Pérez-Ruzafa, C. Marcos, R. Pastres, F. Pranovi, M. Snoussi, J. Turpie, Y. Tuchkovenko, B. Dyack, J. Brookes, R. Povilanskas und V. Khokolov. (2018). Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons [Beurteilung, Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistungen von Küstenlagunen]. *Journal of Natural Conservation* 44, S. 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.02.009>.

Diese Formen der Aquakultur schaffen Wohlstand und Beschäftigung und tragen damit zur Ernährungssicherheit und zum Wohlergehen der ländlichen und küstennahen Gemeinden in vielen Regionen der EU bei.

Gut bewirtschaftete Teiche, Lagunen und Flussmündungen mit Flossenfischen sowie Muschel-Aquakulturen tragen wesentlich zur Erhaltung und Verbesserung der Umwelt bei, erhalten die mit aquatischen Ökosystemen verbundene Artenvielfalt und erbringen Ökosystemleistungen für die Gesellschaft, die nicht immer anerkannt werden.

Die Besonderheiten dieser Aquakulturen sowohl in Bezug auf die Ökosystemleistungen als auch auf ihre Bedürfnisse sollten von politischen Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit besser verstanden und anerkannt werden.

6. Empfehlungen

6.1. Empfehlungen für die Muschelzucht

6.1.1. Maßnahmen, die in die nationalen Aquakulturpläne aufgenommen werden sollten

- 1) Aquakultur-Ökosysteme, die auf der extensiven Zucht von Muscheln beruhen (Muschelzucht-Ökosysteme), müssen als Teil des natürlichen Erbes, das mit menschlichen Produktionsaktivitäten verbunden ist, identifiziert und anerkannt werden;
- 2) Muschelgewässer müssen wirksam geschützt werden, da sie besonders empfindlich auf den Verlust der Wasserqualität reagieren;
- 3) Die Kohärenz zwischen dem Wasserkataster für die Muschelzucht und ihrem Schutz gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie sowie eine angemessene Regulierung und Unterstützung der Ökosystemleistungen der Muschelzucht gemäß der EU-Biodiversitätsstrategie sollten gefördert werden;
- 4) Die Ökosystemleistungen, die die Muschelzucht erbringt, müssen untersucht, bewertet und hervorgehoben werden. Dazu sollte Forschung zu den Ökosystemleistungen, die von diesen Aqua-Ökosystemen erbracht werden, finanziell gefördert werden;
- 5) Die Produkte der Muschelzucht, ihre Details und ihre Geschichte und Traditionen sollten durch Werbeaktivitäten und -kampagnen gefördert werden (gemäß der Strategie „Vom Hof auf den Tisch“);

- 6) Die Menschen - Muschelzüchter -, die diese Aqua-Ökosysteme und ihre Leistungen pflegen und erhalten, müssen ausdrücklich anerkannt und unterstützt werden;
- 7) Um die soziale Struktur der Muschelzucht zu stärken, sollten die repräsentativen Strukturen des Sektors durch die Einrichtungen geschützt werden, die die offiziellen EU-Qualitätszeichen (g.U., g.g.A., g.t.S.) verwalten;
- 8) Die Einbindung junger Menschen in die extensive Muschelzucht sollte erleichtert und gefördert werden;
- 9) Es sollten Maßnahmen unterstützt werden, die das Bewusstsein der Öffentlichkeit für eine nachhaltige Aquakultur von Muscheln als Lebensmittelproduktionssystem stärken, das Ökosystemleistungen erbringt, einen geringen Kohlenstoff-Fußabdruck hat und die Biodiversität bereichert;
- 10) Der Verzehr natürlicher und gesunder tierischer Eiweiße aus extensiver Muschel-Aquakultur sollte gefördert werden, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen (gemäß der Strategie „Vom Hof auf den Tisch“).

