

BRIEFING

April 2026

# Methanreduktion in der Landwirtschaft

Die Rotalge als strategisches Futtermittel

## Executive Summary

Die Landwirtschaft steht unter einem beispiellosen klimapolitischen Druck. Mit dem *Global Methane Pledge* [13] rückt die enterische Fermentation von Wiederkäuern in den harten Fokus der globalen Emissionsgesetzgebung. In diesem Monat analysieren wir daher den Einsatz der Rotalge *Asparagopsis taxiformis* – die derzeit potenteste bekannte biologische Lösung zur Methanreduktion (bis zu 98 %). Die Rotalge ist jedoch keine simple "Plug-and-Play"-Lösung, sondern ein hochkomplexes biochemisches Werkzeug.

Die kommerzielle Skalierung scheitert derzeit an zwei kritischen Faktoren: der **Instabilität von Bromoform** und den **Jod-Grenzwerten**. Da Bromoform hochvolatil ist, führt konventionelle Verarbeitung zu massivem Wirkstoffverlust – die Lösung liegt in der Verfahrenstechnik, nicht in weiteren Wirksamkeitsbelegen. Regulatorisch ist außerdem die EU-Zulassung blockiert, solange keine toxikologischen Langzeitdaten zu Bromoform-Rückständen in Milch und Fleisch sowie Lösungen für die extremen natürlichen Jodgehalte vorliegen.

## Strategische Relevanz

Die Methanminderung entwickelt sich rasant von einer freiwilligen Nachhaltigkeits-Idee zur wirtschaftlichen Notwendigkeit. Der strategische Nutzen der Rotalge lässt sich dabei in fünf Kernpunkten zusammenfassen:

- **Ökologische Hebelwirkung:** Mit einer Methanreduktion von bis zu 98 % ist die Rotalge der derzeit stärkste biologische Stellhebel, um die Emissionsziele im Agrarsektor real zu erreichen.
- **Regulatorische Sicherheit:** Angesichts weltweit verschärfter Klimagesetze wird der Einsatz von Methan-Inhibitoren künftig zur Voraussetzung für den Marktzugang und den Erhalt von Agrarsubventionen.
- **Ökonomisches Potenzial:** Unternehmen sichern sich durch belastbare Emissionsdaten nicht nur den Zugang zu grünen Investmentfonds, sondern erschließen über den CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel völlig neue Einnahmequellen.
- **Produktsicherheit & Vertrauen:** Der Erfolg entscheidet sich an der Schnittstelle zum Verbraucher. Nur wer die Rückstände (Jod und Bromoform) sicher im Griff hat, gewinnt das langfristige Vertrauen des Handels und der Konsumenten.
- **Wettbewerbsvorteil:** In einem zunehmend klimaregulierten Umfeld werden Methan-Inhibitoren zur „License to Sell“. Frühzeitige technische Expertise bei der stabilen Anwendung im Betrieb sichert die Marktführerschaft von morgen.

## Outlook & Roadmap

**Verschärfung der EFSA-Zulassungspflicht:** Die behördliche Einstufung als „zootechnischer Zusatzstoff“ bleibt die größte Hürde. Der Fokus der Zulassungsverfahren verlagert sich von der reinen Wirksamkeit hin zum Nachweis der Unbedenklichkeit bei kumulativer Jod-Exposition in der Langzeitanwendung. Ohne lückenlose Toxikologie-Daten zu Rückständen in Milch und Fleisch wird kein Marktzugang in der EU erfolgen. [Mehr dazu unter REGULATORIK]

**Standardisierung der Stabilisierungsverfahren:** Die konventionelle Gefriertrocknung verliert aufgrund der hohen Bromoform-Flüchtigkeit und der damit verbundenen Instabilität massiv an Bedeutung. Die Öl-Extraktion (*Steeping*) etabliert sich als industrieller Standard, da sie die Bioverfügbarkeit des Wirkstoffs über globale Lieferketten hinweg erstmals ökonomisch absichert [Mehr dazu unter TECHNIK].

**Fokus auf Tier-Produktivität:** Die wissenschaftliche und kommerzielle Debatte verschiebt sich von der maximalen Methanreduktion hin zur Futteraufnahme (*Dry Matter Intake*, DMI). Der entscheidende wirtschaftliche KPI der kommenden zwei Jahre wird die Vermeidung von Leistungsdepressionen (Milchleistung/Zunahmen) bei der Langzeitgabe der Alge sein. [Mehr dazu unter KLINIK]

## Handlungsempfehlungen

Die Integration von Methaninhibitoren wie *Asparagopsis taxiformis* ist kein rein technologisches „Add-on“, sondern eine systemische Veränderung der Wertschöpfungskette.

