

POTENZIALSTUDIE FRACHTSEGLER

Potenziale und Einsatzmöglichkeiten von Frachtseglern in einer nachhaltigen Güterlogistik

Eine Studie von
MOVE4WARD Innovative Transport Solutions

im Rahmen des Projektes
Kompetenzzentrum GreenShipping Niedersachsen

Gefördert durch

MARIKO

GreenShipping Niedersachsen

Niedersachsen



VORBEMERKUNG

Die maritime Logistik steht vor der dringenden Aufgabe, ihre Emissionen deutlich zu reduzieren und langfristig klimaneutrale Transportlösungen zu entwickeln. Neben alternativen Kraftstoffen und Effizienzsteigerungen rückt dabei eine traditionsreiche Antriebsform erneut in den Fokus: der Windantrieb. Frachtschiffe mit windbasiertem Hauptantrieb werden zunehmend als potenziell tragfähige Option im Kontext der Dekarbonisierung diskutiert. Internationale Projekte wie „Neoliner“ oder „TOWT“ zeigen, dass windgestützte Frachtschifffahrt technisch umsetzbar und unter bestimmten Bedingungen wirtschaftlich darstellbar ist.

Für den deutschen Logistikmarkt fehlt jedoch bislang eine systematische und faktenbasierte Bewertung dieser Transportform. Die vorliegende, im Rahmen des Projektes Kompetenzzentrum GreenShipping Niedersachsen durchgeführte, Studie analysiert daher die Marktchancen sowie die wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Frachtseglern in der deutschen Güterlogistik. Sie identifiziert geeignete Marktsegmente und Gütergruppen, bewertet emissions- und kostenbezogene Effekte und ordnet Chancen wie Grenzen realistisch ein. Ziel ist es, einen sachlichen Beitrag zur Diskussion über alternative maritime Antriebskonzepte zu leisten und eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Wirtschaft, Politik und Wissenschaft bereitzustellen.

PROF. DR. JAN NINNEMANN, TORSTEN TESCH
GESCHÄFTSFÜHRER, MOVE4WARD



1. September 2026



INHALT

MARKTANALYSE

Identifikation tragfähiger Marktsegmente und realistischer Einsatzfelder S. 03

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ökonomische Tragfähigkeit von Frachtseglern im Wettbewerbsvergleich S. 30

EMISSIONEN

Emissionsminderungspotenziale im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt S. 55

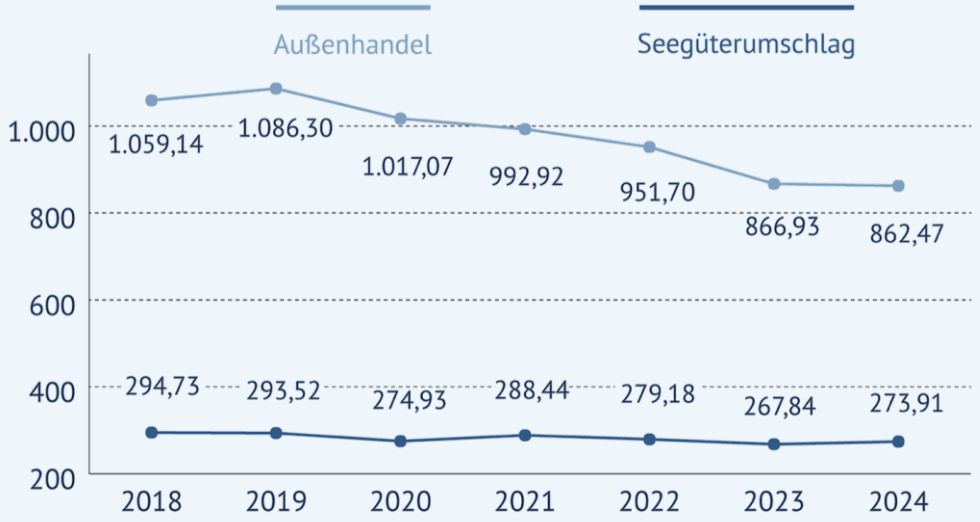
STAKEHOLDER

Marktwahrnehmung, Akzeptanz und Einschätzungen zentraler Akteure S. 71

Seeverkehr trägt nahezu ein Drittel des deutschen Außenhandels

Der Seeverkehr ist von zentraler Bedeutung für den deutschen Außenhandel. Sein Anteil an den gesamten deutschen Im- und Exporten ist von 27,0 % im Jahr 2019 auf 31,8 Prozent im Jahr 2024 gestiegen. Damit wird nahezu ein Drittel des deutschen Außenhandels mengenmäßig über See abgewickelt. Diese Entwicklung unterstreicht die strukturelle Relevanz maritimer Transportketten für eine stark exportorientierte Volkswirtschaft.

Abbildung: Deutscher Seegüterumschlag und Außenhandel 2024 (Mio. t)



Quelle: Destatis (Tabelle 46331-0001, 51000-0001), Eigene Darstellung.

Deutsche Seehäfen schlagen 2024 rund 274 Mio. t um – Seeverkehr bleibt mit 61 % klar importdominiert

Im Jahr 2024 wurden über die deutschen Seehäfen insgesamt knapp 274,0 Mio. t Güter umgeschlagen. Auf Jahresbasis entfielen hiervon rund 166,5 Mio. t auf den Empfang (Importe) und etwa 107,4 Mio. t auf den Versand (Exporte). Der deutsche Seeverkehr ist damit klar importdominiert; rund 61 % des Gesamtumschlags entfallen auf eingehende Güterströme.

Deutscher Seegüterumschlag konzentriert sich auf fünf Kernhäfen

Bei den Häfen konzentriert sich der Umschlag deutlich auf wenige große Standorte: Hamburg blieb 2024 mit 97,0 Mio. t der größte deutsche Seehafen und vereinte damit 35,4 % des gesamten Seegüterumschlags auf sich. Davon entfielen 56,4 Mio. t auf den Empfang und 40,6 Mio. t auf den Versand, was auf eine ausgewogene, wenngleich leicht importgeprägte Struktur hinweist. Es folgen die bremischen Häfen (Bremen/Bremerhaven) mit zusammen 53,1 Mio. t (19,4 % Marktanteil), nahezu gleich verteilt auf 27,6 Mio. t Empfang und 25,5 Mio. t Versand. Wilhelmshaven erreichte 34,5 Mio. t (12,6 %), weist jedoch mit 29,6 Mio. t Empfang gegenüber lediglich 5,0 Mio. t Versand eine klar importdominierte Struktur auf, was die starke Rolle als Energie- und Flüssiggutstandort unterstreicht. Im Ostseeraum folgen Rostock mit 23,2 Mio. t (8,5 %) sowie Lübeck mit 15,9 Mio. t (5,8 %). Beide Standorte zeigen eine vergleichsweise ausgewogene Relation zwischen Empfang und Versand und sind stark im Short-Sea- und RoRo-Verkehr verankert. Zusammen vereinen diese fünf Häfen rund 82 % des gesamten deutschen Seegüterumschlags (273,9 Mio. t) auf sich.*

Abbildung: Seegüterumschlag ausgewählter Häfen 2024 (in t)

	Empfang	Versand	Summe	Anteil
Hamburg	56.412.883	40.571.503	96.984.386	35,4%
Bremische Häfen	27.594.263	25.506.353	53.100.616	19,4%
Wilhelmshaven	29.577.036	4.964.328	34.541.364	12,6%
Rostock	13.873.784	9.335.532	23.209.316	8,5%
Lübeck	8.540.994	7.335.249	15.876.243	5,8%
übrige	30.545.371	19.650.614	50.195.985	18,3%
Summe	166.544.331	107.363.579	273.907.910	

Quelle: Destatis (Tabelle 46331-0001) Eigene Darstellung.

* Hinweis: Die dargestellten Umschlagzahlen basieren auf der amtlichen Seeverkehrsstatistik des Statistischen Bundesamtes (Destatis). Abweichungen zu von einzelnen Hafenstandorten veröffentlichten Umschlagzahlen können sich aus unterschiedlichen statistischen Abgrenzungen ergeben.

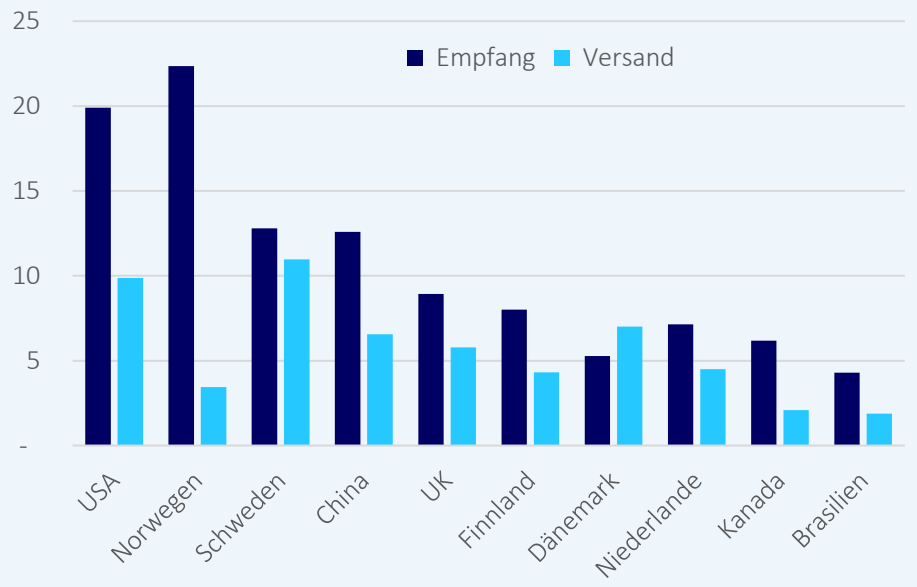
Seeverkehr 2024: USA vorn, Europa strukturbestimmend

Im Jahr 2024 konzentriert sich der deutsche Seeverkehr auf eine klar abgegrenzte Gruppe zentraler Handelspartner. Wichtigster Partner sind die Vereinigten Staaten mit einem Gesamtumschlag von 29,8 Mio. t (11 %), gefolgt von Norwegen (25,8 Mio. t; 9 %) und Schweden (23,8 Mio. t; 9 %). Auf den weiteren Plätzen folgen China (19,1 Mio. t; 7 %), das Vereinigte Königreich (14,7 Mio. t; 5 %) sowie mehrere europäische Staaten wie Finnland, Dänemark und die Niederlande mit jeweils rund 4 % Anteil. Damit wird deutlich, dass sowohl transatlantische als auch europäische Relationen die Struktur des deutschen Seeverkehrs maßgeblich prägen.

Die Betrachtung von Empfang und Versand zeigt eine differenzierte Struktur. Stark importdominierte Relationen bestehen insbesondere mit Norwegen (22,3 Mio. t Import gegenüber 3,5 Mio. t Export) sowie mit den USA (19,9 Mio. t zu 9,9 Mio. t). Auch Kanada, Brasilien oder Südafrika weisen deutliche Importüberschüsse auf. Diese Muster sind vor allem energie- und rohstoffgetrieben. Demgegenüber zeigen europäische Partner wie Schweden, Dänemark, Finnland oder die Niederlande vergleichsweise ausgeglichene Handelsstrukturen, was auf enge wirtschaftliche Verflechtungen und integrierte Wertschöpfungsketten im Nord- und Ostseeraum hinweist.

Geographisch zeigt sich eine klare Zweiteilung der Handelsbeziehungen. Ein Großteil der wichtigsten Partnerländer liegt in Europa und ist eng in die regionalen Handelsströme des Short-Sea-Verkehrs eingebunden. Daneben haben mit den USA und China auch bedeutende Überseemärkte einen hohen Stellenwert für die deutschen Seehäfen. Die Warenstrukturen unterscheiden sich dabei je nach Relation: Während die Überseeverkehre häufig von Energie- und Rohstoffimporten geprägt sind, spielen im innereuropäischen Handel industrielle Güter, Zwischenprodukte und containerisierte Waren eine größere Rolle. Die nachfolgende Abbildung stellt den Empfang und Versand von Gütern über deutsche Seehäfen nach Partnerländern dar.

Abbildung: Empfang und Versand mit ausgewählten Ländern 2024 (Mio. t)



Quelle: Destatis (Tabelle 46331-0001, 51000-0012), Eigene Darstellung.

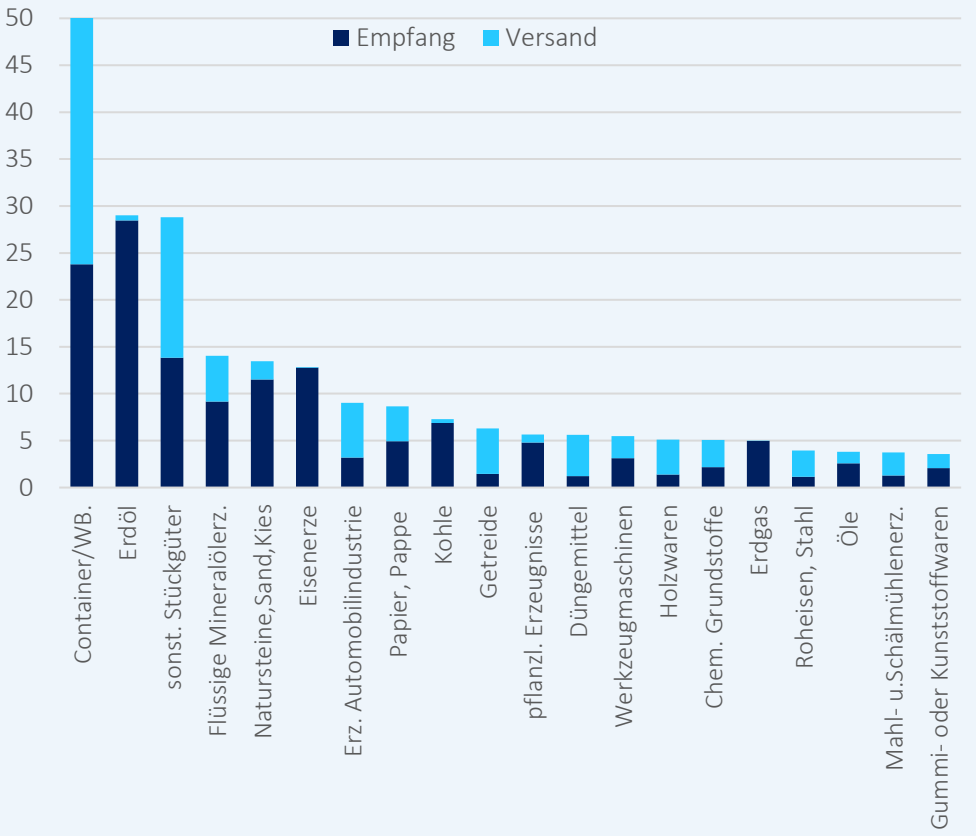
Etwas anders stellt sich die Situation im Containerumschlag dar. Im Jahr 2024 wurden in den deutschen Seehäfen 13,3 Millionen TEU umgeschlagen. Knapp ein Fünftel (2,6 Millionen TEU) entfiel dabei auf China, gefolgt von den USA mit etwa einem Zehntel (1,3 Millionen TEU). Der Containerhandel mit China wuchs dabei um moderate 0,8 %, während er mit den USA rückläufig war (-3,0 %). Der deutsche Containerumschlag mit den Partnerländern der Europäischen Union (3,6 Millionen TEU) wuchs dagegen deutlich um 17,7 % gegenüber 2023 und machte nun mehr als ein Viertel des Containerhandels der deutschen Seehäfen aus.

Energieimporte und Containerverkehr prägen die Güterstruktur 2024

Wie bereits im Zuge der Analyse der Handelspartner deutlich wurde, unterscheiden sich die Handelsbeziehungen nicht nur geografisch, sondern auch strukturell nach Güterarten. Eine differenzierte Betrachtung des Seegüterumschlags der deutschen Seehäfen nach dem Güterverzeichnis NST-2007 zeigt für das Jahr 2024 folgende Struktur: Den größten Anteil nimmt mit 50,2 Mio. t (18,3 %) der Bereich der nicht identifizierbaren Güter in Containern oder Wechselbehältern ein. Dieses Segment steht im Wesentlichen für containerisierte Stückgüter und unterstreicht die hohe Bedeutung standardisierter Ladeeinheiten im internationalen Handel. Weitere 28,8 Mio. t (10,5 %) entfallen auf sonstige nicht identifizierbare Güter, so dass zusammen nahezu 29 % des gesamten Umschlags container- bzw. stückgutgeprägt sind.

Eine zweite tragende Säule bildet der Energiesektor. Erdöl erreicht mit 29,0 Mio. t (10,6 %) den zweithöchsten Einzelwert und ist klar importdominiert. Ergänzt wird dieses Segment durch flüssige Mineralölerzeugnisse (14,1 Mio. t; 5,1 %), Kohle (7,3 Mio. t; 2,7 %) und Erdgas (5,0 Mio. t; 1,8 %). Die deutliche Dominanz des Empfangs in diesen Gruppen verdeutlicht die Rolle der Seehäfen als zentrale Eingangstore für energie- und rohstoffintensive Vorleistungen. Im Bereich der industriellen Rohstoffe folgen Natursteine, Sand und Kies (13,5 Mio. t; 4,9 %) sowie Eisenerze (12,9 Mio. t; 4,7 %), ebenfalls überwiegend importseitig geprägt. Diese Güter sind eng mit Bauwirtschaft und Stahlproduktion verbunden und spiegeln die industrielle Basisversorgung wider. Demgegenüber zeigen hochwertige Industriegüter eine stärkere Exportorientierung. Erzeugnisse der Automobilindustrie erreichen 9,0 Mio. t (3,3 %), wobei der Versand den Empfang deutlich übersteigt. Ähnliche Muster finden sich bei Maschinen und Werkzeugmaschinen (5,5 Mio. t), Roheisen und Stahlprodukten (4,0 Mio. t) sowie ausgewählten chemischen und verarbeitenden Erzeugnissen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die wichtigsten Gütergruppen im Seeverkehr 2024 sowie deren Verhältnis von Empfang (Import) zu Versand (Export).