6.1.2. Maßnahmen, die von der Europäischen Kommission umgesetzt werden sollten

- 1) Die Rolle und Bedeutung der Muschelzucht mit ihrem lokalen Wissen und ihren langjährigen Traditionen und Ökosystemleistungen für die Gesellschaft sollten anerkannt und angemessen unterstützt werden;
- 2) Die administrativen Verfahren, die mit der Muschelzucht verbunden sind, sollten rationalisiert werden;
- 3) Es sollte wissenschaftlich fundiertes Wissen über die natürlichen Werte und Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur gesammelt werden;
- 4) Die AAC-Empfehlung zur Entwicklung von muschelspezifischen Richtlinien (Juni 2020 - AAC 2020-05) und der AAC-Empfehlung „Schutz der Qualität von Muschelgewässern“ (Oktober 2019) sollten umgesetzt werden;
- 5) Bei der Formulierung und Förderung von Maßnahmen zur Entwicklung der europäischen Politik für den Grünen Deal und den Schutz der Biodiversität sollten die positiven Aspekte, die von

Muschelgewässern im Kampf gegen die Eutrophierung der Küsten und den Klimawandel ausgehen, berücksichtigt werden;

- 6) Es sollten Wissensplattformen mit Forschungsergebnissen zu den Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur und ihrem natürlichen Wert aufgebaut werden;
- 7) Es sollte ein breites Programm zur Verbreitung dieser Ergebnisse gefördert werden, um der Öffentlichkeit dieses Wissen zu vermitteln;
- 8) Maßnahmen zum Erhalt und zur Stärkung der Ökosystemleistungen der Muschelaquakultur sollten gefördert werden;
- 9) Die Produktionsverluste in Muschelzuchtbetrieben durch geschützte Arten sollten erfasst und es sollten Unterstützungs- und Kompensationsmechanismen für die Produzenten eingerichtet werden.

6.2. Empfehlungen für die Teich-, Lagunen- und Flussmündungs-Aquakultur von Flossenfischen

6.2.1. Maßnahmen, die in die nationalen Aquakulturpläne aufgenommen werden sollten

- 1) Die Ökosystemleistungen der Teich-, Lagunen- und Flussmündungsfischzucht sollten (in Übereinstimmung mit der EU-Biodiversitätsstrategie) angemessen reguliert und unterstützt werden;
- 2) Es sollte eine koordinierte Raumplanung für Gewässer und Land geschaffen, die angemessenen Zuteilung von Flächen für die Aquakultur zur Erbringung von Ökosystemleistungen sichergestellt sowie die bürokratischen Verfahren sowohl beim Zugang zu Flächen als auch bei der Lizenzierung vereinfacht werden, um die langfristige Existenz dieser Form von Aquakultur zu gewährleisten;
- 3) Es sollte gezielte Unterstützung für den Erhalt der Funktionalität von Teich-, Lagunen- und Flussmündungsfarmen bereitgestellt werden, um Feuchtgebiete zu erhalten;
- 4) Die Wiederanbindung kurzer ländlich-urbaner Nahrungsnetze und lokaler Märkte sollte gezielt unterstützt werden, um die Biodiversität auf lokaler Ebene zu erhalten;
- 5) Die Erforschung der Ökosystemleistungen, die durch Teich-, Lagunen- und Flussmündungsfischzucht erbracht werden, sollte finanziell gefördert werden;
- 6) Die Produkte der Teichwirtschaft, ihre Eigenschaften und die Rolle der Polykultur sollte durch Marketingaktivitäten und -kampagnen (gemäß der Strategie „Vom Hof auf den Tisch“) gefördert werden;
- 7) Es sollten Ausbildungsprogramme für die extensive und semi-intensive Aquakultur angeboten werden, um zu verhindern, dass diese für junge Landwirte unattraktiv und von ihnen aufgegeben wird;
- 8) Es sollten Wissensplattformen mit Forschungsergebnissen zu Ökosystemleistungen der Aquakultur aufgebaut werden;
- 9) Es sollten wirksame Pläne zum Management von Fischräubern wie Fischottern, Kormoranen, Reiher usw. umgesetzt werden.