- **Produktentwicklung:** Ist unsere Dossier-Infrastruktur auf lipid-stabilisierte Extrakte (Öl-Basis) ausgelegt, um Bromoform-Volatilität und Wirkstoffverluste prozesssicher zu verhindern? [Mehr dazu unter TECHNIK]
- **Quality-Management:** Steht die Analytik für Jod-MRLs (*Maximum Residue Levels*), um die Verkehrsfähigkeit der Milchprodukte regulatorisch lückenlos zu garantieren? [Mehr dazu unter REGULATORIK]
- **Marketing:** Ist das Team geschult, die Differenzierung zwischen *Hazard* (theoretische Gefahr) und *Risk* (tatsächliche Exposition) gegenüber Handel und Verbrauchern faktenbasiert zu führen? [Mehr dazu unter REGULATORIK]
- **Geschäftsführung:** Ist die Refinanzierung für die Betriebe gesichert? Prüfen Sie, ob die Kosten der Algenfütterung durch den Verkauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten am freien Markt oder durch direkte Klimaboni Ihrer Abnehmer (*Insetting*) gedeckt werden können. [Mehr dazu unter ÖKONOMIE]

## Quellen-Analyse

### Regulatorik

In diesem Bereich werden die rechtlichen Rahmenbedingungen, Sicherheitsstandards sowie toxikologische Bewertungen analysiert, die für die Marktzulassung und den Schutz der gesamten Wertschöpfungskette zwingend erforderlich sind. Die Regulatorik bildet das Rückgrat der gesamten Wertschöpfungskette und definiert die rechtlichen Leitplanken für den Markteintritt im europäischen Binnenmarkt.

### Zwischen Klimaschutz und Toxikologie

Die Marktzulassung in der EU ist der kritischste Flaschenhals für die Kommerzialisierung von *Asparagopsis taxiformis*. Als „zotechnischer Zusatzstoff“ unterliegt die Alge einem strengen Prüfverfahren durch die EFSA, das den lückenlosen Nachweis der Unbedenklichkeit auf vier Ebenen fordert: Tier, Anwender, Verbraucher und Umwelt. Jede Marktstrategie ist hinfällig, solange dieses Verfahren nicht erfolgreich abgeschlossen ist.

#### Erste Hürde: Bromoform

Der strategische Kernkonflikt liegt in der Stoffgruppe der Halogenmethane, primär im Wirkstoff Bromoform. Während Behörden Bromoform als „potenziell krebserregend“ (**Hazard**/theoretische Gefahr) einstufen, belegt die aktuelle Datenlage, dass bei präziser Dosierung kein gesundheitsrelevantes Belastungsrisiko (**Risk**/ tatsächliche Exposition) besteht. Klinische Untersuchungen zum Übergang von Bromoform in tierische Erzeugnisse zeigen ein differenziertes Bild: Während ein Transfer in das Fleisch bisher nicht nachgewiesen werden konnte [1], belegen Studien in der Milch einen messbaren, wenn auch geringen Übergang [2].

Zur Einordnung: Da spezifische Rückstandshöchstgehalte (MRLs) noch fehlen, ziehen Behörden oft Trinkwassernormen heran. Der EU-Grenzwert für Trihalogenmethane liegt bei 100 µg/L – die real gemessenen Werte in der Milch liegen somit deutlich innerhalb dieses Sicherheitskorridors. Interessant ist auch: Hintergrundbelastungen mit Bromoform in Kontrollgruppen erschweren oft die eindeutige Zuordnung geringer Bromoform-Funde zur Algenfütterung [3].

Da Bromoform nicht als Zusatzstoff gemäß der **Verordnung (EG) Nr. 1831/2003** gelistet ist, fehlen verbindliche MRLs. Unternehmen dürfen die Alge zwar als Einzelfuttermittel vertreiben, riskieren aber bei jeglicher Bewerbung der Methanreduktion rechtliche Sanktionen.

#### Zweite Hürde: Jod

Ein weitaus realeres Hindernis ist der natürliche Jodgehalt der Alge: Die **Durchführungsverordnung (EU) 2015/861** begrenzt den Jodgehalt in Alleinfuttermitteln für Milchkühe strikt auf **5 mg/kg**. Da die Supplementierung den Jodgehalt der Milch um das bis zu **5-fache** erhöhen kann [3], besteht das Risiko, dass sensible Verbrauchergruppen (Kleinkinder) die tolerierbare Höchstaufnahmemenge (UL) überschreiten. In der Praxis limitiert daher oft nicht die Bromoform-Toxizität, sondern der gesetzliche Jod-Grenzwert die Einsatzmenge.

[1] Kinley, R. D., et al. (2020): Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836>

In dieser 90-tägigen Untersuchung an Fleischrindern wurde belegt, dass eine Supplementierung mit *Asparagopsis taxiformis* (bis zu 0,2 % der organischen Masse) die Methanemissionen um bis zu 98 % senkt. Entscheidend für die Regulatorik: In keiner der Fleisch-, Fett- oder Leberproben konnten Rückstände von Bromoform nachgewiesen werden.

**Bedeutung:** Diese Studie liefert den notwendigen Beleg für die Fleisch-Sicherheit. Sie zeigt, dass trotz der hohen Wirksamkeit kein Transfer des Wirkstoffs in das Muskel- oder Fettgewebe stattfindet, was das toxikologische Risiko beim Fleischverzehr als vernachlässigbar einstuft.