Abbildung: Empfang und Versand wichtiger Güterarten 2024 (Mio. t)



Quelle: Destatis (Tabelle 46331-0001, 51000-0012), Eigene Darstellung.

Insgesamt offenbart die NST-2007-Analyse eine duale Struktur des deutschen Seeverkehrs: Einerseits dominieren volumenstarke Energie- und Rohstoffimporte, andererseits spielen containerisierte Stückgüter und exportorientierte Industrieprodukte eine zentrale Rolle. Die Seehäfen fungieren damit sowohl als Versorgungsdrehscheibe für industrielle Vorleistungen als auch als Exportplattform für hochwertige Güter.

Wertdichte und Zeitkritikalität bestimmen die Eignung für Frachtsegler

Die vorstehende Betrachtung des seewärtigen Außenhandels Deutschlands nach Güterarten verdeutlicht die Relevanz einzelner Gütergruppen für den maritimen Transport. Allerdings sind nicht alle Güter gleichermaßen für alternative Transportkonzepte etwa den Transport mit Frachtseglern geeignet. Die Eignung bestimmter Güter hängt wesentlich von grundlegenden transportökonomischen Eigenschaften ab. Von besonderer Bedeutung sind dabei insbesondere die Wertdichte der Güter sowie die zeitlichen Anforderungen innerhalb der jeweiligen Lieferketten.

Die Wertdichte beschreibt den wirtschaftlichen Wert eines Gutes im Verhältnis zu seinem Gewicht oder Volumen (z. B. EUR/t oder EUR/m³). Sie stellt einen zentralen Indikator für die Sensitivität eines Gutes gegenüber Transportkosten und Transportzeit dar. Güter mit niedriger Wertdichte wie z. B. Rohstoffe, Baustoffe oder landwirtschaftliche Massengüter weisen in der Regel eine hohe Transportkostenempfindlichkeit auf, da die Transportkosten einen relativ großen Anteil am Gesamtwert der Ware darstellen. Demgegenüber spielen bei Gütern mit hoher Wertdichte, beispielsweise Maschinen, Elektronik oder hochwertige Industriegüter, Transportkosten im Verhältnis zum Warenwert eine deutlich geringere Rolle. Der Seeverkehr zeichnet sich im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern durch sehr niedrige spezifische Transportkosten aus. Große Frachtschiffe können erhebliche Mengen an Gütern mit vergleichsweise geringem Energieeinsatz pro Tonnenkilometer transportieren. Insbesondere bei Massengütern führen ausgeprägte Skaleneffekte dazu, dass die Transportkosten pro transportierter Einheit deutlich sinken. Der Seeverkehr weist daher eine besonders hohe Eignung für Transporte mit geringer Wertdichte auf, wie sie typischerweise bei Massengütern vorkommen. Bei vielen Güterarten stellen die Seetransportkosten dennoch einen relevanten Anteil an den Gesamtkosten der Lieferkette dar. Gleichzeitig sind die absoluten Kosten pro Tonnenkilometer sehr niedrig, weshalb der Seeverkehr insbesondere für große Transportdistanzen wirtschaftlich ist.

Der Containerverkehr zeigt jedoch, dass auch Güter mit mittlerer oder höherer Wertdichte in erheblichem Umfang über See transportiert werden.

Neben Kosten und Wertdichte spielt auch die Zeitdimension eine zentrale Rolle bei der Auswahl geeigneter Transportmodi. Die zeitlichen Anforderungen ergeben sich insbesondere aus

- Produktions- und Lieferkettenstrukturen (z. B. Just-in-Time-Produktion),
- der Verderblichkeit oder möglichen Qualitätsverlusten der Güter,
- der Kapitalbindung während des Transports sowie
- Marktanforderungen und Lieferterminen.

In global integrierten Lieferketten insbesondere im Containerverkehr bestehen hohe Anforderungen an Planbarkeit und Zuverlässigkeit. Industrieprodukte, Zwischenprodukte oder Konsumgüter werden häufig in eng getakteten Logistiksystemen transportiert, in denen Verzögerungen erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen haben können. Gleichzeitig existieren zahlreiche Güterströme mit geringeren zeitlichen Anforderungen, etwa im Bereich landwirtschaftlicher Erzeugnisse, Rohstoffe oder bestimmter Halbfertigprodukte.

Die Struktur des deutschen Seeverkehrs verdeutlicht diese unterschiedlichen Anforderungen: Während energie- und rohstoffintensive Importströme primär volumen- und kostengetrieben sind, sind containerisierte Stückgüter stärker in industrielle Wertschöpfungsketten eingebunden und damit häufig zeitkritischer. Die Kombination aus Wertdichte, Transportkostenstruktur und zeitlichen Anforderungen bestimmt daher maßgeblich die Eignung eines Gutes für alternative Transportformen.

Transportlösungen mit potenziell längeren Reisezeiten, aber niedrigeren Energie- und Betriebskosten wie sie bei Frachtseglern zu erwarten sind kommen insbesondere für Güter in Betracht, deren Wertdichte niedrig bis mittel ist, deren Transportkostenanteil am Produktwert relevant ist, und deren Lieferketten geringere zeitliche Sensitivität aufweisen.

Die folgende Systematik ordnet typische Gütergruppen des Seeverkehrs entlang dieser Dimensionen ein und dient als analytische Grundlage zur Identifikation potenzieller Einsatzfelder für langsamere, energiearme Transportkonzepte.

Abbildung: Systematik maritimer Güter nach Wertdichte und Zeitkritikalität

Gütergruppe	Typische Beispiele	Wertdichte	Zeitkritikalität
(Klassische) Massengüter	Kohle, Eisenerz, Getreide, Sand, Kies	sehr niedrig	gering
Agrarrohstoffe	Getreide, Ölsaaten, Futtermittel	niedrig	gering bis mittel
Halbfertig-produkte	Stahl, chemische Grundstoffe, Papier	mittel	mittel
Holzprodukte	Schnittholz, Holz-pellets, Zellstoff	niedrig bis mittel	gering bis mittel
Standardisierte Konsumgüter	Möbel, Kleidung, Haushaltswaren	mittel	mittel
Industrie-güter	Maschinen, Fahr-zeuge, Anlagen	hoch	hoch
High-Tech-Produkte	Elektronik, Präzisionsgeräte	sehr hoch	sehr hoch

Quelle: Eigene Darstellung.

Die dargestellte Struktur verdeutlicht, dass sich die im Seeverkehr transportierten Güter hinsichtlich ihrer transportökonomischen Eigenschaften deutlich unterscheiden. Daraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an Transportkosten, Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit. Um die potenzielle Eignung einzelner Gütergruppen für den Transport mit Frachtseglern systematisch zu bewerten, werden im Folgenden Wertdichte und Zeitkritikalität als zentrale Dimensionen herangezogen und in einer vereinfachten Bewertungsmatrix gegenübergestellt. Auf Grundlage dieser Matrix lassen sich in einem weiteren Schritt potenzielle Güterarten näher bestimmen, die grundsätzlich für den Transport mit Frachtseglern geeignet erscheinen. Die Matrix dient damit als analytische Grundlage, um relevante Gütergruppen systematisch einzugrenzen und ihre Eignung für alternative maritime Transportkonzepte differenziert zu bewerten.

Abbildung: Bewertungsmatrix zur Eignung für Frachtsegler



Quelle: Eigene Darstellung.

Frachtsegler adressieren v. a. Nischenmärkte mit moderater Zeitkritikalität

Ausgehend von den zuvor dargestellten transportökonomischen Kriterien Wertdichte und Zeitkritikalität lässt sich eine erste Einordnung von Gütersegmenten vornehmen, die grundsätzlich für den Einsatz von Frachtseglern geeignet erscheinen. Dabei zeigt sich, dass vor allem Güter mit mittlerer Wertdichte und moderaten Anforderungen an die Transportzeit potenziell in Betracht kommen. In diesen Segmenten stehen die Transportkosten noch in einem relevanten Verhältnis zum Warenwert, während gleichzeitig eine gewisse zeitliche Flexibilität innerhalb der Lieferketten besteht.

Ein erstes relevantes Segment bilden Güter, die zwar einen vergleichsweise hohen Warenwert pro Transporteinheit aufweisen, jedoch nicht zwingend in hochgradig zeitkritische Lieferketten eingebunden sind. In diesen Märkten können neben reinen Transportkosten auch Aspekte der Nachhaltigkeit und der Differenzierung entlang der Lieferkette eine Rolle spielen.

Ein weiteres potenzielles Einsatzfeld ergibt sich bei Gütern mit mittlerer bis höherer Wertdichte, die in Stückgut- oder projektbezogenen Transportketten bewegt werden. Solche Transporte sind häufig planungsintensiv, jedoch nicht in jedem Fall strikt zeitkritisch. Mit zunehmender Schiffsgröße können sich daher auch in diesem Segment wirtschaftliche Nischen für Frachtsegler ergeben. Demgegenüber sind Güter mit sehr geringer Wertdichte nur eingeschränkt geeignet. In diesen Märkten dominieren stark standardisierte und hochskalierte Transportstrukturen, bei denen große Frachtschiffe erhebliche Kostenvorteile erzielen. Die ausgeprägten Skaleneffekte des konventionellen Massengutverkehrs begrenzen daher die Wettbewerbsfähigkeit kleinerer oder mittelgroßer Segelschiffe.

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich potenzielle Einsatzfelder für Frachtsegler vor allem in solchen Marktsegmenten ergeben, in denen eine Balance zwischen ausreichender Wertdichte, moderater Zeitkritikalität und potenziellen Nachhaltigkeitsvorteilen besteht, während stark kostenoptimierte Massengutverkehre deutlich geringere Anknüpfungspunkte bieten.

Die theoretische Einordnung möglicher Gütersegmente lässt sich durch einen Blick auf bestehende oder aktuell entwickelte Frachtsegler plausibilisieren. Nach Angaben der International Windship Association (IWSA) existieren weltweit derzeit 107 Schiffe mit windbasierter Antriebstechnologie. Allerdings handelt es sich hierbei überwiegend um konventionelle Schiffe, bei denen Wind lediglich als unterstützender Antrieb eingesetzt wird. Für eine Bewertung des Marktpotenzials von Frachtseglern mit einem dominierenden Windantrieb sind daher vor allem jene Projekte relevant, bei denen Wind tatsächlich eine zentrale Rolle im Antriebssystem spielt. Eine Betrachtung dieser Schiffe, zeigt eine deutliche Übereinstimmung mit den zuvor identifizierten Gütersegmenten. Zu den wichtigsten Beispielen zählen unter anderem nachfolgende Frachtsegler.

Tabelle: Referenzbeispiele Frachtsegler und typische Transportgüter

Schiff	Länge	Tragfähigkeit	Typische Güter
Grain de Sail I	ca. 24 m	ca. 50 t	Kaffee, Kakao
Avontuur	ca. 44 m	ca. 114 t	Kaffee, Rum
Grain de Sail II	ca. 52 m	ca. 350 t	Lebensmittel
NEWTOWT	ca. 81 m	ca. 1.000 t	Stückgut
Neoliner Origin	ca. 136 m	ca. 5.300 t	RoRo-Fracht
Canopée	ca. 121 m	ca. 5.000 t	Spezialfracht
Juren AE	ca. 48 m	ca. 300 t	Stückgut

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Herstellerangaben.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass moderne Frachtsegler ein breites Grössenspektrum abdecken und entsprechend unterschiedliche Gütersegmente bedienen können, die von kleineren Nischenmärkten für hochwertige Agrarprodukte bis hin zu größeren Stückgut- und Spezialtransporten reichen. Diese werden nachfolgend weiter spezifiziert.

Fokus auf geeignete Gütersegmente für den Einsatz von Frachtseglern

Eine vertiefte Analyse der transportierten Güter bestätigt die zuvor identifizierten Marktsegmente und erlaubt zugleich eine weitergehende Differenzierung in die folgenden Segmente:

Abbildung: Geeignete Gütersegmente für den Einsatz von Frachtseglern



Hochwertige Agrarprodukte

Eine der derzeit wichtigsten Nischen moderner Frachtsegler sind hochwertige Agrarprodukte. Hierzu zählen insbesondere Kaffee, Kakao, Wein, Spirituosen, Gewürze, Zucker oder Olivenöl. Diese Produkte weisen in der Regel eine mittlere bis relativ hohe Wertdichte auf, sind jedoch nicht stark zeitkritisch. Gleichzeitig bietet der klimafreundliche Transport zusätzliche Vermarktungspotenziale für Produzenten und Marken. Mehrere bestehende Anbieter konzentrieren sich bereits auf dieses Marktsegment. So transportiert Grain de Sail I vor allem Kaffee und Kakao, während der größere Nachfolger Grain de Sail II neben Rohstoffen auch verarbeitete Lebensmittel wie Schokolade oder Wein befördert. Auch der Frachtsegler Avontuur transportiert regelmäßig Kaffee, Rum und Kakao zwischen Europa, der Karibik und Mittelamerika. Die typischen Transportmengen liegen hierbei meist zwischen etwa 100 und 500 Tonnen pro Reise.

Premium- und Markenprodukte

Ein weiteres Marktsegment stellen Premium- und Markenprodukte dar, bei denen der klimafreundliche Transport selbst Teil der Markenstrategie sein kann. Hierzu zählen beispielsweise Craft-Bier, hochwertige Lebensmittel, Modeartikel oder Kosmetikprodukte. In diesen Märkten kann ein emissionsarmer Transport einen zusätzlichen Marketingwert generieren. Bereits heute nutzen verschiedene europäische Unternehmen gezielt Frachtsegler, um ausgewählte Produktchargen nachhaltig zu transportieren. Die transportierten Mengen liegen meist im Bereich von etwa 50 bis 300 Tonnen pro Reise und entsprechen damit den Kapazitäten kleinerer Schiffe.

Stückgut und Projektladung

Mit zunehmender Schiffsgröße erweitert sich das potenzielle Güterspektrum auch auf klassische Stückgut- und Projektladungen. Hierunter fallen beispielsweise Maschinen, industrielle Baugruppen, Ersatzteile oder Holzprodukte. Solche Güter weisen häufig eine mittlere bis hohe Wertdichte auf und können in flexiblen Stückgut- oder RoRo-Systemen transportiert werden. Beispiele hierfür sind der Frachtsegler Neoliner Origin, der für Roll-on-Roll-off-Fracht ausgelegt ist, sowie das Spezialfrachtschiff Canopée, das unter anderem Komponenten für die europäische Ariane-6-Rakete transportiert. In dieser Größenklasse liegen die transportierten Mengen typischerweise zwischen etwa 2.000 und 5.000 Tonnen pro Reise.

Massengüter (nur eingeschränkt geeignet)

Klassische Massengüter wie Holz, Getreide, Salz oder bestimmte Recyclingmaterialien sind dagegen nur eingeschränkt für den Transport mit Frachtseglern geeignet. Diese Güter weisen meist eine sehr geringe Wertdichte auf und werden in stark optimierten globalen Massengutketten transportiert, in denen Transportzeit, Kapazitätsauslastung und Skaleneffekte eine zentrale Rolle spielen. Historisch gehörten solche Massengüter zwar zu den klassischen Ladungen von Segelschiffen. Unter heutigen Marktbedingungen kann ein Einsatz jedoch meist nur unter spezifischen Voraussetzungen sinnvoll sein, etwa bei relativ kurzen Transportdistanzen, bei sehr großen Segelschiffen oder in hybriden Antriebskonzepten, bei denen Windantrieb und konventioneller Motor kombiniert werden.

Systematische Identifikation und Priorisierung potenzieller Kundengruppen

Aufbauend auf der vorangegangenen Analyse geeigneter Güterarten für den Einsatz von Frachtseglern können im nächsten Schritt potenzielle Kundengruppen systematisch identifiziert und eingeordnet werden. Im Mittelpunkt stehen dabei insbesondere Unternehmen, deren Produkteigenschaften, Anforderungen an die Lieferkette sowie strategische Ausrichtung den Einsatz emissionsarmer Seetransportlösungen begünstigen oder sogar gezielt nachfragen. Hierzu zählen vor allem Unternehmen, bei denen längere Transportzeiten tolerierbar sind, gleichzeitig jedoch ein hoher Stellenwert auf Nachhaltigkeit, CO_2-Reduktion und transparente Lieferketten gelegt wird. Ebenso relevant sind Akteure, deren Geschäftsmodelle von stabilen, planbaren Transportströmen geprägt sind und die bereit sind, ökologische Aspekte stärker in ihre Logistikentscheidungen zu integrieren. Im Folgenden werden zentrale Unternehmenskategorien identifiziert, die aufgrund ihrer Nachfrageprofile, Nachhaltigkeitsziele und operativen Rahmenbedingungen als besonders geeignete Verlader bzw. Frachteigner für den Einsatz von Frachtseglern gelten. Die nachstehende Abbildung gibt einen Überblick, bevor die einzelnen Gruppen näher beschrieben werden.

Abbildung: Potenzielle Unternehmen/Kundengruppen für Frachtsegler



A. Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen (Scope-3-Fokus)

Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen stellen ein zentrales, jedoch differenziert zu betrachtendes Kundensegment für Frachtsegler dar. Insbesondere große Markenunternehmen, Handelsorganisationen mit globalen Lieferketten sowie ausgewählte B2B-Industrieunternehmen stehen unter zunehmendem Druck, ihre indirekten Emissionen (Scope 3) zu reduzieren. Der Seetransport nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein, da er in vielen globalen Wertschöpfungsketten einen erheblichen Anteil der Gesamtemissionen verursacht und zugleich vergleichsweise gut adressierbar ist.

Initiativen wie die ZEMBA verdeutlichen die wachsende Bereitschaft größerer Verlader, aktiv in emissionsarme bzw. -freie Seetransportlösungen zu investieren. Durch die Bündelung von Nachfrage und die Nutzung langfristiger Abnahmeverträge schaffen solche Allianzen Planungssicherheit für Anbieter und senken Markteintrittsbarrieren für innovative Technologien. Gleichzeitig etablieren sie neue Beschaffungslogiken, etwa durch den Erwerb von Emissionsminderungsattributen, die eine Entkopplung von physischem Transport und bilanzieller Emissionsreduktion ermöglichen.