6.2.2. Maßnahmen, die von der Europäischen Kommission umgesetzt werden sollten

- 1) Die Rolle und Bedeutung der Muschelzucht mit ihrem lokalen Wissen und ihren langjährigen Traditionen und Ökosystemleistungen für die Gesellschaft sollten anerkannt und angemessen unterstützt werden;
- 2) Es sollte ein Überblick über die Anwendung von Artikel 54 (R508/2014) in den Mitgliedsstaaten vorgelegt werden;
- 3) Die Verwaltungsverfahren für diese Form der Fischzucht und für andere Systeme mit positiver Auswirkung auf die Umwelt, wie Muscheln und Algen sollten vereinfacht werden;
- 4) Es sollten wissenschaftlich fundiertes Wissen über den natürlichen Wert und die Ökosystemleistungen der Fischaquakultur, insbesondere der traditionellen europäischen Teich- und Lagunenaquakultur, gesammelt werden;
- 5) Bei der Ausarbeitung politischer Papiere mit Maßnahmen gegen den Klimawandel (z. B. im Einklang mit dem Grünen Deal), sollten auch die positiven Aspekte der Wasserflächen, die von diesen Zuchtssystemen bereitgestellt werden, berücksichtigt werden;
- 6) Der Beitrag und die Auswirkungen der Leitlinien zur Wasserrahmenrichtlinie und den N2000-Richtlinien auf nationaler Ebene sollte evaluiert werden.
- 7) Obwohl der Wert der Ökosystemleistungen, die von der Teich-, Lagunen- und Flussmündungszucht erbracht werden, deutlich höher ist als der jedes anderen landwirtschaftlichen Sektors, ist die Unterstützung für die komplexen natürlichen Wertleistungen, die von der Aquakultur geschaffen und erhalten werden, deutlich geringer als für die Landwirtschaft. Wir betonen, wie wichtig es ist, diesen Widerspruch durch die Konzentration auf die Ziele des Grünen Deals der EU aufzulösen. Die Werte der Aquakultur sollten mindestens ebenso anerkannt und unterstützt werden wie die der Landwirtschaft;
- 8) Es sollten Wissensplattformen mit Forschungsergebnissen zu Ökosystemleistungen der Aquakultur aufgebaut werden;
- 9) Der Schutzstatus von besonders geschützten Arten, die Fischverluste in Teichen verursachen, sollte evaluiert werden;
- 10) Es sollte die Möglichkeit untersucht werden, den Anteil der Kreislaufwirtschaft in der Teich-, Lagunen- und Flussmündungsaquakultur zu erhöhen;
- 11) Die natürlichen Werte und Ökosystemleistungen von Teich-, Lagunen- und Flussmündungsaquakulturen und ihrer Rolle bei der Erhaltung von Feuchtgebietslebensräumen

sollten besser vermittelt werden;

- 12) Es sollten Bildungsprogrammen zur Steigerung des Bewusstseins, des Wissens und des Verständnisses der Aquakultur und insbesondere der Teich-, Lagunen- und Flussmündungsaquakultur und ihrer natürlichen Werte und Ökosystemleistungen entwickelt werden;
- 13) Erhalt und Stärkung der Ökosystemleistungen der Teich-, Lagunen- und Flussmündungsaquakultur sollten stärker unterstützt werden;
- 14) Um die natürlichen Werte und Ökosystemleistungen der Teich-, Lagunen- und Flussmündungsaquakultur zu erhalten, muss ein Kompensationsmechanismus für Schäden ausgearbeitet werden, die durch Wildtiere in Verbindung mit Teich- und Lagunenlebensräumen verursacht werden.



Beirat für Aquakultur (AAC)

Rue de l'Industrie 11, 1000 Brüssel, Belgien

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

E-Mail: secretariat@aac-europe.org

Twitter: @aac_europe

www.aac-europe.org