**Einordnung:** Hochkarätige In-vivo-Praxisstudie, peer-reviewed. Sie gilt als die meistzitierte Referenz für den Nachweis der Rückstandsfreiheit von Bromoform in der Rindfleischproduktion.

[2] Muizelaar, W., et al. (2021): Safety and Transfer Study: Transfer of Bromoform Present in *Asparagopsis taxiformis* to Milk and Urine of Lactating Dairy Cows. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods10030584>

Diese Sicherheitsstudie belegt einen kurzzeitigen Bromoform-Transfer in die Milch (9,1 bis 35 µg/L), der nach 17 Tagen unter die Nachweisgrenze sank. Hochkritisch dokumentiert die Untersuchung jedoch morphologische Schäden an der Pansenwand (Entzündungen, Blutungen, Geschwüre) bei höheren Dosierungen.

**Bedeutung:** Die Ergebnisse entschärfen die Rückstandsdebatte für Endprodukte, definieren aber eine klare physiologische Belastungsgrenze. Der strategische Fokus muss zwingend auf dem Schutz der Pansengesundheit und präzisen Dosierungsprotokollen liegen.

**Einordnung:** Hochrelevante peer-reviewed Studie. Durch das Studiendesign nach EFSA-Leitlinien besitzt sie eine besonders hohe Beweiskraft für zukünftige Zulassungsverfahren.

[3] Stefenoni, H. A., et al. (2021): Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686>

Diese Studie dokumentiert die Jod-Problematik: Die Konzentration in der Milch stieg unter „HighAT“-Bedingungen (0,5 % der TM) drastisch an (5-fach). Zudem belegt die Studie Hintergrundbelastungen mit Bromoform in der Kontrollgruppe.

**Bedeutung:** Die Studie markiert den „Jod-Flaschenhals“. Die extreme Anreicherung gefährdet die Einhaltung der EU-Grenzwerte und erzwingt technische Lösungen zur Jod-Reduktion in der Aufbereitung, um die Marktfähigkeit der Milchprodukte zu sichern.

**Einordnung:** Veröffentlicht im führenden *Journal of Dairy Science*. Die Arbeit ist essenziell für die Risikoanalyse des Qualitätsmanagements hinsichtlich der gesetzlichen Jod-Grenzwerte.

## Klinik

Diese Kategorie umfasst die wissenschaftliche Evidenz aus kontrollierten klinischen Studien sowie die detaillierte Analyse physiologischer Wirkmechanismen auf zellulärer und organischer Ebene. Sie bildet das Fundament, um die biologische Wirksamkeit und die gesundheitlichen Auswirkungen einer Intervention objektiv zu bewerten.

Klinische Daten sind der ultimative Beweis für die Integrität einer Innovation. Für Entscheidungsträger, Investoren und Experten ist das Verständnis der physiologischen Antwort essenziell, um die Diskrepanz zwischen theoretischem Potenzial im Labor und der tatsächlichen Performance am lebenden Tier sicher einzuschätzen und ökonomische Risiken durch Leistungsabfälle zu vermeiden.

## Biochemische Präzision und ihre physiologischen Kosten

Die außergewöhnliche Kapazität von *Asparagopsis taxiformis* (AT) zur Methanreduktion basiert primär auf der biochemischen Potenz des enthaltenen Bromoforms, das die Methanogenese im Pansen gezielt blockiert. Wissenschaftliche Daten belegen konsistent Reduktionsraten von über 98 %, wobei für die klinische Bewertung strikt zwischen der mechanistischen Potenz in In-vitro-Simulationen und der biologischen Validierung am lebenden Tier (In-vivo) unterschieden werden muss. Während Laborexperimente eine nahezu vollständige Eliminierung des Methanausstoßes zeigen, bestätigen aktuelle In-vivo-Studien an Fleischrindern Reduktionswerte von bis zu 99 %, sofern der Wirkstoff durch moderne Verfahrenstechniken wie die Öl-Extraktion stabilisiert wird.

Diese beeindruckende Effizienz ist jedoch kein physiologischer „Free Lunch“. Aktuelle Langzeitstudien signalisieren, dass die Belastungsgrenze der Tiere bei unsachgemäßer Supplementierung schnell erreicht ist. Dies äußert sich in signifikanten Rückgängen der DMI (Dry Matter Intake / Trockenmasseaufnahme) und daraus resultierenden Einbußen bei der Milch- oder Fleischleistung.

Der strategische Fokus der Produktentwicklung verschiebt sich daher aktuell drastisch: Weg vom reinen Wirksamkeitsbeweis, hin zur Definition optimaler physiologischer Protokolle. Ziel ist es, den maximalen Klimaschutz mit dem Erhalt des Tierwohls und der betrieblichen Produktivität zu synchronisieren. Die folgende Analyse der Schlüsselstudien detailliert diese Evidenz und definiert die Rahmenbedingungen, unter denen diese klinischen Spitzenwerte ohne Leistungsverluste erreicht werden können.