Die Nachfrage dieses Kundensegments wird durch drei Faktoren bestimmt:

- Erstens führt der regulatorische Rahmen insbesondere die Einbeziehung des Seeverkehrs in den EU-Emissionshandel sowie die erweiterten Berichtspflichten im Rahmen der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) zu einem steigenden Handlungsdruck. Unternehmen sind zunehmend verpflichtet, ihre Emissionen transparent darzustellen und konkrete Reduktionspfade aufzuzeigen.
- Zweitens gewinnt die strategische Steuerung von Scope-3-Emissionen an Bedeutung. Etablierte Methoden wie das GLEC-Framework ermöglichen eine standardisierte Erfassung und Vergleichbarkeit logistischer Emissionen. Dadurch werden Transportemissionen zu einer steuerbaren Größe innerhalb der Unternehmensstrategie und rücken stärker in den Fokus von Beschaffungsentscheidungen.

- Drittens spielt die Marken- und Reputationswirkung eine zentrale Rolle. Insbesondere konsumnahe Unternehmen nutzen nachhaltige Logistiklösungen zunehmend als Differenzierungsmerkmal gegenüber Wettbewerbern. Emissionsarme Transportlösungen können somit nicht nur zur Zielerreichung im Klimaschutz beitragen, sondern auch einen zusätzlichen Marketing- und Kommunikationswert generieren.

Trotz der grundsätzlichen Relevanz dieses Segments ist die Eignung für den Einsatz von Frachtseglern nicht pauschal gegeben. Entscheidend sind vielmehr Unternehmen, die neben ambitionierten Klimazielen auch folgende Merkmale aufweisen:

- eine signifikante Abhängigkeit von Seefracht,
- eine ausreichende Flexibilität hinsichtlich Transportzeit und Lieferkettenintegration,
- die Fähigkeit, kleinere Teilmengen oder Pilotchargen separat zu disponieren,
- sowie ein Interesse an kommunizierbaren Nachhaltigkeitsmaßnahmen.

Frachtsegler eignen sich in diesem Kontext primär für den Einsatz in Pilotprojekten oder für ausgewählte Transportströme („Signature Shipments“), bei denen neben der tatsächlichen Emissionsreduktion auch der Demonstrations- und Kommunikationswert im Vordergrund steht. Ein illustratives Beispiel stellt Tchibo dar: Das Unternehmen nutzt Seefracht als zentrales Logistikelement und engagiert sich aktiv in Initiativen zur Dekarbonisierung (u. a. über ZEMBA). Gleichzeitig werden einzelne Produktströme gezielt für nachhaltige Transportlösungen und kommunikative Maßnahmen genutzt, was eine hohe Anschlussfähigkeit für Frachtsegler schafft. Auch Patagonia verfolgt eine konsequente Scope-3-Reduktionsstrategie und nutzt nachhaltige Logistik als Bestandteil seiner Markenpositionierung. Hier bieten sich insbesondere pilotartige Transporte ausgewählter Produktlinien an, bei denen ökologische Wirkung und Storytelling kombiniert werden.

Im Bereich nachhaltiger Konsumgüter zeigen Unternehmen wie VAUDE oder GEPA eine hohe Affinität zu alternativen Transportkonzepten. Diese Akteure verfügen über vergleichsweise flexible Lieferketten und nutzen Nachhaltigkeit aktiv in der Kundenkommunikation, wodurch Frachtsegler als glaubwürdige Ergänzung eingesetzt werden können. Demgegenüber stehen große volumengetriebene Akteure wie Amazon oder IKEA, die ebenfalls in Initiativen wie ZEMBA engagiert sind. Diese Unternehmen treiben die Marktentwicklung maßgeblich voran, sind jedoch aufgrund ihrer stark standardisierten und zeitkritischen Lieferketten primär auf skalierbare Lösungen angewiesen. Frachtsegler kommen hier allenfalls für symbolische Pilotprojekte oder ausgewählte Teilmengen infrage. Eine weiterführende, vertiefende Betrachtung ausgewählter Stakeholder, ihrer spezifischen Anforderungen sowie ergänzender Fallstudien erfolgt in Abschnitt 4, in dem die hier skizzierten Zusammenhänge detaillierter analysiert und empirisch unterlegt werden.

Ein wesentliches Merkmal dieses Kundensegments ist die vorhandene Bereitschaft, für emissionsarme Transportlösungen einen Aufpreis („Green Premium“) zu akzeptieren oder intern zu allokieren. Diese Zahlungsbereitschaft resultiert weniger aus rein logistischen Überlegungen als vielmehr aus einer Kombination von regulatorischem Druck, strategischen Nachhaltigkeitszielen und markenbezogenem Zusatznutzen. In der praktischen Anwendung zeigt sich eine typische Nutzungslogik: Unternehmen integrieren Frachtsegler nicht als Ersatz bestehender Transportketten, sondern als komplementäre Lösung für ausgewählte Teilströme. Dies ermöglicht es, erste Erfahrungen mit emissionsfreien Transportkonzepten zu sammeln, interne Kompetenzen aufzubauen und gleichzeitig sichtbare Fortschritte in der Nachhaltigkeitskommunikation zu erzielen.

B. Markengetriebene Konsumgüterhersteller (story-getrieben)

Eine besonders geeignete Kundengruppe für Frachtsegler stellen markengetriebene Konsumgüterhersteller dar, bei denen Nachhaltigkeit nicht nur als operative Zielgröße, sondern als integraler Bestandteil der Markenidentität fungiert. Typische Akteure finden sich insbesondere im Segment hochwertiger Lebensmittel und Getränke (z. B. Kaffee, Schokolade, Wein), in der Naturkosmetik sowie im Bereich nachhaltiger Mode- und Lifestyle-Produkte. Kennzeichnend für diese Unternehmen ist, dass sie ihre Wertschöpfungskette zunehmend ganzheitlich betrachten und dabei auch den Transport als Teil der Markenbotschaft verstehen. Der Einsatz emissionsarmer Transportlösungen eröffnet ihnen die Möglichkeit, sich im Premiumsegment weiter zu differenzieren und glaubwürdige Nachhaltigkeitsnarrative gegenüber Endkundinnen und Endkunden zu kommunizieren.

Exemplarisch lassen sich hier Unternehmen wie Goldhelm Schokolade, Summerbird oder COOKO anführen. Diese Akteure stehen für eine enge Verknüpfung von Produktqualität, Herkunftstransparenz und nachhaltiger Positionierung, wodurch alternative Transportkonzepte wie Frachtsegler eine hohe Anschlussfähigkeit besitzen. Die Nutzungsmotivation liegt dabei weniger in klassischen logistischen Effizienzüberlegungen als vielmehr im zusätzlichen Marken- und Kommunikationswert. Der Transport selbst wird zum erzählbaren Bestandteil des Produkts („per Segelschiff transportiert“) und kann gezielt in Marketing- und Vertriebsstrategien integriert werden. Dadurch entsteht ein zusätzlicher ökonomischer Nutzen, der über die reine Transportleistung hinausgeht. Vor diesem Hintergrund weisen markengetriebene Konsumgüterhersteller eine sehr hohe Eignung für den Einsatz von Frachtseglern auf. Die typischen Transportmengen liegen im Bereich kleiner bis mittlerer Chargen (ca. 50–300 Tonnen), was gut mit den Kapazitäten bestehender oder geplanter Segelschiffe korrespondiert. Gleichzeitig besteht häufig eine vergleichsweise hohe Zahlungsbereitschaft pro Einheit, da die entstehenden Mehrkosten zumindest teilweise über den Produktpreis oder den Markenwert kompensiert werden können.

C. Produzenten hochwertiger Agrarprodukte

Produzenten hochwertiger Agrarprodukte stellen eine der zentralen und zugleich strukturell geeignetsten Kundengruppen für Frachtsegler dar. Typische Güter umfassen insbesondere Kaffee, Kakao, Gewürze, Wein und Spirituosen sowie Olivenöl und Zucker. Charakteristisch für dieses Segment ist die enge Verknüpfung von Produktion, Handel und Markenbildung. Viele Akteure verfolgen Ansätze wie Fair Trade oder Direct Trade, die auf langfristige Partnerschaften, transparente Lieferketten und verbesserte Einkommensstrukturen für Produzenten abzielen. So arbeitet etwa Cafédirect seit den 1990er Jahren direkt mit Produzentenorganisationen zusammen und reinvestiert einen erheblichen Teil der Gewinne in die Entwicklung der Anbauregionen. Auch GEPA als einer der größten europäischen Fair-Trade-Importeure kooperiert systematisch mit Produzenten im globalen Süden und verfolgt explizit soziale und ökologische Zielsetzungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Darüber hinaus existiert eine wachsende Zahl spezialisierter Kaffee- und Agrarunternehmen, die auf direkte Beschaffung und nachhaltige Produktion setzen, etwa Coffee Circle, Wildkaffee oder Tatico. Diese Unternehmen fokussieren sich auf Transparenz, ökologische Anbaumethoden und faire Preisstrukturen. Auch im globalen Maßstab zeigen Akteure wie ECOM Agroindustrial, dass nachhaltige Beschaffung und Vermarktung weiter an Bedeutung gewinnen, da bereits ein signifikanter Anteil der gehandelten Produkte als „sustainable“ klassifiziert wird. Die Nutzungsmotivation für Frachtsegler ergibt sich in diesem Segment aus mehreren Faktoren.

- Erstens ermöglicht die Kombination aus nachhaltiger Produktion und emissionsarmem Transport eine zusätzliche Aufwertung des Endprodukts („Direct Trade + Zero Emission“).
- Zweitens entstehen zunehmend Partnerschaften mit europäischen Marken und Importeuren, die ihrerseits Nachhaltigkeitsziele verfolgen und entsprechende Anforderungen an ihre Lieferketten stellen.

- Drittens wirken ESG-Vorgaben entlang der Lieferkette zunehmend bis auf die Ebene der Produzenten zurück.

Vor diesem Hintergrund weisen hochwertige Agrarprodukte eine besonders hohe strukturelle Eignung für den Einsatz von Frachtseglern auf. Ausschlaggebend ist die Kombination aus ausreichender Wertdichte, relativer Zeitflexibilität sowie ausgeprägter Storyfähigkeit. Diese Eigenschaften ermöglichen es, sowohl ökonomische als auch kommunikative Mehrwerte zu realisieren und machen dieses Segment zu einem der tragfähigsten Anwendungsfelder für emissionsarme Seetransportlösungen.

D. Projektverlader und industrielle Stückgutkunden

Neben konsumgütergetriebenen Märkten stellen Projektverlader und industrielle Stückgutkunden eine weitere relevante, wenn auch strukturell anders gelagerte Kundengruppe für Frachtsegler dar. Typische Güter umfassen Maschinen und Anlagen, industrielle Komponenten und Ersatzteile, Holzprodukte sowie spezialisierte Projektladungen, beispielsweise aus der Energie- oder Raumfahrtindustrie.

Charakteristisch für dieses Segment ist die enge Verknüpfung von Transport und Projektgeschäft. Logistik wird hier nicht ausschließlich unter Effizienzgesichtspunkten betrachtet, sondern ist häufig integraler Bestandteil komplexer Wertschöpfungs- und Realisierungsprozesse. Daraus ergibt sich eine gewisse Flexibilität hinsichtlich Transportzeit und -modus, insbesondere bei nicht zeitkritischen Komponenten oder in frühen Projektphasen. Konkrete Beispiele finden sich insbesondere im europäischen Industrieumfeld. So verfolgt Airbus im Rahmen seiner Nachhaltigkeitsstrategie zunehmend auch emissionsärmere Logistiklösungen, etwa beim Transport großvolumiger Komponenten. Auch Unternehmen wie Siemens Energy oder Vestas stehen unter wachsendem Druck, die Emissionen entlang ihrer Lieferketten zu reduzieren, insbesondere bei internationalen Großprojekten im Bereich Energieinfrastruktur. Ein konkreter Anwendungsfall ergibt sich beispielsweise im Kontext von Windenergieprojekten:

Hersteller wie Vestas, Nordex oder Enercon liefern regelmäßig Komponenten mit hoher Wertdichte und teilweise flexiblen Zeitfenstern an internationale Projektstandorte. Hier kann der Einsatz emissionsarmer Transportlösungen zur Unterstützung der Gesamt-Nachhaltigkeitsbilanz eines Projekts beitragen. Ähnliches gilt für Spezialtransporte im Anlagenbau, bei denen Auftraggeber zunehmend ESG-Kriterien in Ausschreibungen integrieren.

Die Nutzungsmotivation in diesem Segment ist primär durch externe Anforderungen geprägt. Zum einen gewinnen Nachhaltigkeitskriterien bei öffentlichen und privaten Großprojekten an Bedeutung, wodurch emissionsarme Logistiklösungen zu einem Differenzierungsmerkmal in Ausschreibungen werden können. Zum anderen spielt auch der Imageaspekt eine Rolle, insbesondere bei Projekten mit hoher öffentlicher Sichtbarkeit, etwa im Bereich erneuerbarer Energien oder Infrastruktur.

Die Eignung von Frachtseglern ist in diesem Segment grundsätzlich gegeben, jedoch stärker von operativen Rahmenbedingungen abhängig als in konsumgütergetriebenen Märkten. Insbesondere Schiffskapazität, Zuverlässigkeit sowie die Integration in bestehende Supply Chains sind entscheidende Faktoren. Während kleinere und mittelgroße Projektladungen bereits heute potenziell geeignet sind, wird eine breitere Marktdurchdringung insbesondere mit zunehmender Größe und Standardisierung von Frachtseglern erwartet.

Insgesamt handelt es sich um ein mittelfristig wachsendes Marktsegment, dessen Potenzial maßgeblich davon abhängt, inwieweit es gelingt, Frachtsegler in bestehende industrielle Logistikprozesse zu integrieren und gleichzeitig verlässliche Transportlösungen anzubieten.

E. Nischen- und Community-getriebene Verlader

Eine weitere, insbesondere für die Marktentwicklung in frühen Phasen relevante Kundengruppe stellen nischen- und community-getriebene Verlader dar. Hierzu zählen vor allem Direct-to-Consumer (D2C) Marken, Fair-Trade-Kooperativen sowie innovative, häufig digital basierte Handelsmodelle, etwa im Kontext von Crowdfunding oder Community Commerce. Kennzeichnend für diese Akteure ist eine besonders hohe Transparenzorientierung sowie eine enge Einbindung der Kundschaft in Wertschöpfungs- und Kommunikationsprozesse. Produkte werden häufig nicht nur über klassische Vertriebskanäle vermarktet, sondern über Storytelling, direkte Kundeninteraktion und nachvollziehbare Lieferketten differenziert.

Der Transport kann dabei gezielt als sichtbarer Bestandteil der Produktgeschichte inszeniert werden, beispielsweise durch Formate wie „track your shipment“ oder durch die aktive Kommunikation von Transportwegen und -bedingungen. Beispiele für solche Ansätze finden sich etwa bei El Puente, einer Fair-Trade-Genossenschaft mit Fokus auf partnerschaftliche Handelsstrukturen. Auch Plattformen wie CrowdFarming zeigen, wie digitale Modelle genutzt werden, um Konsumentinnen und Konsumenten unmittelbar in Produktions- und Lieferprozesse einzubinden.

Die Nutzungsmotivation liegt in diesem Segment primär in der Maximierung von Transparenz und Authentizität. Emissionsarme Transportlösungen wie Frachtsegler ermöglichen es, die eigene Marken- und Produktphilosophie konsequent bis in die Logistik zu verlängern. Gleichzeitig entsteht ein hoher Grad an Kundenidentifikation, da Konsumentinnen und Konsumenten aktiv in die Geschichte des Produkts eingebunden werden und nachhaltige Transportwege unmittelbar nachvollziehen können.

Vor diesem Hintergrund weisen nischen- und community-getriebene Verlader eine sehr hohe Eignung für den Einsatz von Frachtseglern auf, insbesondere in frühen Marktphasen. Die typischen Transportmengen sind klein, jedoch mit einem überproportional hohen Kommunikationswert verbunden. Dadurch eignen sich diese Akteure in besonderem Maße für Pilot- und Demonstrationsprojekte, in denen neue Logistiklösungen erprobt, sichtbar gemacht und iterativ weiterentwickelt werden können.

Abbildung: Übersicht Unternehmen/Kundengruppen für Frachtsegler

Segment	Charakter und Motivation	Anforderungen	Nutzung und Zahlungsbereitschaft	Eignung
A Klimaziel-Unternehmen	Große Marken; hoher regulatorischer und Scope-3-Druck; Reputationsfokus	Teilmengenfähigkeit, Emissionsnachweis, Flexibilität	Pilotprojekte / „Signature Shipments“; Green Premium vorhanden	mittel–hoch
B Markengetriebene Konsumgüter	Nachhaltigkeit als Markenidentität; Transport = Storytelling	Kleine bis mittlere Chargen, hohe Kommunizierbarkeit	Integration in Produkt und Marke; hohe Zahlungsbereitschaft	sehr hoch
C Hochwertige Agrarprodukte	Direct/Fair Trade; hohe Transparenz; starke Wertschöpfungskette	Zeitflexibilität, Wertdichte, Zertifizierbarkeit	Regulärer Einsatz; Aufwertung des Produkts	sehr hoch
D Projektverlader und Industrie	Projektlogik; ESG-getriebene Tender; geringe Zeitkritikalität	Kapazität, Zuverlässigkeit, Integration	Selektiver Einsatz in Projekten; begrenzte Zahlungsbereitschaft	mittel
E Nischen und Community	D2C, hohe Transparenz, starke Kundenbindung	Kleine Chargen, Track & Trace, Storytelling	Pilot- & Demo-Projekte; sehr hohe Zahlungsbereitschaft pro Einheit	sehr hoch

Frachtsegler versus konventionelle Seeschifffahrt

Aufbauend auf den bisherigen Überlegungen erfolgt zunächst eine vorläufige Einordnung von Frachtseglern im Wettbewerbsumfeld maritimer Transportlösungen. Ziel ist eine übergeordnete, qualitative Betrachtung der Marktposition von Frachtseglern im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt. Eine vertiefte Analyse der wirtschaftlichen und ökologischen Wettbewerbsfähigkeit erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Die konventionelle Seeschifffahrt stellt das dominante Basissystem des globalen Güterverkehrs dar und ist durch hochoptimierte, weltweit integrierte Logistiknetzwerke geprägt. Insbesondere im Containerverkehr ermöglichen standardisierte Ladeeinheiten, dichte Fahrpläne, ausgeprägte Hub-and-Spoke-Strukturen sowie sehr große Schiffskapazitäten erhebliche Skaleneffekte. Diese führen zu äußerst niedrigen spezifischen Transportkosten bei gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit, Planbarkeit und globaler Verfügbarkeit. Ergänzt wird dies durch eine leistungsfähige Hafeninfrastruktur, digitalisierte Planungs- und Buchungssysteme sowie etablierte Logistikdienstleister, die eine nahtlose Integration in multimodale Transportketten gewährleisten.