[4] Kebreab, E., et al. (2025): A meta-analysis of effects of seaweed and other bromoform-containing feed ingredients on methane production, yield, and intensity in cattle. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26960>

Diese umfassende Meta-Analyse aggregiert globale Datenpunkte zur Supplementierung bromoformhaltiger Algen bei Rindern. Sie bestätigt statistisch signifikante Reduktionen der Methan-Intensität über verschiedene Rassen, Haltungssysteme und Fütterungsregime hinweg. Zentrales Ergebnis ist die Identifikation der Bromoform-Dosierung als verlässlicher Prädiktor für die Reduktionsleistung.

**Bedeutung:** Für Investoren und Regulatoren liefert diese Studie die notwendige statistische Sicherheit. Sie beweist, dass die Methanminderung kein Zufallsprodukt ist, sondern eine reproduzierbare biologische Gesetzmäßigkeit darstellt. Dies ist die argumentative Basis für die großflächige Skalierbarkeit der Rotalge.

**Einordnung: Höchste Evidenzstufe.** Veröffentlicht im *Journal of Dairy Science*, einem weltweit führenden, Peer-reviewed Journal für Milchviehforschung. Die statistische Power der Meta-Analyse ist durch die Aggregation zahlreicher Einzelstudien massiv und minimiert den „Publication Bias“.

[5] Cowley, F. C., et al. (2024): Bioactive metabolites of *Asparagopsis* stabilized in canola oil completely suppress methane emissions in beef cattle fed a feedlot diet. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1093/jas/skae109>

Die Untersuchung an Angus-Färsen konzentriert sich auf die Wirksamkeit von in Rapsöl stabilisiertem Algenextrakt. Es wurden In-vivo-Reduktionsraten (am lebenden Tier) von **98 % bis 99 %** dokumentiert, wobei die Akzeptanz des Futters durch die Öl-Basis stabil blieb.

**Bedeutung:** Diese Studie belegt den Erfolg des technologischen Wechsels von flüchtigem Pulver hin zur **Öl-Stabilisierung (Steeping)**. Sie zeigt, dass die theoretischen Maximalwerte der Methansenkung auch in der Praxis erreicht werden können, wenn der Wirkstoffverlust verfahrenstechnisch gestoppt wird.

**Einordnung:** Erschienen im renommierten *Journal of Animal Science*. Die Studie überzeugt durch ein exzellentes Studiendesign mit hochsignifikanten P-Werten ( $p < 0,001$ ) für die Methansenkung. Die geringe Standardabweichung in der Versuchsgruppe unterstreicht die Präzision der Öl-Extrakt-Dosierung im Vergleich zu Rohalgen-Pulver.

[6] Li, X., et al. (2025): *Asparagopsis taxiformis* mitigates ruminant methane emissions via microbial modulation and inhibition of methyl-coenzyme M reductase. *Frontiers in Microbiology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12061954/>

Mittels In-vitro-Fermentationsanalysen (Laborsimulation) wurde die Wirkung von gefriergetrockneter *Asparagopsis* auf die Pansenmikrobiota untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine Methansenkung von bis zu **99,33 %**, dokumentieren jedoch gleichzeitig signifikante Verschiebungen in den Profilen der flüchtigen Fettsäuren (VFA) und der Fermentationsdynamik.

**Bedeutung:** Die Studie dient als biochemisches Frühwarnsystem. Sie erklärt, warum Spitzenwerte bei der Reduktion oft mit metabolischen Risiken verbunden sind, die zu einem Abfall der DMI (**Dry Matter Intake/ Trockenmasseaufnahme**) führen können. Dieses Wissen ist essenziell für die Entwicklung sicherer Fütterungsprotokolle, um Leistungsdepressionen zu vermeiden.

**Einordnung:** Die Studie nutzt hochpräzise metagenomische Analysen (Sequenzierung), um die Verschiebung der Methanbildner statistisch zu belegen. Sie bietet die tiefste klinische Einsicht in die enzymatische Hemmung der Methanogenese.

## Technik

Diese Kategorie fokussiert auf technologische Innovationen in der Herstellung, Stabilisierung und Applikation von Wirkstoffen. Sie bewertet die technische Machbarkeit der Skalierung von der Laborreife hin zur industriellen Produktion und globalen Lieferkette.

Die biologische Schlagkraft von *Asparagopsis* ist belegt – die technologische Hürde liegt in der Flüchtigkeit des Bromoforms und dem extremen Jodgehalt. Wer diese Parameter nicht beherrscht, verliert entweder die Wirkung oder die Marktzulassung.

## Öl statt Gefriertrocknung

Lange Zeit war die Gefriertrocknung der Standard. Doch sie hat eine kritische Schwäche: Das Endprodukt ist hygroskopisch und verliert bei Raumtemperatur massiv an Wirkstoff. Die industrielle Lösung ist die Öl-Stabilisierung (*Steeping*). Hierbei werden frische Algen in Pflanzenöl eingelegt, wodurch das Bromoform in die Ölmatrix übergeht. Dieses „Asp-Oil“ bleibt selbst bei 40 °C über sechs Monate stabil. Für die Praxis bedeutet das: Nur lipid-stabilisierte Formulierungen garantieren eine konstante Methansenkung über die gesamte Lieferkette hinweg [7].

## Jod-Management durch Waschen

Wie im Abschnitt REGULATORIK beleuchtet, ist der hohe Jodgehalt der Rotalge das primäre Hindernis für die Einhaltung der EU-Futtermittelgrenzwerte. Die Technik muss hier proaktiv gegensteuern, um die Verkehrsfähigkeit der Milchprodukte nicht zu gefährden.

Der erste Schritt in der Aufbereitung ist das Spülen der frisch geernteten Algen mit Süß- oder Meerwasser, um oberflächliche Salze und Mineralien mechanisch zu entfernen. In den EU-Katalogen für Einzelfuttermittel ist dieses Verfahren explizit zur Senkung des Jodgehalts bei Algenprodukten aufgeführt.

Anstatt die gesamte Algenbiomasse zu verfüttern, könnten außerdem die antimethanogenen Wirkstoffe (wie Bromoform) gezielt extrahiert werden. Eine gezielte Extraktion zur Jod-Eliminierung ist zwar technisch möglich, aber bisher regulatorisch eine Sackgasse. Da Bromoform als Reinsubstanz in der EU nicht als Futtermittelzusatzstoff zugelassen ist, wäre ein solches Extrakt faktisch nicht einsetzbar.

Die Zukunft gehört nicht der getrockneten Alge, sondern lipid-stabilisierten Extrakten. Nur die Kombination aus Öl-Matrix (Stabilität) und Reinigung (Jod-Reduktion) macht die Rotalge zu einem sicheren, verkehrsfähigen Futtermittel.

7] Tan, S. M. K., et al. (2022): Shelf-life stability of *Asparagopsis* bromoform in oil and freeze-dried powder. *Journal of Applied Phycology*. [https://doi.org/10.1007/s10811-022-02876-y?urlappend=%3Futm\\_source%3Dresearchgate.net%26utm\\_medium%3Darticle](https://doi.org/10.1007/s10811-022-02876-y?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle)

Diese technologische Vergleichsstudie quantifiziert die Lagerstabilität des flüchtigen Wirkstoffs Bromoform unter verschiedenen Verarbeitungs- und Umgebungsbedingungen. Die Ergebnisse offenbaren die kritische Schwäche des bisherigen Branchenstandards: Gefriergetrocknetes Algenpulver verliert bei Raumtemperatur innerhalb von nur 16 Wochen bis zu 84 % seines Bromoform-Gehalts. Im starken Kontrast dazu erweist sich die direkte Stabilisierung der frischen Biomasse in pflanzlichem Speiseöl als hochgradig protektiv.

**Bedeutung:** Diese Untersuchung deklassiert die reine Gefriertrocknung als kommerzielle Sackgasse für globale Lieferketten. Nur lipid-stabilisierte Extrakte garantieren eine ausreichende *Shelf-Life-Stabilität*. Dies ist die absolute Grundvoraussetzung, um dem Endkunden eine konstante und messbare Methanreduktionsleistung garantieren zu können.

**Einordnung:** Hochrelevante, peer-reviewed Verfahrensstudie. Sie ist die zentrale Referenz für das Qualitätsmanagement zur Definition rechtssicherer Haltbarkeitsdaten und zwingender Lagerungsprotokolle.

## Ökonomie

Diese Kategorie bewertet Marktdynamiken, Kosteneffizienz, Investitionsrisiken sowie Messverfahren und Bilanzierungsstandards (LCA). Sie liefert die ökonomische und methodische Basis für strategische Geschäftsentscheidungen und die Zertifizierung von Emissionsminderungen.

Wissenschaftliche Exzellenz allein sichert keine Marktanteile. Bei der Rotalge entscheidet nicht das Labor, sondern die Bilanz: Die Kosten pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>e und die methodische Belastbarkeit der Emissionszertifikate sind die harten Währungen der Skalierung. Da *Asparagopsis* für den Landwirten keinen unmittelbaren Produktivitätsvorteil (wie Mehrleistung oder schnellere Mast) bietet, steht und fällt der Einsatz mit der Entwicklung externer Refinanzierungsmodelle.

### Warum Klimaschutz am Futtertrog bisher ein Minusgeschäft ist

Der ökonomische „Elefant im Raum“ ist das Fehlen eines natürlichen Return on Investment (ROI) auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Während andere Additive oft die Futtereffizienz steigern, ist *Asparagopsis* primär ein Klimaschutz-Tool. Ohne externe Brückenfinanzierung bleibt der Preis für den Landwirten eine reine Zusatzbelastung. Die primären Kostentreiber? Die Gefriertrocknung ist zur Bromoform-Stabilisierung technisch notwendig, aber extrem energieintensiv (was den Netto-Klima-Gewinn massiv schmälert) und logistisch schwer skalierbar. Die Öl-Extraktion, also das Einlegen in Pflanzenöle (Asp-Oil), ist der ökonomische Gamechanger. Es reduziert den Verarbeitungsaufwand massiv und bietet die nötige Haltbarkeit für globale Lieferketten.