Darüber hinaus ist die konventionelle Seeschifffahrt durch eine hohe operative Flexibilität und Anpassungsfähigkeit gekennzeichnet. Reedereien können Kapazitäten kurzfristig durch Flottenmanagement, Allianzen oder Fahrplananpassungen steuern und auf Nachfrageschwankungen reagieren. Globale Liniennetzwerke ermöglichen eine hohe Frequenz auf Hauptverkehrsrouten, während Feederverkehre die Anbindung regionaler Märkte sicherstellen. Gleichzeitig sorgen langfristig etablierte Vertrags- und Spotmarktstrukturen für eine effiziente Preisbildung und Risikoverteilung. Ein weiterer Wettbewerbsfaktor liegt in der zunehmenden technologischen und regulatorischen Weiterentwicklung des Systems. Maßnahmen wie Slow Steaming, Flottenmodernisierung, digitale Routenoptimierung tragen dazu bei, die Effizienz kontinuierlich zu steigern und Emissionen schrittweise zu reduzieren, ohne die grundlegende Systemlogik zu verändern. Parallel dazu ermöglichen standardisierte Schnittstellen und IT-Systeme eine hohe Transparenz entlang der Lieferkette, etwa in Bezug auf Sendungsverfolgung, Kapazitätsplanung und Emissionsmonitoring.

Ergänzend zu den bis hierhin beschriebenen Bestrebungen zur schrittweisen Reduktion der Emissionen hat sich ein breites Spektrum technologischer Ansätze zur Dekarbonisierung der Seeschifffahrt entwickelt. Diese zielen im Kern darauf ab, das bestehende System aufrechtzuerhalten und gleichzeitig dessen Emissionsintensität zu verringern. Die Ansätze lassen sich dabei in drei zentrale Kategorien einteilen:

1. Drop-in- und Übergangskraftstoffe (z. B. LNG, Biofuels)
Diese Kraftstoffe sind kurzfristig verfügbar und weitgehend kompatibel mit bestehender Infrastruktur und Antriebstechnologie. Sie ermöglichen eine vergleichsweise schnelle Reduktion von Emissionen ohne grundlegende Systemanpassungen. Allerdings ist ihr Dekarbonisierungspotenzial begrenzt und teilweise mit Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Nachhaltigkeitswirkung verbunden. Insgesamt sind sie daher eher als Übergangslösung zu bewerten.

2. Skalierbare Zero-Emission-Fuels (z. B. E-Methanol, E-Ammoniak, E-Fuels)
Diese Optionen gelten als zentrale Bausteine einer langfristigen Dekarbonisierungsstrategie, da sie bei Nutzung erneuerbarer Energien eine weitgehende Klimaneutralität ermöglichen. Gleichzeitig bestehen derzeit erhebliche Herausforderungen in Bezug auf Kosten, Verfügbarkeit und den Aufbau entsprechender Produktions- und Bunkerinfrastruktur. Hinzu kommt ein strukturelles „Henne-Ei-Problem“, da Investitionen in Flottenumrüstung und Kraftstoffproduktion eng miteinander verzahnt sind.

3. Effizienz- und Hybridlösungen (z. B. Windassist-Systeme, Slow Steaming) Diese Maßnahmen zielen auf eine Reduktion des Energieverbrauchs innerhalb des bestehenden Systems ab und sind vergleichsweise kurzfristig implementierbar. Sie leisten einen wichtigen Beitrag zur Emissionsminderung, führen jedoch nicht zu vollständiger Emissionsfreiheit und sind daher als komplementäre Optimierungsmaßnahmen einzuordnen.

Vor Hintergrund dieser Überlegungen sind Frachtsegler sowohl gegenüber der konventionellen Seeschifffahrt als auch gegenüber kraftstoffbasierten Dekarbonisierungslösungen derzeit in mehreren zentralen Leistungsdimensionen unterlegen. Dies betrifft insbesondere die Kostenstruktur, da aufgrund geringerer Kapazitäten und fehlender Skaleneffekte höhere Transportkosten pro Einheit entstehen. Zudem sind die Transitzeiten in der Regel länger und weniger planbar, da sie stärker von Wetter- und Windbedingungen abhängen. Auch die Integration in bestehende Logistiknetzwerke ist bislang eingeschränkt, da Frachtsegler weder flächendeckend verfügbar sind noch in etablierte Linienverkehre und Taktstrukturen eingebunden sind. Im Vergleich zu alternativen Kraftstoffen wie LNG, Biofuels oder insbesondere skalierbaren Zero-Emission-Fuels (z. B. E-Methanol oder E-Ammoniak) ergibt sich zudem ein Nachteil hinsichtlich der Systemkompatibilität und Skalierbarkeit. Während diese Lösungen darauf ausgelegt sind, in bestehenden Flotten und Infrastrukturen eingesetzt zu werden und somit eine schrittweise Dekarbonisierung des Massenmarktes ermöglichen, erfordern Frachtsegler eigenständige logistische Konzepte und sind aktuell auf kleinere Marktsegmente begrenzt.

Demgegenüber weisen Frachtsegler jedoch spezifische Wettbewerbsvorteile auf, die im Kontext der Transformation des maritimen Sektors zunehmend an Bedeutung gewinnen. Hervorzuheben ist insbesondere der nahezu emissionsfreie Betrieb, der ohne oder mit nur sehr geringem Einsatz fossiler Energieträger auskommt und somit eine direkte, physische Reduktion von Treibhausgasemissionen ermöglicht.

Im Gegensatz zu vielen kraftstoffbasierten Lösungen, deren Klimaneutralität von der Herkunft und Verfügbarkeit erneuerbarer Energien abhängt, entfällt bei Frachtseglern weitgehend die Abhängigkeit von neuen Energieinfrastrukturen und knappen Ressourcen. Darüber hinaus besteht eine weitgehende Unabhängigkeit von volatilen Kraftstoffpreisen sowie zukünftigen CO_2-Bepreisungsmechanismen, was insbesondere langfristig zu stabileren Kostenstrukturen beitragen kann. Ergänzend ergibt sich ein hoher Differenzierungs- und Kommunikationswert, insbesondere für Unternehmen, die nachhaltige Transportlösungen aktiv in ihre Marken- und Nachhaltigkeitsstrategien integrieren.

Insgesamt zeigt sich, dass Frachtsegler weniger im direkten Wettbewerb mit konventionellen oder kraftstoffbasierten Lösungen stehen, sondern vielmehr eine komplementäre Rolle einnehmen. Ihre Stärken liegen insbesondere in Anwendungsfeldern, in denen maximale Emissionsreduktion, technologische Unabhängigkeit sowie zusätzliche Wertschöpfung durch Marken- und Kommunikationsaspekte im Vordergrund stehen. Die Tabelle auf der folgenden Seite gibt einen kompakten Überblick über die zentralen Unterschiede und Wettbewerbseigenschaften von Frachtseglern im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt.

MARKTANALYSE

Dimension	Konventionelle Seeschifffahrt	Frachtsegler
Grundlogik	Globales, hochoptimiertes Basissystem	Nischenorientiertes, alternatives Transportkonzept
Kostenstruktur	Sehr niedrige Stückkosten durch Skaleneffekte	Höhere Kosten pro Einheit aufgrund kleiner Kapazitäten
Geschwindigkeit & Planbarkeit	Hohe Geschwindigkeit, hohe Zuverlässigkeit und Planbarkeit	Längere und weniger planbare Transitzeiten (windabhängig)
Skalierbarkeit	Sehr hoch (Megacarrier, globale Netzwerke)	Begrenzt, aktuell kleine bis mittlere Volumina
Netzwerkintegration	Vollständig integriert (Hub-and-Spoke, Linienverkehre)	Eingeschränkte Integration, keine flächendeckenden Netzwerke
Infrastruktur & Systeme	Hochentwickelte Hafeninfrastruktur, digitale Systeme, standardisierte Prozesse	Teilweise fehlende Infrastruktur und geringere Standardisierung
Flexibilität	Hohe Anpassungsfähigkeit (Allianzen, Spotmärkte, Fahrplansteuerung)	Geringere Flexibilität, projekt- bzw. chargenbasierte Nutzung
Dekarbonisie-rungspfad	Reduktion durch Effizienzmaßnahmen und alternative Kraftstoffe (z. B. LNG, E-Fuels)	Grundsätzlich emissionsfreier Ansatz durch Windantrieb
Abhängigkeit von Energie/Kraftstoffen	Hoch (auch bei alternativen Kraftstoffen, abhängig von Verfügbarkeit und Infrastruktur)	Sehr gering (primär Windenergie, geringe Zusatzenergie)
Emissionsprofil	Reduziert, aber meist nicht vollständig emissionsfrei	Nahezu emissionsfrei (direkte physische Emissionsvermeidung)
Systemkompatibilität	Sehr hoch (bestehende Flotten und Infrastruktur nutzbar)	Geringer (erfordert angepasste Logistik- und Planungssysteme)
Preisstabilität	Abhängig von volatilen Kraftstoffpreisen und CO_2-Regulierung	Höhere Stabilität durch geringe Energieabhängigkeit
Marketing- & Diffe-renzierungspotenzial	Evolution statt Revolution, Dekarbonisierung erfolgt systemerhaltend durch Einsatz alt. Kraftstoffe	Sehr hoch („emissionsfreier Transport“ als Teil der Marke)
Typische Einsatzbereiche	Massenmärkte, standardisierte globale Lieferketten	Nischenmärkte, Premiumprodukte, Pilotprojekte

Ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen der Marktanalyse lassen sich zentrale Anforderungen an Geschäfts- und Betreibermodelle für Frachtsegler ableiten. Diese ergeben sich insbesondere aus der Notwendigkeit, die spezifischen Stärken von Frachtseglern mit den Anforderungen potenzieller Kunden und bestehender Logistiksysteme in Einklang zu bringen.

Anforderungen an Einsatz- und Betriebsprofile

Die Ausgestaltung der Einsatz- und Betriebsprofile von Frachtseglern muss sich eng an den identifizierten Marktsegmenten sowie deren spezifischen Anforderungen orientieren und weicht damit grundlegend von klassischen, stark standardisierten Linienverkehren ab. Während die konventionelle Seeschifffahrt auf maximale Auslastung, Taktung und Planbarkeit optimiert ist, erfordert der Betrieb von Frachtseglern eine höhere Flexibilität, segmentbezogene Differenzierung sowie eine stärkere Integration von logistischen, ökologischen und kommunikativen Zielsetzungen.

1. Fokus auf flexible, nicht zeitkritische Transportströme

Frachtsegler sollten gezielt in solchen Transportsegmenten eingesetzt werden, in denen zeitliche Flexibilität gegeben ist und keine strikten Just-in-Time-Anforderungen bestehen. Dies betrifft insbesondere:

- Güter mit geringer Zeitkritikalität (z. B. Kaffee, Kakao, Wein, Spirituosen, Gewürze, ausgewählte Projektladungen)
- Lieferketten mit vorhandenen Puffern, etwa durch Lagerhaltung oder saisonale Beschaffungszyklen
- Produkte mit gut planbarer, nicht kurzfristig schwankender Nachfrage

Darüber hinaus sind insbesondere solche Supply Chains geeignet, in denen Transportzeit nicht der dominante Wettbewerbsfaktor ist oder bewusst zugunsten von Nachhaltigkeit und Differenzierung relativiert wird.

Konsequenz: Kein klassischer „Just-in-Time“-Betrieb, sondern eine Pufferlogik, bei der längere und variablere Transitzeiten aktiv in die Supply-Chain-Planung integriert werden. Dies erfordert Anpassungen auf Seiten der Verlader, etwa durch höhere Sicherheitsbestände oder frühzeitige Disposition.

2. Chargenbasierte statt volumengetriebene Nutzung

Im Gegensatz zur containerisierten Massenlogistik basiert der Einsatz von Frachtseglern auf kleineren, klar abgegrenzten Sendungseinheiten:

- Typische Sendungsgrößen: ca. 50–500 Tonnen
- Häufig keine vollständige Schiffsauslastung durch einzelne Verlader
- Heterogene Ladungsstruktur (verschiedene Produkte, Kunden je Reise)

Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich dabei nicht aus maximaler Skalierung einzelner Sendungen, sondern aus der intelligenten Bündelung kompatibler Ladungen.

Konsequenz:

- Aufbau von Multi-Client-Transportmodellen, bei denen mehrere Verlader Kapazitäten gemeinsam nutzen
- Entwicklung von Konsolidierungs- und Plattformlösungen, die Angebot und Nachfrage koordinieren
- Erhöhter Koordinationsaufwand im Vergleich zu standardisierten Containerprozessen
- Notwendigkeit klarer Kriterien zur Kombination von Ladungen (z. B. Kompatibilität, Zielhäfen, Zeitfenster)

3. Routenfokus auf stabile, windgeeignete Korridore

Die Routenplanung von Frachtseglern ist deutlich stärker von natürlichen Bedingungen geprägt als in der konventionellen Schifffahrt. Effiziente Einsatzprofile ergeben sich insbesondere auf Strecken mit stabilen Windverhältnissen:

- z. B. Transatlantikrouten (Europa–Karibik–Mittel-/Südamerika)
- ggf. auch ausgewählte Nord-Süd-Verbindungen mit verlässlichen Passatwinden
- geringere Eignung für stark fragmentierte, hochfrequente Short-Sea-Netzwerke

Gleichzeitig sollten komplexe, eng getaktete Rotationen mit vielen Hafenanläufen vermieden werden, da diese die Planbarkeit reduzieren.

Konsequenz:

- Teilweise Abkehr von globalen, hochvernetzten Linienstrukturen
- Entwicklung spezialisierter, stabiler „Green Corridors“
- Fokussierung auf wenige, klar definierte Routen mit wiederkehrenden Kundenströmen
- Bedeutung von langfristigen Routenpartnerschaften (z. B. zwischen Produzentenregionen und Absatzmärkten)

4. Integration hybrider Betriebsmodelle

Rein windbasierte Transporte stoßen in der Praxis an Grenzen hinsichtlich Planbarkeit und Zuverlässigkeit. Daher ist in vielen Fällen ein hybrider Ansatz erforderlich:

- Kombination aus Windantrieb (Primärenergiequelle) und ergänzendem Motorbetrieb
- Einsatz von Hilfsantrieben zur Sicherstellung von Hafenfenstern und Mindestgeschwindigkeiten
- Möglichkeit zur Anpassung an ungünstige Wetterbedingungen

Dabei entsteht ein Spannungsfeld zwischen maximaler Emissionsreduktion und operativer Verlässlichkeit.

Konsequenz:

- Notwendigkeit einer balancierten Betriebsstrategie, die ökologische Zielsetzungen und logistische Anforderungen integriert
- Definition von Mindestservicelevels (z. B. maximale Verzögerung, garantierte Ankunftsfenster)
- Transparente Kommunikation gegenüber Kunden hinsichtlich erwartbarer Abweichungen
- Differenzierung von Produktangeboten (z. B. „rein windbasiert“ vs. „hybrid optimiert“)

5. Sichtbarkeit und Nachverfolgbarkeit als integraler Bestandteil des Betriebs

Ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal von Frachtseglern liegt in ihrer hohen Sichtbarkeit und ihrem Kommunikationspotenzial. Der Transport ist nicht nur funktionaler Bestandteil der Lieferkette, sondern Teil der Wertschöpfung und Markenkommunikation.

- Tracking von Routen und Positionen (z. B. öffentlich zugängliche Karten, Live-Tracking)
- Dokumentation von Emissionseinsparungen
- Integration in ESG-Reporting und Nachhaltigkeitsberichte
- Nutzung von Transportdaten für Marketing- und Storytelling-Zwecke

Konsequenz:

Der Betrieb von Frachtseglern ist nicht ausschließlich als Logistikleistung zu verstehen, sondern auch als Kommunikations- und Interaktionsplattform. Dies erfordert:

- digitale Schnittstellen zur Datennutzung durch Kunden
- Aufbereitung von Transportinformationen für unterschiedliche Zielgruppen (B2B, Endkunden)
- enge Verzahnung von Logistik, Nachhaltigkeitsmanagement und Marketing

Aufbauend auf den spezifischen Anforderungen an Einsatz- und Betriebsprofile ergeben sich auch Implikationen für die Ausgestaltung geeigneter Vertrags- und Kooperationsformen. Die klassischen Vertragsmodelle der Seeschifffahrt (Spot- und langfristige Frachtratenverträge) sind dabei nur eingeschränkt übertragbar, da sie primär auf standardisierte, volumengetriebene und hochfrequente Transportstrukturen ausgerichtet sind. Für den Einsatz von Frachtseglern sind daher angepasste, stärker flexible und kooperative Modelle erforderlich, die den besonderen betrieblichen und marktseitigen Rahmenbedingungen Rechnung tragen.