### Die Brücke zur Rentabilität

Um die Rentabilitätsschwelle zu erreichen, muss die finanzielle Lücke durch externe Instrumente geschlossen werden:

1. **Monetarisierung via Carbon Credits:** Emissionsminderungen werden über staatliche Systeme oder freiwillige Märkte in handelbare Zertifikate verwandelt.
2. **Agrarpolitische Hebel:** In der EU rücken Eco-Schemes (Öko-Regelungen) der Gemeinsamen Agrarpolitik in den Fokus, um die Mehrkosten für klimafreundliche Futtermittel staatlich abzufedern.
3. **Branding:** Langfristig planen Molkereien und der Handel, die Reduktionen zur Senkung ihrer Scope-3-Emissionen zu nutzen und die Kosten über Aufschläge für „Klima-Milch“ weiterzugeben. Genau hier greift aber aktuell noch das regulatorische Vakuum. Solange die Alge in der EU keine Zulassung als zootechnischer Zusatzstoff besitzt, ist jeglicher Klimaschutz-Claim am Endprodukt rechtlich untersagt. Dieses lukrative Finanzierungsmodell bleibt bis zur EFSA-Zulassung faktisch blockiert.
4. **Aggregatoren:** Da Einzelbetriebe an den Fixkosten für Audits und Monitoring scheitern würden, übernehmen Zusatzstoff-Hersteller oft die Rolle des Projektträgers. Sie bündeln die Reduktionen vieler Höfe zu vermarktbar Paketen.

[8] Newbold, J. R., et al. / SRUC (2022): Methane mitigation by feed supplements – Economic Advice. *Scotland's Rural College*. <https://pure.sruc.ac.uk/en/publications/methane-mitigation-by-feed-supplements/>

Die Untersuchung belegt, dass Landwirte die Kosten für Methaninhibitoren ohne externe Anreize nicht tragen werden, da der direkte ROI (Return on Investment) durch Leistungssteigerung fehlt. Die Autoren betonen die zwingende Notwendigkeit staatlicher Subventionen sowie privatwirtschaftlicher Marktaufschläge.

**Bedeutung:** Die rein technologische Zulassung der Rotalge bleibt wertlos, solange keine begleitenden Refinanzierungsmechanismen etabliert sind, die das finanzielle Risiko für den Landwirt abfedern.

**Einordnung:** Hochkarätiger, unabhängiger Expertenbericht mit starkem Fokus auf die europäische Agrarökonomie und praktische Fördermodelle.

[9] Alvarez-Hess, P. S., et al. (2019): A partial life cycle assessment of the greenhouse gas mitigation potential. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.11.008>

Diese methodische Arbeit analysiert die Wirtschaftlichkeit von Methanreduktions-Strategien und evaluiert etablierte Carbon-Offset-Methoden. Die Studie zeigt auf, wie essenziell eine saubere Lebenszyklusanalyse (LCA) ist, um den Brutto-Klimagewinn im Pansen mit dem energetischen Fußabdruck der Herstellung gegenzurechnen.

**Bedeutung:** Die Studie ist die methodische Blaupause für die Monetarisierung. Sie zeigt auf, welche strengen Berechnungs- und Verifizierungsschritte Projektträger (Aggregatoren) einhalten müssten, um theoretische Emissionseinsparungen in reale, handelbare Zertifikate (Carbon Credits) umzuwandeln.

**Einordnung:** Methodisch fundierte LCA-Studie (Peer-reviewed). Internationaler Standard für ein Greenwashing-freies Nachhaltigkeits-Programm.

[10] United Nations (2021): Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210015658/downloads/GFaluvegiUNEPGlobMethaneAssessReprint.pdf>

Dieses globale Assessment erörtert Kostenkurven, Steuermodelle und politische Strategien zur weltweiten Methanreduktion. Der Bericht skizziert deutlich, dass staatliche Regulierungen – von verpflichtenden Reduktionsquoten bis hin zu direkten Methansteuern – unweigerlich folgen werden, wenn marktbasierende und freiwillige Anreize nicht ausreichend greifen.

**Bedeutung:** Das Dokument signalisiert der Industrie und dem Lebensmitteleinzelhandel: Wer heute keine eigenen, zertifizierbaren Reduktionsmodelle aufbaut, wird mittelfristig mit restriktiven Steuermodellen konfrontiert.

**Einordnung:** Globale, hochautoritäre Richtlinienpublikation der UN. Sie besitzt höchste strategische Relevanz.

## Politik

Diese Kategorie untersucht politische Roadmaps, internationale Abkommen und legislative Vorhaben auf nationaler und globaler Ebene. Sie ordnet Innovationen in den Kontext politischer Zielsetzungen und gesellschaftlicher Transformationsprozesse ein. Politik schafft Märkte. Strategische Planung erfordert die genaue Kenntnis politischer Förderzeiträume und regulatorischer Trends, um eigene Innovationen zum richtigen Zeitpunkt in die politischen Entscheidungsprozesse und Subventionstöpfe einzusteuern.