Anforderungen an Vertrags- und Kooperationsformen

Die klassischen Vertragsmodelle der Seeschifffahrt (Spot- und langfristige Frachtratenverträge) sind nur bedingt auf Frachtsegler übertragbar. Sie basieren auf standardisierten, volumengetriebenen und hochfrequenten Transportstrukturen mit klar definierten Servicelevels. Demgegenüber erfordert der Einsatz von Frachtseglern eine höhere Flexibilität, stärkere Kooperation entlang der Wertschöpfungskette sowie die Integration zusätzlicher Wertdimensionen wie Nachhaltigkeit und Kommunikation. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit angepasster Vertrags- und Kooperationsmodelle.

1. Hybrid aus Transportvertrag und Nachhaltigkeitsleistung

Im Kontext von Frachtseglern erweitert sich die klassische Transportleistung um zusätzliche, über die reine physische Beförderung hinausgehende Komponenten. Während konventionelle Seetransportverträge primär auf Kosten, Transitzeit und Zuverlässigkeit fokussieren, rücken bei Frachtseglern insbesondere die ökologische Wirkung sowie der kommunikative Mehrwert in den Vordergrund.

Die zugrunde liegende Leistung lässt sich somit als hybride Kombination verstehen aus:

- physischem Transport,
- quantifizierbarer Emissionsreduktion (z. B. zur Integration in Scope-3-Bilanzen),
- sowie narrativem bzw. marketingseitigem Zusatznutzen.

Diese Erweiterung führt dazu, dass der Transport nicht mehr ausschließlich als operative Dienstleistung betrachtet wird, sondern zunehmend Teil strategischer Unternehmensziele wird. Insbesondere in konsumnahen Branchen kann der Transport selbst zu einem sichtbaren Bestandteil der Marken- und Produktgeschichte werden („Transport as a feature“).

Die zusätzlichen Leistungsdimensionen erfordern eine systematische Integration in zentrale Unternehmensbereiche, insbesondere in:

- Nachhaltigkeitsstrategien und Dekarbonisierungspfade,
- ESG-Reporting und CO_2-Bilanzierung,
- sowie Marken-, Kommunikations- und Vertriebsstrategien.

Darüber hinaus entsteht die Notwendigkeit, die erzeugten Nachhaltigkeitswirkungen standardisiert zu erfassen, zu quantifizieren und gegenüber internen sowie externen Stakeholdern belastbar nachzuweisen. Dies umfasst sowohl methodische Aspekte (z. B. Berechnungslogiken) als auch formale Anforderungen (z. B. Zertifizierungen oder Auditierungen).

Konsequenz: Vor diesem Hintergrund gewinnen sogenannte „Green Transport Agreements“ an Bedeutung, die über klassische Frachtratenverträge hinausgehen und die erweiterten Leistungsbestandteile explizit vertraglich abbilden. Neben der eigentlichen Transportleistung können darin z. B. folgende Elemente geregelt werden:

- standardisierte CO_2-Reportings und Emissionsnachweise,
- die Zuweisung und Nutzung von Emissionsminderungsattributen,
- Anforderungen an Transparenz und Nachverfolgbarkeit,
- sowie Regelungen zur kommunikativen Nutzung (z. B. für Marketing).

Damit entwickeln sich Transportverträge im Kontext von Frachtseglern zunehmend zu integrierten Leistungs- und Wirkungsverträgen, die logistische, ökologische und kommunikative Wertdimensionen verknüpfen.

Ein zusätzlicher Aspekt betrifft die Vertragsstrukturen zwischen Schiffseignern und Charterern. In der konventionellen Schifffahrt liegen bei Time-Charter-Modellen die Treibstoffkosten typischerweise beim Charterer, während Investitionen beim Eigner anfallen. Daraus ergibt sich für Frachtsegler die Herausforderung, gezielte Investitionsanreize für Eigner zu schaf-fen. Dies erfordert angepasste Vergütungsmodelle, etwa in Form höherer Charterraten für emissionsarme Schiffe, langfristiger Abnahmegarantien, geteilter Einsparmodelle oder der Vergütung von Emissionsminderungen.

2. Multi-Stakeholder-Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette

Der Einsatz von Frachtseglern erfordert in vielen Fällen eine deutlich engere Abstimmung zwischen verschiedenen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette als dies im konventionellen Seeverkehr üblich ist. Während der klassische Containerverkehr überwiegend durch bilaterale Vertragsbeziehungen zwischen Verlader und Reederei geprägt ist, entstehen im Kontext von Frachtseglern stärker vernetzte, mehrseitige Kooperationsstrukturen.

Diese Entwicklung ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass neben der physischen Transportleistung zusätzliche Wertdimensionen wie Nachhaltigkeit, Transparenz und kommunikative Anschlussfähigkeit berücksichtigt und gemeinsam gestaltet werden müssen. Der Transport wird damit zu einem integrativen Bestandteil der gesamten Wertschöpfungskette und nicht mehr isoliert als logistischer Einzelschritt betrachtet.

Typische Akteurskonstellationen umfassen:

- Produzenten (z. B. Kaffee-, Kakao- oder Gewürzproduzenten),
- Markenunternehmen bzw. Verarbeiter (z. B. Lebensmittel- oder Konsumgüterhersteller),
- Importeure und Handelsunternehmen,
- Logistikdienstleister für Vor- und Nachlauf sowie Distribution,
- sowie Betreiber und Anbieter von Frachtseglern.

Innerhalb dieser Netzwerke ergibt sich eine arbeitsteilige, jedoch eng verzahnte Rollenverteilung. So liefern Produzenten beispielsweise nachhaltig erzeugte Rohstoffe, während Markenunternehmen den emissionsarmen Transport gezielt in ihre Produkt- und Kommunikationsstrategie integrieren. Logistikdienstleister übernehmen die Organisation und Synchronisation der vor- und nachgelagerten Transportprozesse, während die Betreiber der Frachtsegler die eigentliche Transportleistung sowie die damit verbundene Emissionswirkung bereitstellen.

Charakteristisch ist dabei, dass der Gesamtwert nicht durch einzelne Akteure isoliert geschaffen wird, sondern durch das koordinierte Zusammenspiel aller Beteiligten. Insbesondere die Kombination aus nachhaltiger Produktion, emissionsarmem Transport und transparenter Kommunikation ermöglicht zusätzliche Wertschöpfungspotenziale entlang der gesamten Lieferkette.

Konsequenzen: Aus dieser Struktur ergeben sich spezifische Anforderungen an die Organisation und vertragliche Ausgestaltung der Zusammenarbeit:

- Statt rein bilateraler Vertragsbeziehungen gewinnen Kooperationsplattformen, Netzwerke oder Konsortialmodelle an Bedeutung, die mehrere Akteure integrieren.
- Der Abstimmungsbedarf zwischen den Beteiligten steigt deutlich, insbesondere hinsichtlich Mengenplanung, Zeitfenstern, Kommunikationsinhalten und Datenbereitstellung.
- Gleichzeitig eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Risikoteilung, etwa im Hinblick auf Auslastung, Kosten oder operative Unsicherheiten.
- Darüber hinaus entsteht Potenzial für gemeinsame Vermarktungsansätze, bei denen mehrere Akteure entlang der Lieferkette in eine konsistente Nachhaltigkeits- und Produktstory eingebunden werden.

Insgesamt verschiebt sich damit der Fokus von isolierten Transportverträgen hin zu integrierten Kooperationsmodellen, in denen logistische, ökologische und kommunikative Wertbeiträge gemeinsam erzeugt und verteilt werden.

3. Bündelung von Nachfrage (ähnlich ZEMBA-Logik)

Ein zentrales strukturelles Merkmal des Marktes für Frachtsegler ist, dass viele potenzielle Verlader – insbesondere aus den Segmenten nachhaltiger Konsumgüter, hochwertiger Agrarprodukte oder Nischenanbieter nicht über ausreichende Einzelvolumina verfügen, um ganze Schiffskapazitäten eigenständig auszulasten. Vor diesem Hintergrund kommt der Bündelung von Nachfrage eine entscheidende Bedeutung zu.

Im Unterschied zum klassischen Containerverkehr, der stark durch standardisierte und hochfrequente Transportströme geprägt ist, erfordert der Einsatz von Frachtseglern häufig die Aggregation kleinerer und mittlerer Sendungsmengen verschiedener Verlader zu gemeinsamen Transportlösungen. Dabei müssen unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Zeitfenstern, Zielhäfen, Produkttypen und Qualitätsanforderungen koordiniert und in ein konsistentes Transportkonzept integriert werden.

Die Bündelung ermöglicht es, eine ausreichende Auslastung einzelner Fahrten sicherzustellen und damit die wirtschaftliche Tragfähigkeit von Frachtsegler-Verkehren zu erhöhen. Gleichzeitig schafft sie die Grundlage für eine bessere Planbarkeit auf Seiten der Betreiber sowie für eine verlässlichere Integration in bestehende Lieferketten.

Konsequenzen: Aus der Notwendigkeit der Nachfragesynchronisation ergeben sich neue organisatorische und vertragliche Ansätze:

- Der Aufbau von Buyer Pools, Konsortien oder plattformbasierten Kooperationsmodellen gewinnt an Bedeutung, in denen mehrere Verlader ihre Nachfrage bündeln und Transportkapazitäten nachfragen.
- Es entstehen Möglichkeiten zur Vorvermarktung von Kapazitäten, beispielsweise durch die Vergabe fester Kontingente pro Reise oder saisonale Buchungsmodelle.
- Für Betreiber von Frachtseglern reduziert sich dadurch das Risiko unzureichender Auslastung, was insbesondere in frühen Marktphasen von hoher Relevanz ist.

Gleichzeitig erhöht sich die Planungssicherheit für alle Beteiligten, da Transportvolumina frühzeitig gebündelt und abgestimmt werden können. Darüber hinaus eröffnet die Bündelung von Nachfrage auch strategische Perspektiven: In Analogie zu Initiativen wie ZEMBA kann durch koordinierte Nachfrage nicht nur die Auslastung gesichert, sondern auch die Marktentwicklung aktiv vorangetrieben werden. Insbesondere größere Verlader oder Allianzen können dabei als Ankerkunden fungieren und so die Skalierung entsprechender Transportlösungen unterstützen.

4. Pilot- und Demonstrationsformate als Markteintrittsstrategie

In der aktuellen Markt- und Entwicklungsphase von Frachtseglern kommt Pilot- und Demonstrationsprojekten eine zentrale Bedeutung zu. Sowohl Anbieter als auch potenzielle Kunden stehen vor der Herausforderung, neue operative, wirtschaftliche und organisatorische Konzepte zu erproben und unter realen Bedingungen zu validieren. Entsprechend fungieren Pilotprojekte als wesentliche Lern- und Experimentierfelder für alle beteiligten Akteure.

Charakteristisch für diese Formate sind vergleichsweise kleine bis mittlere Transportvolumina, die gezielt ausgewählt und gesteuert werden. Gleichzeitig weisen sie häufig eine hohe Sichtbarkeit auf, etwa durch begleitende Kommunikationsmaßnahmen, mediale Berichterstattung oder die gezielte Integration in Marketing- und Nachhaltigkeitskampagnen. Der Transport selbst wird dabei bewusst als demonstratives Element inszeniert, um sowohl interne als auch externe Stakeholder von der Funktionsfähigkeit und dem Mehrwert des Konzepts zu überzeugen. Darüber hinaus besitzen Pilotprojekte einen explizit experimentellen Charakter. Sie dienen nicht primär der Effizienzoptimierung, sondern der Erprobung von Prozessen, der Identifikation operativer Herausforderungen sowie der Entwicklung geeigneter Geschäfts- und Kooperationsmodelle. In diesem Sinne sind sie als iterative Lernprozesse zu verstehen, in denen Erfahrungen systematisch gesammelt und in die Weiterentwicklung der Angebote überführt werden.

Konsequenzen: Aus dieser besonderen Rolle von Pilot- und Demonstrationsformaten ergeben sich spezifische Anforderungen an die vertragliche und organisatorische Ausgestaltung:

- Statt klassischer, langfristig angelegter Linienverträge dominieren projektbasierte Vertragsformen, die auf einzelne Transporte oder klar definierte Projektzeiträume ausgerichtet sind.
- Diese gehen mit einer geringeren langfristigen Bindung, jedoch gleichzeitig mit einer deutlich höheren Flexibilität für alle Beteiligten einher.
- Pilotprojekte ermöglichen eine schrittweise und iterative Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen, indem Erkenntnisse aus der praktischen Umsetzung unmittelbar in nachfolgende Projekte einfließen.
- Gleichzeitig fungieren sie als „Proof of Concept“, der als Grundlage für die spätere Skalierung und Standardisierung von Frachtsegler-Angeboten dient.

Darüber hinaus haben Pilotprojekte eine wichtige Signalwirkung für den Markt: Erfolgreiche Demonstrationsvorhaben können Vertrauen bei weiteren potenziellen Verladern schaffen, Investitionsentscheidungen unterstützen und zur Etablierung erster Best Practices beitragen. Damit gehen Pilotprojekte über die reine Erprobung im operativen Einsatz hinaus und leisten zugleich einen wichtigen Beitrag zur Markterschließung und Verbreitung innovativer Transportlösungen.

5. Zahlungsmodelle mit „Green Premium“ und Marketinganteil

Die Preisbildung für Frachtsegler unterscheidet sich grundlegend von klassischen, primär kostenbasierten Frachtraten im konventionellen Seeverkehr. Während dort Effizienz, Skaleneffekte und Wettbewerb zu stark standardisierten Preisstrukturen führen, ergibt sich der ökonomische Wert von Frachtsegler-Transporten aus mehreren, miteinander verknüpften Wertdimensionen.

Neben der reinen Transportleistung treten insbesondere die ökologische Wirkung sowie der kommunikative und markenbezogene Zusatznutzen als preisrelevante Faktoren in den Vordergrund. Der Gesamtwert eines Transportes lässt sich somit als Kombination verstehen aus:

- der klassischen logistischen Leistung (Transportkosten),
- der quantifizierbaren Nachhaltigkeitsleistung (z. B. CO_2-Reduktion, Beitrag zu ESG-Zielen),
- sowie dem Kommunikations- und Markenwert (z. B. Differenzierung, Storytelling, Kundenbindung).

Diese mehrdimensionale Wertstruktur führt dazu, dass sich auch die Zahlungsbereitschaft der Verlader nicht ausschließlich aus logistischen Effizienzüberlegungen ableitet, sondern maßgeblich durch strategische, regulatorische und marketingbezogene Faktoren beeinflusst wird.

Konsequenzen: Aus dieser erweiterten Wertlogik ergeben sich spezifische Anforderungen an die Ausgestaltung von Zahlungs- und Preismodellen:

Zahlungsmodelle müssen unterschiedliche Budgetlogiken innerhalb von Unternehmen integrieren, insbesondere:

- Logistikbudgets (für die physische Transportleistung),
- Nachhaltigkeits- bzw. ESG-Budgets (für Emissionsreduktion und Zielerreichung),
- sowie Marketing- und Kommunikationsbudgets (für Marken- und Storytelling-Effekte).

- Es etabliert sich ein sogenannter „Green Premium“, der über die reinen Transportkosten hinausgeht und die zusätzlichen ökologischen und kommunikativen Mehrwerte abbildet.
- Die Zahlungsbereitschaft für diesen Aufpreis ist häufig dort besonders ausgeprägt, wo Nachhaltigkeit strategisch verankert ist oder als Differenzierungsmerkmal im Markt genutzt wird.
- In vielen Fällen besteht die Möglichkeit, entstehende Mehrkosten zumindest teilweise über höhere Produktpreise, Premiumpositionierung oder gesteigerten Markenwert zu refinanzieren.

Darüber hinaus können sich perspektivisch hybride Preismodelle entwickeln, bei denen einzelne Wertkomponenten differenziert ausgewiesen und bepreist werden (z. B. separater Ausweis von Transportkosten und Emissionsminderungswerten). Dies ermöglicht eine höhere Transparenz sowie eine gezieltere interne Zuordnung der Kosten und Nutzen.

6. Optionale Entkopplung von physischem Transport und Wirkung

Mit zunehmender Reife des Marktes für Frachtsegler kann eine teilweise Entkopplung von physischem Transport und bilanzieller Emissionswirkung an Bedeutung gewinnen. Analog zu etablierten „Book & Claim“-Ansätzen in anderen Bereichen der nachhaltigen Logistik oder Energieversorgung eröffnet dies zusätzliche Flexibilitäts- und Skalierungspotenziale.

Im Kern basiert dieses Modell auf der Trennung von:

- dem tatsächlichen physischen Transport von Gütern,
- und der bilanziellen Zuordnung von Emissionsminderungen.

Während im klassischen Verständnis beide Dimensionen untrennbar miteinander verbunden sind, ermöglicht die Entkopplung, die durch emissionsarme Transporte erzielten Klimawirkungen unabhängig vom konkreten Warenfluss zu allokieren. Die Emissionsreduktion wird somit als eigenständiges, handelbares Attribut betrachtet.

Dies eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten:

- Verlader können Emissionsvorteile nutzen, ohne zwingend selbst physisch Frachtsegler-Transporte in Anspruch nehmen zu müssen.
- Gleichzeitig erhöht sich die Flexibilität in der Lieferkettenplanung, da operative Zwänge (z. B. Zeitfenster oder Routen) nicht mehr unmittelbar mit Nachhaltigkeitszielen verknüpft sein müssen.
- Anbieter können ihre begrenzten physischen Kapazitäten effizienter einsetzen und die erzielten Emissionsminderungen auf eine größere Anzahl von Kunden verteilen.

Konsequenzen: Aus dieser Entwicklung ergeben sich weitreichende Implikationen für Marktstruktur und Vertragsgestaltung:

- Es entstehen zusätzliche Skalierungsmöglichkeiten, da die Wirkung emissionsarmer Transporte über die tatsächlich verfügbaren Kapazitäten hinaus nutzbar gemacht werden kann.
- Gleichzeitig wächst die Bedeutung von standardisierten Zertifizierungs-, Verifizierungs- und Nachweissystemen, um die Glaubwürdigkeit und Vergleichbarkeit der Emissionsminderungen sicherzustellen.
- Die Anschlussfähigkeit an bestehende Reporting-Standards und Initiativen (z. B. im Bereich Scope-3-Bilanzierung) wird zu einem zentralen Erfolgsfaktor.
- Darüber hinaus ergeben sich neue Marktmechanismen, bei denen Emissionsminderungsattribute ähnlich wie Zertifikate gehandelt oder allokiert werden können.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass solche Modelle erhöhte Anforderungen an Transparenz, Governance und Vermeidung von Doppelzählungen stellen. Die Akzeptanz bei Unternehmen und Stakeholdern hängt maßgeblich davon ab, inwieweit die zugrunde liegenden Methoden nachvollziehbar, standardisiert und glaubwürdig ausgestaltet sind.

Übergreifende Implikationen für Geschäftsmodelle

Aufbauend auf den Anforderungen an Einsatz- und Betriebsprofile sowie an Vertrags- und Kooperationsformen lassen sich übergeordnete Implikationen für die Ausgestaltung tragfähiger Geschäftsmodelle von Frachtseglern ableiten. Diese gehen deutlich über klassische Logistikmodelle hinaus und erfordern eine integrierte Betrachtung von Transportleistung, Nachhaltigkeitswirkung und marktorientierter Wertschöpfung.

Im Kern lassen sich drei zentrale Prinzipien identifizieren, die für die Entwicklung und Skalierung entsprechender Geschäftsmodelle maßgeblich sind:

1. Vom Transportanbieter zum Lösungsanbieter

Frachtsegler-Anbieter agieren nicht mehr ausschließlich als Transportdienstleister im klassischen Sinne, sondern entwickeln sich zunehmend zu integrierten Lösungsanbietern, die mehrere Wertdimensionen gleichzeitig adressieren und miteinander verknüpfen. Der Fokus verschiebt sich dabei von der reinen physischen Beförderung hin zu einem ganzheitlichen Leistungsangebot, das logistische, ökologische und kommunikative Aspekte integriert.

Neben der eigentlichen Transportleistung umfasst das Angebot insbesondere:

- die Emissionsreduktion als quantifizierbarer Beitrag zur Scope-3-Strategie der Kunden und als Bestandteil unternehmensweiter Dekarbonisierungspfade,
- den Marken- und Kommunikationswert, etwa durch sichtbar nachhaltige Transportlösungen, die aktiv in Marketing- und Produktstrategien eingebunden werden können,
- sowie ein Innovations- und Transformationssignal, das Unternehmen als Vorreiter in der nachhaltigen Gestaltung globaler Lieferketten positioniert.

Damit wird der Transport selbst zu einem strategischen Instrument, das über die reine Logistikfunktion hinausgeht und gezielt zur Erreichung unternehmerischer Nachhaltigkeits- und Differenzierungsziele eingesetzt werden kann.

Gleichzeitig entstehen für Anbieter zusätzliche Anforderungen, die über klassische Transportdienstleistungen deutlich hinausgehen. Hierzu zählen insbesondere:

- die Bereitstellung standardisierter Emissionsdaten sowie geeigneter Reporting-Schnittstellen zur Integration in bestehende ESG- und Controlling-Systeme,
- die Unterstützung von Kunden bei der Einbindung in Nachhaltigkeitsstrategien, etwa durch Beratung zu Einsatzmöglichkeiten, Bilanzierung und Wirkung,
- sowie die Entwicklung konkreter, kommunizierbarer Anwendungsfälle („Use Cases“), z. B. spezifische Produktlinien oder Kampagnen, bei denen nachhaltiger Transport gezielt sichtbar gemacht wird.

Darüber hinaus gewinnen Aspekte wie Transparenz, Nachverfolgbarkeit („Track & Trace“) sowie die Fähigkeit zur Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Stakeholdern entlang der Wertschöpfungskette zunehmend an Bedeutung.

Implikation: Das Geschäftsmodell von Frachtsegler-Anbietern entwickelt sich damit von einer primär operativen Transportdienstleistung hin zu einem mehrdimensionalen Leistungsangebot, das Logistik, Nachhaltigkeit und Kommunikation integriert. Anbieter übernehmen zunehmend die Rolle von Enablern nachhaltiger Lieferketten und schaffen Mehrwerte, die weit über die eigentliche Transportfunktion hinausgehen.

2. Plattform- und Netzwerklogik statt Einzelkundenfokus

Aufgrund begrenzter Transportkapazitäten sowie einer stark fragmentierten Nachfrage ist ein rein einzelkundenbasierter Ansatz für Frachtsegler nur eingeschränkt tragfähig. Viele potenzielle Verlader verfügen lediglich über kleine bis mittlere Sendungsmengen, die isoliert betrachtet keine wirtschaftliche Auslastung einzelner Fahrten ermöglichen. Vor diesem Hintergrund gewinnen plattform- und netzwerkbasierte Modelle zunehmend an Bedeutung.

Im Zentrum steht dabei die systematische Bündelung und Synchronisation von Nachfrage über mehrere Verlader hinweg. Gleichzeitig erfordert der Einsatz von Frachtseglern eine enge Koordination verschiedener Akteure entlang der Wertschöpfungskette, um heterogene Anforderungen – etwa hinsichtlich Zeitfenstern, Routen oder Produkttypen – in ein konsistentes Transportkonzept zu integrieren. Ziel ist der Aufbau stabiler, wiederkehrender Transportströme, die auf aggregierten Volumina basieren und somit eine verlässliche Auslastung der verfügbaren Kapazitäten ermöglichen.

Zentrale Elemente solcher Modelle sind:

- die Bündelung von Nachfrage über mehrere Verlader hinweg,
- die Koordination und Integration unterschiedlicher Akteure entlang der Lieferkette,
- sowie der Aufbau planbarer Transportstrukturen durch aggregierte und verstetigte Volumina.

Mögliche Ausprägungen umfassen:

- Digitale Plattformlösungen, die Angebot und Nachfrage effizient zusammenführen („Matching“ von Ladung und Kapazitäten),
- Konsortialmodelle oder Buyer Groups, in denen mehrere Verlader ihre Nachfrage bündeln (analog zu Initiativen wie ZEMBA),
- sowie langfristig angelegte Partnerschaften entlang definierter Routen, etwa im Sinne von „Green Corridors“.

Implikation: Die Rolle der Frachtsegler-Betreiber verschiebt sich zunehmend vom klassischen Transportanbieter hin zu einem Orchestrator komplexer Netzwerke, der Nachfrage bündelt, Akteure integriert und Transportströme aktiv gestaltet.

Der wirtschaftliche Erfolg hängt dabei maßgeblich von der Fähigkeit ab,

- ausreichende Nachfrage zu aggregieren,
- stabile Auslastung sicherzustellen,
- und gleichzeitig die unterschiedlichen Anforderungen der beteiligten Akteure effizient zu koordinieren.

In diesem Kontext gewinnen insbesondere Datenverfügbarkeit, digitale Koordinationsmechanismen sowie eine enge Kundenintegration an Bedeutung. Plattform- und Netzwerkkompetenzen werden damit zu einem zentralen Differenzierungsfaktor im entstehenden Markt für Frachtsegler.

3. Kombination aus physischem Betrieb und immateriellem Mehrwert

Ein wesentliches Merkmal von Frachtsegler-Geschäftsmodellen ist die enge Verknüpfung von physischer Transportleistung mit immateriellen Wertkomponenten.

Diese umfassen insbesondere:

- ESG-Wirkung (z. B. CO_2-Einsparung, Beitrag zu Klimazielen)
- Transparenz und Nachverfolgbarkeit entlang der Lieferkette
- Storytelling und Markenintegration (z. B. „per Segelschiff transportiert“)

Dabei entsteht ein hybrides Wertangebot: Logistikleistung + Nachhaltigkeitsleistung + Kommunikationsleistung

Implikation:

- Notwendigkeit, messbare Emissionseinsparungen mit nachvollziehbaren Methoden zu quantifizieren
- Entwicklung von digitalen Schnittstellen und Trackinglösungen
- Enge Verzahnung mit Marketing- und Nachhaltigkeitsabteilungen der Kunden.

MARKTANALYSE - ZUSAMMENFASSUNG

Einordnung des Marktes

- Der Seeverkehr stellt eine zentrale Säule des deutschen Außenhandels dar und ist durch hohe Volumina, starke Skaleneffekte und eine ausgeprägte Konzentration auf wenige große Hafenstandorte geprägt. Die Marktstruktur ist dabei zweigeteilt: Einerseits dominieren volumenintensive Energie- und Rohstoffströme, andererseits containerisierte Güter mit höherer Wertschöpfung und stärkerer logistischer Differenzierung. Diese Struktur begünstigt etablierte, hochskalierte Transportlösungen und setzt klare Grenzen für Konzepte wie Frachtsegler.

Eignung von Gütern für Frachtsegler

- Die Analyse zeigt, dass die Eignung von Gütern maßgeblich durch zwei Faktoren bestimmt wird: Wertdichte und Zeitkritikalität. Frachtsegler sind insbesondere dort sinnvoll einsetzbar, wo Güter eine mittlere bis hohe Wertdichte aufweisen und gleichzeitig keine strengen zeitlichen Anforderungen bestehen. Klassische Massengüter oder hochzeitkritische Lieferketten scheiden hingegen weitgehend aus.
- Daraus ergibt sich ein klar umrissenes Einsatzfeld: Frachtsegler adressieren keine volumengetriebenen Standardtransporte, sondern spezifische Segmente, in denen Flexibilität und Nachhaltigkeit wichtiger sind als maximale Effizienz und Geschwindigkeit.

Zielmärkte und Einsatzfelder

- Die vielversprechendsten Einsatzbereiche liegen in klar definierten Nischenmärkten. Dazu zählen insbesondere hochwertige Agrarprodukte wie Kaffee, Kakao oder Wein, bei denen neben der Produktqualität auch die Herkunft und Transportart eine Rolle spielen. Ebenso relevant sind markengetriebene Konsumgüter, bei denen nachhaltiger Transport aktiv zur Markenpositionierung genutzt werden kann.
- Darüber hinaus bieten sich Einsatzmöglichkeiten im Bereich Stückgut sowie bei projektbezogenen Transporten, sofern zeitliche Flexibilität gegeben ist.

Zielkundengruppen

- Die potenziellen Kunden lassen sich in mehrere klar abgegrenzte Gruppen einteilen. Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen insbesondere im Bereich Scope-3-Emissionen stellen eine wichtige Zielgruppe dar, da sie aktiv nach alternativen Transportlösungen suchen. Markenorientierte Konsumgüterhersteller profitieren zusätzlich von der kommunikativen Wirkung emissionsarmer Transporte.
- Produzenten hochwertiger Agrarprodukte weisen eine besonders gute strukturelle Passung auf, da ihre Produkte häufig sowohl wertdicht als auch zeitlich flexibel sind. Ergänzt wird dieses Bild durch projektorientierte Industrieunternehmen sowie kleinere, community-getriebene Akteure, die häufig als Vorreiter und Testnutzer fungieren.
- Gemeinsam ist diesen Kundengruppen eine erhöhte Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Transportlösungen sowie die Bereitschaft, innovative Logistikkonzepte in bestehende Lieferketten zu integrieren.

Wettbewerbliche Einordnung

- Im direkten Vergleich mit der konventionellen Schifffahrt zeigen sich deutliche Unterschiede. Klassische Transportlösungen sind hochgradig effizient, kostengünstig und zuverlässig skalierbar. Frachtsegler hingegen weisen strukturelle Nachteile in Bezug auf Kosten, Planbarkeit und Kapazität auf.
- Demgegenüber stehen jedoch signifikante Vorteile: insbesondere die nahezu emissionsfreie Transportleistung, die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie ein hoher Differenzierungswert für Kunden. Frachtsegler sind daher nicht als Ersatz, sondern als komplementäre Ergänzung zur bestehenden Logistik zu verstehen.

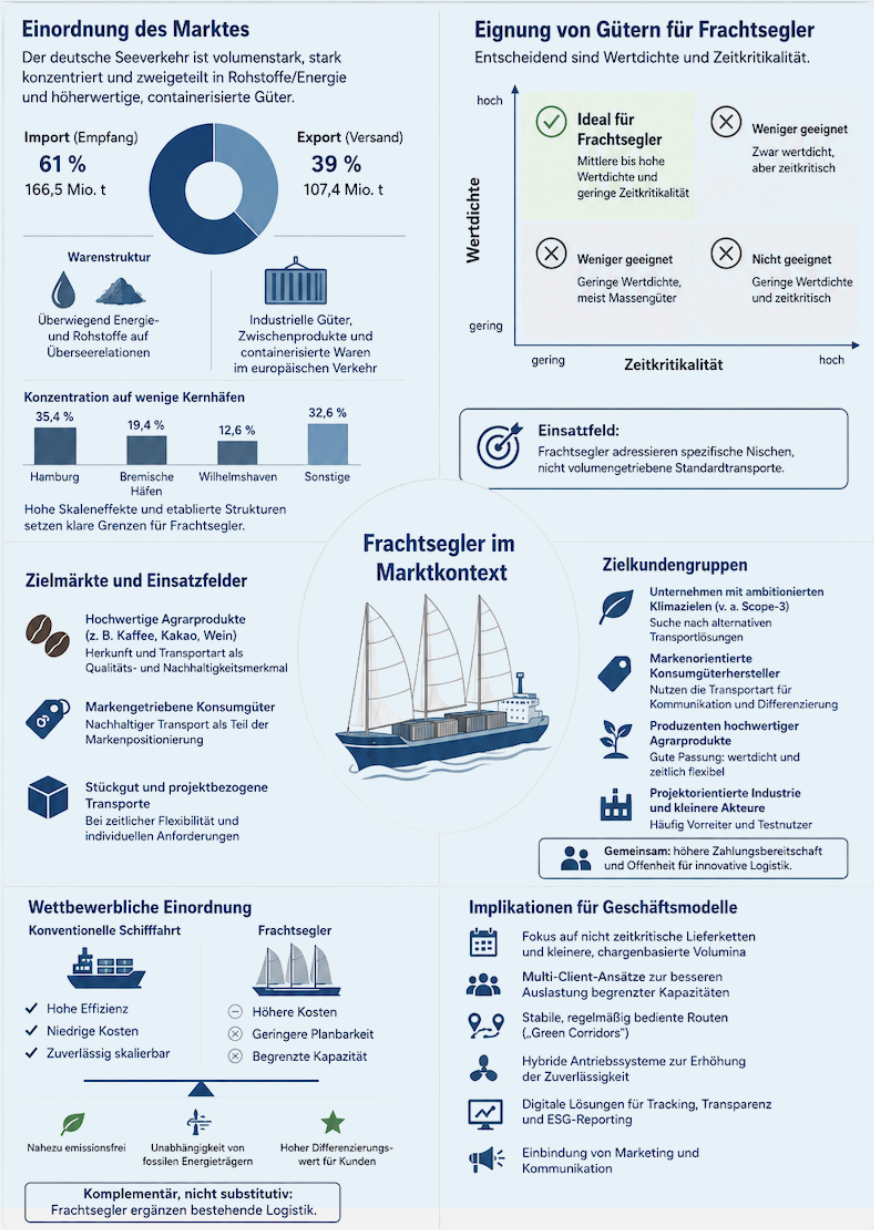
MARKTANALYSE - ZUSAMMENFASSUNG

Implikationen für Geschäftsmodelle

- Die erfolgreiche Integration von Frachtseglern erfordert ein angepasstes Geschäfts- und Betriebsmodell. Zentral ist die Fokussierung auf nicht zeitkritische Lieferketten sowie auf kleinere, chargenbasierte Transportvolumina. Multi-Client-Ansätze ermöglichen dabei eine bessere Auslastung der begrenzten Kapazitäten.
- Zudem gewinnen stabile, regelmäßig bediente Routen („Green Corridors“) an Bedeutung. Ergänzend sind hybride Antriebssysteme relevant, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Digitale Lösungen für Tracking, Transparenz und ESG-Reporting sowie die bewusste Einbindung von Marketing- und Kommunikationsaspekten sind weitere zentrale Erfolgsfaktoren.

Gesamtbewertung

- Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Frachtsegler kein Massenmarktpotenzial besitzen, jedoch ein klar definiertes und wachsendes Nischenpotenzial aufweisen. Ihr strategischer Wert liegt weniger in ökonomischer Effizienz als vielmehr in ihrer ökologischen Wirkung und ihrer Fähigkeit zur Differenzierung.
- Der Erfolg hängt entscheidend davon ab, geeignete Gütersegmente und Kundengruppen gezielt anzusprechen und gleichzeitig Geschäftsmodelle zu entwickeln, die den spezifischen Anforderungen dieser Transportform gerecht werden.





INHALT

MARKTANALYSE

Identifikation tragfähiger Marktsegmente und realistischer Einsatzfelder S. 03

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ökonomische Tragfähigkeit von Frachtseglern im Wettbewerbsvergleich S. 30

EMISSIONEN

Emissionsminderungspotenziale im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt S. 55

STAKEHOLDER

Marktwahrnehmung, Akzeptanz und Einschätzungen zentraler Akteure S. 71

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Vorüberlegungen

Ziel der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Entwicklung einer transparenten, modular aufgebauten Bewertungsgrundlage, mit der die Wirtschaftlichkeit eines Frachtseglerbetriebs systematisch analysiert werden kann. Das Modell soll sowohl die zentralen Kostenblöcke als auch die potenziellen Erlösströme strukturiert erfassen und in eine konsistente Gesamtlogik überführen. Dabei dient das Modell nicht nur der Abbildung des Status quo, sondern insbesondere als Instrument zur Szenarioanalyse und Entscheidungsunterstützung. Vor dem Hintergrund hoher Unsicherheiten etwa hinsichtlich Windverfügbarkeit, technologischer Leistungsfähigkeit oder Marktpreisentwicklung ist ein flexibler Aufbau erforderlich, der die Variation zentraler Einflussgrößen ermöglicht.