## Von der Freiwilligkeit zum Gesetz

Während auf betrieblicher Ebene noch über den fehlenden Return on Investment und technologische Hürden debattiert wird, schafft die globale Klimapolitik bereits harte Fakten. Methan ist nicht länger nur ein agrarpolitisches Nebenthema, sondern das primäre Ziel der internationalen Klimadiplomatie. Da Methan kurzlebig, aber extrem klimawirksam ist, gilt seine rasche Reduktion als der wirksamste Hebel, um die globale Erwärmung kurzfristig zu verlangsamen. Für die Fleisch- und Milchindustrie bedeutet das: Der makropolitische Druck wird unweigerlich so stark steigen, dass die Adoption von Technologien wie *Asparagopsis* vom „Nice-to-have“ zur „License to Operate“ wird.

Der politische Handlungsrahmen wird durch drei zentrale Initiativen definiert:

**1. Die geopolitische Frist: Das Global Methane Pledge [13]** Mit dem Global Methane Pledge haben sich die EU, die USA und über 100 weitere Staaten auf ein historisches, verbindliches Ziel geeinigt: Die Reduktion der globalen Methanemissionen um **30 % bis zum Jahr 2030** (Basis 2020). Diese Deadline ist für die Landwirtschaft der primäre Taktgeber. Ohne massive technologische Eingriffe in die Tierernährung ist dieses Ziel mathematisch schlicht nicht erreichbar.

**2. Die europäische Strategie: Landwirtschaft im Fokus** Die EU-Methanstrategie [11] nimmt den Agrarsektor direkt in die Pflicht. Da über 50 % der anthropogenen Methanemissionen in Europa aus der Landwirtschaft (primär der enterischen Fermentation) stammen, reicht die Regulierung der fossilen Energien nicht aus. Die Strategie forciert explizit die Entwicklung und den Einsatz von innovativen Futtermittelzusatzstoffen.

**3. Infrastruktur für die Markteinführung** Um die Lücke zwischen ambitionierten Zielen und der betrieblichen Realität zu schließen, legt der EU Methane Action Plan den Fokus auf die Umsetzung. Er verankert die Förderung der Methanreduktion in den *Eco-Schemes* der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und drängt auf die Etablierung robuster Systeme für das Monitoring, Reporting und Verification (MRV).

Für Unternehmen und Verbände bedeutet diese Entwicklung: Das Zeitfenster für freiwillige, rein marktwirtschaftliche Klimaschutzmaßnahmen schließt sich. Sobald die technologische Machbarkeit und die rechtliche Zulassung der Rotalge gegeben sind, werden aus freiwilligen Optionen unweigerlich harte gesetzliche Vorgaben oder direkte Emissionsbepreisungen (Methansteuer) entstehen. Wer heute die Infrastruktur für die Bilanzierung und Refinanzierung aufbaut, sichert sich nicht nur Subventionen, sondern schützt sein Geschäftsmodell präventiv vor künftigen regulatorischen Strafen.

[11] Europäische Kommission (2022): European Union Methane Action Plan.

<https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/European%20Union%20Methane%20Action%20Plan.pdf>

Dieser Aktionsplan übersetzt das internationale 30%-Ziel in konkrete europäische Maßnahmen. Er identifiziert die Förderung innovativer Fütterungspraktiken und den Ausbau von MRV-Systemen (Monitoring, Reporting, Verifizierung) als zentrale technologische Hebel für den Agrarsektor.

**Bedeutung:** Dies ist das operative Drehbuch der EU. Es signalisiert der Industrie, dass die politische Infrastruktur für den Einsatz von Additiven massiv ausgebaut wird. Es ist das stärkste Argument für Investoren, dass der Staat den noch unrentablen Markt für Methaninhibitoren künstlich stützen wird.

**Einordnung:** Offizielles Implementierungsdokument der EU; hochgradig relevant für die strategische Ausrichtung von F&E und Vertrieb, um Fördergelder abzugreifen.

[12] Europäische Kommission (2020): COMMUNICATION on an EU strategy to reduce methane emissions. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0663>

Dieses Strategiepapier erkennt offiziell an, dass über die Hälfte der europäischen Methanemissionen aus der Landwirtschaft stammt. Es fordert einen Paradigmenwechsel und die gezielte Förderung von Futtermittelzusatzstoffen zur Reduktion der enterischen Fermentation.

**Bedeutung:** Das Dokument liefert die politische Legitimation, um eine beschleunigte Zulassung von *Asparagopsis taxiformis* bei der EFSA politisch einzufordern, da die Technologie zur Erfüllung der formulierten EU-Klimaziele alternativlos ist.