Die **Kostenbetrachtung** folgt einem ganzheitlichen Ansatz, der neben den Investitionskosten auch sämtliche Betriebs- und Folgekosten systematisch berücksichtigt. Dies ist bei Frachtseglern von besonderer Relevanz, da höhere Anfangsinvestitionen potenziellen Einsparungen im laufenden Betrieb gegenüberstehen und sich die Wirtschaftlichkeit erst über einen längeren Zeitraum einstellt.

Im Rahmen des vorgeschlagenen Ansatzes werden die Kosten eines Frachtseglers in mehrere Komponenten untergliedert:

1. Anschaffungskosten

Hierzu zählen die Bau- bzw. Anschaffungskosten des Schiffes sowie die Kosten für die Integration der Antriebstechnologie. Ergänzend werden Finanzierungskosten, wie Zinszahlungen und Kreditkonditionen, sowie Gebühren für Registrierung und Dokumentation berücksichtigt.

2. Betriebskosten

Die laufenden Kosten stellen einen wesentlichen Bestandteil der Gesamtwirtschaftlichkeit dar. Dazu gehören insbesondere Treibstoff- und Schmierstoffkosten, die je nach Antriebstechnologie variieren, sowie Kosten für Besatzung, Training etc.. Weitere zentrale Posten sind Reparatur- und Wartungskosten, Versicherungen (z. B. Hull & Machinery sowie Protection & Indemnity) sowie Hafen- und Kanalgebühren.

3. Regulatorische und Compliance-Kosten

Diese umfassen Aufwendungen für Klassifikationsgesellschaften, Zertifizierungen und sicherheitsrelevante Inspektionen. Darüber hinaus fallen Kosten für die Einhaltung umweltbezogener Vorschriften an, beispielsweise für Emissionsminderungstechnologien, Monitoring-Systeme oder Ballastwasserbehandlung. Auch staatliche Abgaben, wie Flaggenstaatgebühren oder Tonnagesteuern, sind zu berücksichtigen.

4. Stillstands- und Opportunitätskosten

Diese Kosten entstehen durch Einnahmeausfälle während geplanter oder ungeplanter Ausfallzeiten, etwa im Rahmen von Dockungen oder Reparaturen. Zusätzlich können Marktfluktuationen, insbesondere bei Charterraten, die erzielbaren Erlöse beeinflussen und sind daher in der Bewertung zu berücksichtigen.

Die **Erlösbetrachtung** umfasst sämtliche Einnahmeströme, die aus dem Betrieb eines Frachtseglers generiert werden können. Ziel ist es, die Erlösmechanismen systematisch zu erfassen und so abzubilden, dass sie in ihrer Struktur, Variabilität und Abhängigkeit von operativen sowie marktbezogenen Einflussfaktoren nachvollziehbar und quantifizierbar sind. Analog zur Kostenseite erfolgt die Gliederung der Erlöse in mehrere zentrale Komponenten, die sowohl direkte Einnahmen aus dem Transportgeschäft als auch indirekte ökonomische Effekte berücksichtigen.

Diese differenzierte Betrachtung ist insbesondere vor dem Hintergrund der technologischen und marktseitigen Besonderheiten von Frachtseglern erforderlich.

Auf der Erlösseite werden die folgenden Einflussgrößen berücksichtigt:

1. Transporterlöse
Die primäre Erlösquelle eines Frachtseglerbetriebs sind Einnahmen aus Transportleistungen. Diese ergeben sich aus Frachtrate, transportierter Menge und Transportfrequenz. Zentrale Einflussgrößen sind die Schiffskapazität, die Auslastung sowie die Anzahl der Umläufe pro Jahr, die maßgeblich von Geschwindigkeit und Routenbedingungen abhängen. Beim Einsatz windunterstützter Systeme sind dabei mögliche Trade-offs zu berücksichtigen, etwa zwischen reduzierten Betriebskosten und potenziell geringerer Geschwindigkeit oder Ladekapazität.

2. Nachhaltigkeitsbedingte Erlöspotenziale
Frachtsegler ermöglichen emissionsarme Transporte und können dadurch zusätzliche Erlöse generieren, insbesondere durch Preisaufschläge („Green Premium“). Deren Höhe hängt von Marktsegment, Kundengruppe und regulatorischem Umfeld ab. Zudem können nachhaltigkeitsorientierte Transportlösungen den Abschluss langfristiger Verträge begünstigen und einen Wettbewerbsvorteil in bestimmten Marktsegmenten schaffen.

3. Regulatorisch induzierte ökonomische Effekte
Neben direkten Erlösen sind auch indirekte Effekte zu berücksichtigen, etwa reduzierte Kosten durch geringere Emissionen im Rahmen von CO_2-Bepreisungssystemen. Diese wirken wirtschaftlich wie zusätzliche Erlöse, da sie die Nettokosten senken. Darüber hinaus können regulatorische Anforderungen die langfristige Erlösfähigkeit eines Schiffes beeinflussen.

Die Erlöse unterliegen externen Einflussfaktoren wie schwankenden Frachtraten, veränderter Nachfrage und strukturellen Marktentwicklungen. Insbesondere nachhaltigkeitsbedingte Erlöse sind mit Unsicherheiten verbunden, die im Modell durch Szenarien berücksichtigt werden.

Die bis hierhin dargestellten Kosten- und Erlösbestandteile verdeutlichen die hohe Komplexität sowie die Vielzahl an Einflussfaktoren, die die Wirtschaftlichkeit eines Frachtseglerbetriebs bestimmen. Eine vollständige Abbildung aller Einflussgrößen und Wechselwirkungen ist im Rahmen dieser Betrachtung nur eingeschränkt möglich. Daher erfolgt eine modellhafte Vereinfachung, die sich auf die wesentlichen und entscheidungsrelevanten Parameter konzentriert. Im Folgenden werden die zentralen Kosten- und Erlösgrößen systematisch hergeleitet und quantifiziert, um eine belastbare Grundlage für die weitere Analyse und Bewertung zu schaffen.

Abbildung: Kosten- und Erlösbestandteile im Überblick



Kostenbetrachtung

Die detaillierte Kostenbetrachtung folgt der zuvor beschriebenen Systematik. Für die einzelnen Kostenbestandteile werden im Folgenden geeignete Wertansätze systematisch hergeleitet und quantifiziert, um eine konsistente und belastbare Grundlage für die weitere Analyse zu schaffen. Sofern möglich, erfolgt eine Gegenüberstellung mit entsprechenden Werten konventioneller Schiffe, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Die **Anschaffungskosten** umfassen sämtliche initialen Aufwendungen, die für die Bereitstellung eines betriebsfähigen Schiffes erforderlich sind. Neben den reinen Bau- bzw. Anschaffungskosten des Schiffes beinhalten sie eine Vielzahl zusätzlicher Kostenkomponenten, die insbesondere im Kontext innovativer Antriebstechnologien von hoher Relevanz sind. Im Rahmen der vorliegenden Betrachtung werden die Anschaffungskosten daher differenziert nach mehreren zentralen Kostenblöcken erfasst.

Den größten Anteil stellen die Schiffsbaukosten im engeren Sinne dar, also die eigentlichen Bau- oder Kaufkosten des Schiffes. Diese werden maßgeblich durch Faktoren wie Schiffstyp und -größe, die gewählte Bauwerft sowie deren Standort, den Ausstattungsstandard und den Spezialisierungsgrad des Schiffes beeinflusst. Auch bei Frachtseglern bildet dieser Kostenblock die dominante Größe und macht typischerweise etwa 60–80 % der Gesamtinvestition aus. Im Vergleich zu konventionellen Schiffen ergeben sich jedoch zusätzliche Anforderungen an das Grunddesign. Hierzu zählen insbesondere strukturelle Anpassungen zur Integration von Windantriebssystemen, etwa Verstärkungen im Decksbereich oder Anpassungen der Layoutstruktur. Diese konstruktiven Anforderungen führen zu erhöhten Baukosten bereits in der Planungs- und Designphase. Ein zentraler Unterschied zu konventionellen Schiffskonzepten liegt in den zusätzlichen Investitionen für windunterstützte Antriebssysteme. Dazu zählen insbesondere Technologien wie Flettner-Rotoren, starre oder flexible Segel sowie Kitesysteme. Empirische Analysen zeigen, dass die Investitionskosten für solche Systeme typischerweise im Bereich von etwa 2 bis 4 Mio. USD pro Schiff liegen, abhängig von Technologie, Anzahl der installierten Einheiten sowie deren Dimensionierung (vgl. Lloyds Register, 2024). Bezogen auf die Gesamtinvestition entspricht dies in der Regel einem Anteil von etwa 5–15 %.

Neben den reinen Systemkosten entstehen zusätzliche Integrations- und Engineeringkosten, die einen wesentlichen Bestandteil der Gesamtinvestition darstellen. Diese umfassen unter anderem strukturelle Anpassungen (z. B. Fundamentierung und Verstärkungen), die Integration in elektrische und steuerungstechnische Systeme sowie umfangreiche Planungs- und Designleistungen. Für Retrofit-Projekte liegen diese Integrationskosten typischerweise bei etwa 25 % der Systemkosten, während sie bei Neubauten mit etwa 18 % etwas geringer ausfallen (vgl. ebenda). Bezogen auf die Gesamtinvestition entspricht dies einem Anteil von etwa 2–5 %. Darüber hinaus weist die Literatur auf sogenannte „hidden costs“ hin, die im Zusammenhang mit der Integration von Windantriebssystemen auftreten können. Hierzu zählen insbesondere zusätzliche Aufwendungen für Stahlbauarbeiten, Engineering-Leistungen sowie regulatorische und klassifikationsbezogene Anforderungen, die im Vorfeld häufig nicht vollständig berücksichtigt werden.

Die Finanzierungskosten stellen einen weiteren relevanten Kostenblock dar und haben maßgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Projekts. Hierzu zählen insbesondere Fremdkapitalzinsen, Tilgungsstrukturen sowie Eigenkapitalanforderungen. Aufgrund der noch begrenzten Marktreife und Standardisierung von Windantriebstechnologien können zusätzliche Risikoprämien anfallen, die zu erhöhten Finanzierungskosten führen. Ergänzend sind Transaktions- und Nebenkosten zu berücksichtigen, die im Rahmen der Projektabwicklung entstehen. Dazu zählen u. a. Registrierungs- und Flaggenkosten, Gebühren für Klassifikationsgesellschaften, Versicherungen während der Bauphase (z. B. Builder’s Risk) sowie rechtliche und administrative Aufwendungen.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Aufgrund der bislang geringen Marktdurchdringung sowie der z. T. noch fehlenden Standardisierung erfolgt die Quantifizierung der Anschaffungskosten von Frachtseglern in Form von Bandbreiten. Für größere Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von mindestens etwa 10.000 dwt liegen die Investitionskosten typischerweise im Bereich von etwa 25 bis 40 Mio. EUR. Die konkrete Höhe wird dabei maßgeblich durch Schiffstyp, Größe, technologische Ausgestaltung sowie den Integrationsgrad der Windantriebssysteme beeinflusst.

Zum Vergleich bewegen sich die Neubaukosten konventioneller Schiffe in vergleichbaren Segmenten auf einem niedrigeren Niveau. Stückgutfrachter mit einer Tragfähigkeit von etwa 10.000 DWT liegen typischerweise im Bereich von etwa 18 bis 25 Mio. EUR. Vergleichbare Schiffe im Containersegment weisen aufgrund höherer technischer Anforderungen, größerer Maschinenleistungen sowie komplexerer Ausstattungsmerkmale häufig Investitionsvolumina von bis zu etwa 30 Mio. EUR auf. Insgesamt zeigt sich somit, dass Frachtsegler gegenüber konventionellen Schiffen vergleichbarer Größenklasse in der Regel mit einem moderaten Investitionsaufschlag verbunden sind.

Die dargestellte Bandbreite wird durch aktuelle Projektentwicklungen im Bereich windunterstützter Frachtschiffe grundsätzlich bestätigt. Eine Betrachtung konkreter Neubau- und Demonstratorprojekte zeigt, dass sich die Investitionskosten deutlich nach Schiffstyp, Größe und technischer Ausgestaltung differenzieren. Projekte wie Grain de Sail III sowie die von TOWT entwickelten Schiffe (z. B. Anemos) bewegen sich nach öffentlich verfügbaren Angaben im Bereich von etwa 30 bis 40 Mio. EUR. Diese Schiffe kombinieren eine moderate Größe mit einem hohen Anteil windbasierter Antriebstechnologie. Charakteristisch ist dabei ein integriertes Design, bei dem die Windantriebssysteme bereits im Neubau berücksichtigt werden, wodurch sich eine vergleichsweise ausgewogene Kostenstruktur ergibt. Demgegenüber stehen größere Konzepte wie der Neoliner Origin, der als RoRo-Schiff mit einer Länge von über 130 Metern und entsprechend hoher Transportkapazität ausgelegt ist. Aufgrund der größeren Dimensionierung sowie der komplexen Integration großflächiger Segelsysteme liegen die Investitionskosten hier deutlich höher und erreichen Größenordnungen von etwa 60 Mio. EUR. Weitere Projekte bewegen sich z. T. in kleineren oder stärker experimentell geprägten Segmenten und sind häufig als Demonstrations- oder Pilotprojekte konzipiert. Aufgrund ihrer kleineren Bauweise, geringeren Transportkapazität sowie einer insgesamt niedrigeren technologischen Komplexität weisen diese Konzepte in der Regel deutlich geringere absolute Investitionsvolumina auf. Ein Beispiel hierfür ist die SV Juren Ae, dessen Investitionskosten schätzungsweise im Bereich von etwa 8 bis 15 Mio. EUR liegen.

Für eine vollständige wirtschaftliche Bewertung ist es erforderlich, das Investitionsvolumen des Frachtseglers in jährliche Kostenkomponenten zu überführen. Die einmaligen Anschaffungskosten werden hierzu in Form von Abschreibungen über die wirtschaftliche Nutzungsdauer verteilt. Durch diese Aufteilung wird das Investitionsvolumen in jährlich wirksame Kosten überführt und kann somit konsistent in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen integriert werden. Dies ermöglicht eine realistische Beurteilung der langfristigen Tragfähigkeit des Frachtseglerbetriebs, insbesondere vor dem Hintergrund der hohen Anfangsinvestitionen. In der Schifffahrt werden hierfür typischerweise Abschreibungszeiträume von etwa 20 bis 25 Jahren angesetzt, abhängig von Schiffstyp, technischer Lebensdauer und Nutzungskonzept. Ergänzend sind die Finanzierungskosten zu berücksichtigen, die sich aus der Kapitalstruktur sowie den zugrunde liegenden Zinskonditionen ergeben. Für die Fremdkapitalfinanzierung können unter aktuellen Marktbedingungen Zinssätze in einer Größenordnung von etwa 4 bis 6 % als realistisch angenommen werden. Bei innovativen oder technologisch noch nicht vollständig etablierten Konzepten, wie Frachtseglern, können aufgrund höherer Risikoeinschätzungen tendenziell auch leicht erhöhte Finanzierungskosten auftreten.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die **Betriebskosten** eines Frachtseglers unterscheiden sich in ihrer Struktur und Dynamik teilweise deutlich von denen konventioneller Schiffe. Während vor allem im Bereich der Treibstoffkosten Einsparpotenziale durch den Einsatz windunterstützter Antriebssysteme bestehen, entstehen gleichzeitig zusätzliche Kostenkomponenten, die bei der Bewertung zu berücksichtigen sind. Den zentralen Kostenblock stellen weiterhin die Treibstoffkosten dar, die durch die Nutzung von Windenergie reduziert werden können. Die Höhe der Einsparungen ist jedoch stark abhängig von Routenprofil, Windverhältnissen und eingesetzter Technologie und unterliegt daher erheblichen Schwankungen. Eine vollständige Substitution des konventionellen Antriebs ist in der Regel nicht möglich, sodass weiterhin ein signifikanter Treibstoffverbrauch bestehen bleibt.

Demgegenüber können sich im Bereich der Wartungs- und Instandhaltungskosten zusätzliche Aufwendungen ergeben, insbesondere durch die erhöhte technische Komplexität windunterstützter Systeme. Gleichzeitig können geringere Belastungen des Hauptantriebs zu partiellen Einsparungen führen. Insgesamt ist daher von einer tendenziell vergleichbaren oder leicht erhöhten Wartungskostenstruktur auszugehen. Auch im Bereich der Personalkosten können sich Veränderungen ergeben, da der Betrieb zusätzlicher Systeme spezifische Qualifikationen erfordert. Kurzfristig ist daher eher von moderat steigenden Kosten auszugehen, während langfristig Automatisierungseffekte zu einer Stabilisierung beitragen können. Weitere Kostenkomponenten betreffen Versicherungen sowie energie- und systembezogene Aufwendungen, die durch den Betrieb der zusätzlichen Antriebssysteme entstehen. Insgesamt führt dies zu einer differenzierteren und tw. komplexeren Betriebskostenstruktur im Vergleich zu konventionellen Schiffen. Aufgrund der starken Abhängigkeit von externen Einflussfaktoren, insbesondere den Windbedingungen, ist eine statische Betrachtung der Betriebskosten nicht ausreichend. Vielmehr erfordert die Bewertung eine szenariobasierte Modellierung, um die Bandbreite möglicher Entwicklungen realistisch abzubilden.

Zur Quantifizierung der Betriebskosten wird zunächst ein tagesbasiertes Modell herangezogen, das die wesentlichen Kostenkomponenten eines Frachtseglerbetriebs abbildet. Berücksichtigt werden dabei insbesondere Crewkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten, Versicherungen, laufende technische Betriebskosten sowie betriebsabhängige Aufwendungen wie Energieverbrauch der Hilfsantriebe, Hafen- und Kanalgebühren. Die Verwaltungskosten umfassen Management-, Administrations- und Vertriebsaufgaben. Bei Frachtseglern fallen sie aufgrund des höheren Koordinations- und Vermarktungsaufwands derzeit etwas höher aus. Für einen Frachtsegler mit 10.000 dwt ergibt sich auf dieser Basis eine Betriebskostenbandbreite von etwa 8.000 bis 14.000 EUR pro Tag. Ein realistischer Mittelwert liegt bei 10.500 EUR pro Tag. Für kleinere Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von etwa 5.000 DWT ist aufgrund der geringeren Schiffsgröße sowie reduzierter technischer Systeme von niedrigeren absoluten Kosten für den Betrieb auszugehen. Hier erscheint eine Größenordnung von etwa 5.300 bis 8.400 EUR pro Tag realistisch.