**Einordnung:** Grundlegende strategische Mitteilung der Kommission; das Fundament der europäischen Methanpolitik und Startschuss für die aktuelle Gesetzgebung.

[13] Europäische Kommission (2021): Joint EU-US Press Release on the Global Methane Pledge. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_4785](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_4785)

Die offizielle diplomatische Deklaration der transatlantischen Allianz zur Reduzierung der globalen Methanemissionen um 30 % bis 2030.

**Bedeutung:** Dieses Dokument erzeugt den ultimativen Druck auf nationale Regierungen. Es ist die Mahnung an die Lebensmittelindustrie: Wenn marktbasierende und freiwillige Anreize scheitern, wird dieses Abkommen der Auslöser für restriktive Maßnahmen (z. B. direkte Methansteuern oder harte Emissionsgrenzwerte am Hof) sein.

**Einordnung:** Internationales Klimaabkommen. Definiert den globalen Handlungsrahmen und die Deadline (2030) für die gesamte tierhaltende Wertschöpfungskette.

## Referenzen

### REGULATORIK

[1] Kinley, R. D., et al. (2020): Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120836. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836>

[2] Muizelaar, W., et al. (2021): Safety and Transfer Study: Transfer of Bromoform Present in *Asparagopsis taxiformis* to Milk and Urine of Lactating Dairy Cows. *Foods*, 10(3), 584. <https://doi.org/10.3390/foods10030584>

[3] Stefenoni, H. A., et al. (2021): Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4157–4173. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686>

### Weiterführend:

Europäisches Parlament und Rat (2003): Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung. *Amtsblatt der Europäischen Union*, L 268/29. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1713536044495&uri=CELEX%3A32003R1831>

Durchführungsverordnung (EU) 2015/861 der Kommission vom 3. Juni 2015: zur Zulassung von Kaliumjodid, wasserfreiem Calciumjodat und beschichtetem granuliertem wasserfreiem Calciumjodat als Zusatzstoffe in Futtermitteln für alle Tierarten. *Amtsblatt der Europäischen Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32015R0861>

Europäisches Parlament und Rat (2020): Richtlinie (EU) 2020/2184 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32020L2184>

BuRO (Office for Risk Assessment and Research) (2025). Advice from the Director of the Office for Risk Assessment and Research regarding risks of bromoform by adding seaweed of the genus *Asparagopsis* to feed for ruminants. Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority (NVWA), Ministry of Agriculture, Fisheries, Food Security and Nature, Utrecht. Referenznummer: 2025-010062920. <https://english.nvwa.nl/documents/organisation/buro/publications/advice-buro-regarding-risks-of-bromoform-by-adding-seaweed-to-feed-for-ruminants>

### KLINIK

[4] Kebreab, E., et al. (2025): A meta-analysis of effects of seaweed and other bromoform-containing feed ingredients on methane production, yield, and intensity in cattle. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26960>

[5] Cowley, F. C., et al. (2024): Bioactive metabolites of *Asparagopsis* stabilized in canola oil completely suppress methane emissions in beef cattle fed a feedlot diet. *Journal of Animal Science*, 102, skae109. <https://doi.org/10.1093/jas/skae109>

[6] Li, X., et al. (2025): *Asparagopsis taxiformis* mitigates ruminant methane emissions via microbial modulation and inhibition of methyl-coenzyme M reductase. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1586456>

### TECHNIK

[7] Tan, S. M. K., et al. (2022): Shelf-life stability of *Asparagopsis* bromoform in oil and freeze-dried powder. *Journal of Applied Phycology*, 34, 1693–1703. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02876-y>

### ÖKONOMIE

[8] Newbold, J. R., et al. / SRUC (2022): Methane mitigation by feed supplements – Economic Advice. Scotland's Rural College. <https://pure.sruc.ac.uk/en/publications/methane-mitigation-by-feed-supplements/>

[9] Alvarez-Hess, P. S., et al. (2019): A partial life cycle assessment of the greenhouse gas mitigation potential of feeding *Asparagopsis taxiformis* to dairy cows. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jagsv.2018.11.008>

[10] United Nations Environment Programme / CCAC (2021): Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions. [https://www.ccaoalition.org/sites/default/files/resources/2021\\_Global-Methane\\_Assessment\\_full\\_0.pdf](https://www.ccaoalition.org/sites/default/files/resources/2021_Global-Methane_Assessment_full_0.pdf)

### POLITIK

[11] Europäische Kommission (2022): European Union Methane Action Plan. [https://energy.ec.europa.eu/document/download/f9a49150-903e-46a6-aec7-f2c21727e9e0\\_en?filename=EU\\_Methane\\_Action\\_Plan.pdf](https://energy.ec.europa.eu/document/download/f9a49150-903e-46a6-aec7-f2c21727e9e0_en?filename=EU_Methane_Action_Plan.pdf)

[12] Europäische Kommission (2020): EU strategy to reduce methane emissions. (COM/2020/663). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0663>

[13] Europäische Kommission / US-Regierung (2021): Joint EU-US Press Release on the Global Methane Pledge. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_4785](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_4785)