Auf Grundlage dieser Vorüberlegungen lassen sich die Gesamtkosten pro Reise durch Multiplikation mit der jeweiligen Reisedauer bestimmen. Aufgrund der windabhängigen Leistungscharakteristik von Frachtseglern unterliegt die Reisedauer jedoch natürlichen Schwankungen. Diese resultieren insbesondere aus variierenden Windverhältnissen, Routenanpassungen sowie möglichen Wartezeiten und wirken sich unmittelbar auf die Betriebskosten aus. Um dennoch ein Mindestmaß an Planbarkeit und vertraglicher Verlässlichkeit sicherzustellen, werden in der Praxis üblicherweise feste Transitzeiten vereinbart, die entsprechende Zeitpuffer beinhalten. Die Kalkulation basiert typischerweise auf einem durchschnittlichen Service Speed von 11–12 Knoten unter Berücksichtigung eines kombinierten Wind- und Hilfsantriebsbetriebs. Für eine Rundreise auf einer Nordatlantikrelation (Europa–Nordamerika–Europa) wird dabei eine Dauer von rund 28 Tagen angesetzt. Dieser Wert orientiert sich an Referenzprojekten (z. B. Route Saint-Nazaire – Halifax bei ca. 11 Knoten).

Unter Zugrundelegung eines durchschnittlichen Satzes von 10.500 EUR pro Tag ergibt sich ein Wert von 294.000 EUR je Rundreise. Ergänzend ist zu berücksichtigen, dass Abweichungen von der geplanten Reisedauer direkt zu proportionalen Kostenveränderungen führen. Gleichzeitig können Effizienzgewinne durch optimierte Routenführung, digitale Wetterrouting-Systeme zu einer Reduktion der Kosten pro Reise beitragen.

Zum besseren Verständnis der Kostenstruktur ist ein Vergleich mit konventionellen Schiffen sinnvoll. Die Betriebskosten variieren je nach Schiffstyp, Größe und Einsatzprofil zum Teil erheblich. Für konventionelle Stückgutfrachter in der Größenordnung von etwa 10.000 dwt liegen die täglichen Betriebskosten typischerweise im Bereich von etwa 8.300 bis 13.800 EUR pro Tag, wobei ein realistischer Durchschnittswert bei 11.000 EUR pro Tag liegt. Die konkrete Höhe wird dabei insbesondere durch Besatzungsstärke, Treibstoffverbrauch, Wartungsaufwand, Hafenanläufe sowie den technischen Ausstattungsgrad des Schiffes beeinflusst. Für kleinere Stückgutfrachter mit einer Tragfähigkeit von etwa 5.000 dwt fallen die Betriebskosten entsprechend geringer aus. Hier erscheint ein realistischer Wert von etwa 5.500 bis 8.800 EUR pro Tag plausibel. Für konventionelle Schiffe dieser Größenklasse liegt die Dauer einer vergleichbaren Nordamerika-Rundreise typischerweise im Bereich von etwa 18 bis 21 Tagen, abhängig von Geschwindigkeit, Wetterbedingungen und Hafenliegezeiten. Daraus ergeben sich für konventionelle Stückgutfrachter Gesamtkosten in einer Größenordnung von 99.000 bis 184.800 EUR pro Reise bei kleineren Schiffen (ca. 5.000 DWT) beziehungsweise 149.400 EUR bis 289.800 pro Reise bei Schiffen der 10.000-DWT-Klasse. Die nachfolgende Tabelle fasst die typischen Betriebskostenstrukturen von Frachtseglern und konventionellen Stückgutfrachtern für die Größenklassen 5.000 DWT und 10.000 DWT zusammen.

Tabelle: Typische Betriebskostenstrukturen pro Tag im Vergleich

	5.000 dwt		10.000 dwt	
Kategorie	Frachtsegler	Konv. Stückgut	Frachtsegler	Konv. Stückgut
Crewkosten	1.500–2.000	1.200–1.800	2.000–3.000	1.800–2.500
Wartung	1.200–1.800	800–1.200	2.000–3.000	1.200–2.000
Treibstoff*	1.000–1.500	2.000–3.000	1.500–3.000	3.000–5.000
Versicherung	300–600	300–500	500–1.000	500–800
Gebühren	800–1.500	800–1.500	1.000–2.000	1.000–2.000
Verwaltung	500–1.000	400–800	1.000–2.000	800–1.500
Summe / Tag	**5.300–8.400**	**5.500–8.800**	**8.000–14.000**	**8.300–13.800**
Wertansatz	6.500 EUR	7.000 EUR	10.500 EUR	11.000 EUR

Die **regulatorischen und Compliance-Kosten** umfassen sämtliche Aufwendungen, die sich aus der Einhaltung internationaler, regionaler und nationaler Vorschriften im maritimen Sektor ergeben. Sie stellen einen weiteren Bestandteil der Kostenseite dar und gewinnen vor dem Hintergrund zunehmender Umwelt- und Klimaregulierungen kontinuierlich an Bedeutung. Ein wesentlicher Kostenblock entsteht durch technische Zulassungs- und Klassifikationsprozesse. Insbesondere bei innovativen Technologien wie windunterstützten Antriebssystemen ist der Zertifizierungsaufwand häufig erhöht, da zusätzliche Nachweise hinsichtlich Sicherheit, Stabilität und Betriebsverhalten erforderlich sind. Darüber hinaus entstehen weitere Kosten durch die Einhaltung internationaler Sicherheits-, Umwelt- und Emissionsstandards (z. B. IMO-Vorgaben). Die Umsetzung dieser Anforderungen erfordert Investitionen in technische Systeme sowie entsprechende Zertifizierungs- und Nachweisprozesse.

* Die dargestellten Treibstoffkosten sind nicht unmittelbar mit dem Anteil des windbasierten Vortriebs gleichzusetzen. Auch bei hohen Windanteilen verbleiben Energiebedarfe für Hilfsmaschinen, Bordstromversorgung, Hafenmanöver sowie für zusätzliche Antriebsunterstützung bei ungünstigen Wetterbedingungen.

Zunehmend relevant sind zudem klimapolitische Regulierungen wie das EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) und die FuelEU Maritime-Verordnung, durch die CO_2-Emissionen direkt mit Kosten belegt beziehungsweise Anforderungen an die Emissionsintensität von Schiffen gestellt werden. Während hierdurch insbesondere konventionelle Schiffe zusätzlichen Belastungen ausgesetzt sind, können Frachtsegler aufgrund ihres geringeren Emissionsniveaus potenzielle Kostenvorteile erzielen. Ergänzend hierzu sind weitere nationale Regelungen zu berücksichtigen. Hierzu gehören u. a. Registrierungsgebühren sowie steuerliche Abgaben.

Die regulatorischen und Compliance-Kosten lassen sich auch quantitativ bemessen. Für konventionelle Schiffe ergeben sich insbesondere durch emissionsbezogene Regulierung wie das EU-Emissionshandelssystem Kosten in einer Größenordnung von etwa 2.600 bis 7.500 EUR pro Tag. Einen wesentlichen Anteil daran stellen die CO_2-Kosten dar, die je nach Schiffstyp und Einsatzprofil erheblich variieren können. Für Frachtsegler ergibt sich eine differenzierte Kostenstruktur. Während die Aufwendungen für Klassifikation und Zertifizierung aufgrund der technologischen Komplexität tendenziell leicht erhöht sind, fallen die emissionsbezogenen Kosten deutlich geringer aus. Insgesamt bewegen sich die regulatorischen Kosten für Frachtsegler im Bereich von etwa 1.300 bis 3.800 EUR pro Tag.

Tabelle: Regulatorische und Compliance-Kosten pro Tag

Kostenkomponente	Frachtsegler	Konventionelles Schiff
Klassifikation & Inspektionen	400 – 900	300 – 700
Zertifizierung & Zulassung	200 – 500	100 – 300
Umwelt-Compliance	200 – 400	200 – 500
CO_2-Kosten (EU ETS)	500 – 2.000	2.000 – 6.000
Steuern & Abgaben	vergleichbar	vergleichbar
Gesamt (EUR/Tag)	1.300 – 3.800	2.600 – 7.500

Stillstands- und Opportunitätskosten umfassen sämtliche ökonomischen Nachteile, die aus geplanten und ungeplanten Nichtverfügbarkeiten eines Schiffes sowie aus nicht realisierten Erlöspotenzialen resultieren. Im Unterschied zu den direkten Betriebskosten handelt es sich dabei um indirekte Kosten, die insbesondere durch entgangene Einnahmen während nicht produktiver Einsatzzeiten entstehen.

Geplante Stillstandszeiten ergeben sich vor allem aus turnusmäßigen Wartungs- und Dockungsintervallen. In der Regel erfolgt eine größere Dockung im Abstand von etwa 2,5 bis 5 Jahren mit einer Dauer von rund 10 bis 20 Tagen. Ergänzend sind jährliche Wartungsmaßnahmen erforderlich, die typischerweise weitere 3 bis 5 Tage beanspruchen. Auf Jahresbasis entspricht dies einer durchschnittlichen geplanten Stillstandszeit von etwa 5 bis 10 Tagen. Bei angenommenen durchschnittlichen Tageserlösen in einer Größenordnung von 5.000 bis 10.000 EUR resultieren daraus Opportunitätskosten von etwa 25.000 bis 100.000 EUR pro Jahr.

Zusätzlich sind ungeplante Ausfallzeiten infolge technischer Störungen oder kurzfristiger Reparaturbedarfe zu berücksichtigen. Für Frachtsegler ist u. a. aufgrund der im Vergleich zu konventionellen Schiffen komplexeren, wind-unterstützten Antriebssysteme von einer tendenziell leicht erhöhten Störanfälligkeit auszugehen. Daraus können ungeplante Stillstandszeiten von etwa 2 bis 6 Tagen pro Jahr entstehen, was weiteren Opportunitätskosten in Höhe von etwa 10.000 bis 60.000 EUR pro Jahr entspricht.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen konventionellen Frachtschiffen und Frachtseglern ergibt sich aus marktbedingten Opportunitätskosten. Diese entstehen insbesondere durch Verzögerungen infolge variabler Einsatzbedingungen. Während konventionelle Schiffe aufgrund ihrer konstanten Antriebsleistung vergleichsweise stabile und gut planbare Reisedauern aufweisen, unterliegen Frachtsegler einer höheren Variabilität infolge windabhängiger Geschwindigkeiten. Dies kann zu verlängerten Reisedauern und in der Folge zu einer geringeren Anzahl an Umläufen pro Jahr führen. Zwar werden Umläufe von Frachtseglern in der Praxis üblicherweise unter Berücksichtigung entsprechender Zeitpuffer geplant, dennoch lassen sich Abweichungen nicht vollständig vermeiden. Insgesamt ist daher mit zusätzlichen Verzögerungen von etwa 5 bis 10 Tagen pro Jahr zu rechnen, was Opportunitätskosten in einer Größenordnung von etwa 25.000 bis 100.000 EUR pro Jahr verursachen kann. Ergänzend können kurzfristige Marktfluktuationen, insbesondere schwankende Charterraten, die Opportunitätskosten weiter erhöhen. Bereits geringfügige Verzögerungen von wenigen Tagen können dazu führen, dass Anschlussaufträge nicht oder zu schlechteren Konditionen realisiert werden können, wodurch zusätzliche Erlöseinbußen entstehen. Diese werden nachfolgend nicht weiter berücksichtigt. Die Tabelle zeigt die Stillstands- und Opportunitätskosten im Überblick.

Tabelle: Stillstands- und Opportunitätskosten

Kostenkategorie	Frachtsegler	Konv. Frachtschiff
Geplanter Stillstand (Dockung, Wartung)	25.000-100.000 EUR p.a.	25.000–100.000 EUR p. a.
Ungeplanter Ausfall	10.000-60.000 EUR p. a.	5.000–30.000 EUR p. a.
Opportunitätskosten durch weniger Umläufe	25.000-100.000 EUR p. a.	gering / vernachlässigbar
Gesamt pro Jahr	60.000 – 260.000 EUR	30.000–130.000 EUR

Erlösbetrachtung

Die Erlösbetrachtung erfolgt analog zur zuvor dargestellten Kostenanalyse in einer strukturierten und modellbasierten Form. Ziel ist es, die wesentlichen Erlösquellen eines Frachtseglerbetriebs systematisch zu identifizieren, geeignete Wertansätze abzuleiten und in eine konsistente Gesamtbetrachtung zu überführen. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten, insbesondere im Hinblick auf Marktentwicklung und nachhaltigkeitsbedingte Zahlungsbereitschaft, werden die Erlöse ebenfalls in Form von Bandbreiten und Szenarien abgebildet.

Die primäre Erlösquelle eines Frachtseglerbetriebs sind Einnahmen aus Transportleistungen (= **Transporterlöse**). Diese ergeben sich aus der Kombination von Frachtrate, transportierter Menge und Transportfrequenz und können formal als Produkt dieser drei Größen beschrieben werden. Diese grundlegende Erlöslogik entspricht derjenigen der konventionellen Schifffahrt. Unterschiede ergeben sich jedoch in der Ausprägung der einzelnen Parameter, insbesondere im Hinblick auf Geschwindigkeit, Kapazität und Marktsegmentierung. Zentrale Einflussgrößen sind die Schiffskapazität, die Auslastung sowie die Anzahl der Umläufe pro Jahr, die maßgeblich von Geschwindigkeit, Routenlänge und operativen Rahmenbedingungen abhängen. Während konventionelle Schiffe aufgrund höherer und konstanter Fahrgeschwindigkeiten eine hohe Planbarkeit und Auslastung erreichen, sind diese Faktoren bei Frachtseglern stärker von externen Bedingungen, insbesondere den Windverhältnissen, abhängig. Zur Quantifizierung der Transporterlöse werden im Folgenden Frachtsegler unterschiedlicher Größenklassen betrachtet, insbesondere Schiffe mit etwa 5.000 dwt und 10.000 dwt. Zusätzlich werden verschiedene Auslastungsgrade berücksichtigt, um unterschiedliche Markt- und Einsatzbedingungen abzubilden. Zur Einordnung der Ergebnisse erfolgt ergänzend ein Vergleich mit konventionellen Schiffen vergleichbarer Größenklassen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass konventionelle Schiffe häufig deutlich größere Kapazitäten aufweisen, wodurch Skaleneffekte erzielt werden können.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Frachtrate vergütet die eigentliche Transportleistung und muss die spezifischen Kosten- und Leistungsbedingungen des Frachtseglerbetriebs widerspiegeln. Aufgrund geringerer Skaleneffekte, niedrigerer Umlauffrequenzen und höherer Investitionskosten liegt sie i. d. R. oberhalb des Niveaus konventioneller Stückgutfrachter. Die erzielbaren Frachtraten variieren dabei je nach Marktsegment und Ladungstyp. Für Stückgut- oder Nischenmärkte können nach Markteinschätzung Frachtraten in einer Höhe von 50 bis 120 EUR pro Tonne angesetzt werden. Diese liegen häufig über den Frachtraten im konventionellen Stückgutverkehr, wo aufgrund intensiven Wettbewerbs und hoher Standardisierung niedrigere Margen vorherrschen. Daraus ergeben sich Transporterlöse pro Reise in einer Bandbreite von etwa 175.000 bis 1.100.000 EUR.

Ein weiterer zentraler Einflussfaktor ist die Anzahl der Umläufe pro Jahr. Während konventionelle Schiffe aufgrund konstanter Antriebsleistung typischerweise etwa 18 bis 20 Reisen pro Jahr durchführen können, liegt diese Zahl bei Frachtseglern abhängig von Route und Windverhältnissen häufig im Bereich von etwa 12 bis 14 Umläufen pro Jahr. Daraus ergeben sich jährliche Transporterlöse in einer Größenordnung von 2,1 bis 15,4 Mio. EUR. Die geringere Umlauffrequenz stellt dabei einen zentralen Unterschied zur konventionellen Schifffahrt dar und wirkt erlösmindernd. Beim Einsatz windunterstützter Systeme sind zudem spezifische Trade-offs zu berücksichtigen. Einerseits ermöglichen reduzierte Betriebskosten eine potenziell wettbewerbsfähige Preisgestaltung gegenüber konventionellen Anbietern. Andererseits können geringere Durchschnittsgeschwindigkeiten zu verlängerten Reisedauern führen, was die Anzahl der jährlichen Umläufe reduziert und somit die Gesamterlöse begrenzen kann. Darüber hinaus können konstruktive Anpassungen, etwa durch die Integration von Segelsystemen, zu Einschränkungen der verfügbaren Ladekapazität führen, während konventionelle Schiffe ihre Kapazitäten in der Regel vollständig für Fracht nutzen können. Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen Erlösparameter im Bereich der Transporterlöse im Überblick.

Tabelle: Transporterlöse im Vergleich

Parameter	Frachtsegler	Konventionelles Schiff
Transportkapazität / Reise	5.000 – 10.000 t	5.000 – 10.000 t
Auslastung	70 – 90 %	80 – 95 %
Transportmenge / Reise	3.500 – 9.000 t	4.000 – 9.500 t
Frachtrate	50 – 120 EUR/t	20 – 80 EUR/t
Erlös / Reise	175.000 –1,1 Mio. EUR	80.000 – 0,8 Mio. EUR
Reisen pro Jahr	12 – 14	18 – 20
Jahreserlös	2,1 – 15,4 Mio. EUR	1,44 – 15,2 Mio. EUR
Geschwindigkeit	niedriger, variabel	hoch, konstant
Planbarkeit	eingeschränkt (Wind)	hoch
Marktsegment	Nischen / Premium	Massenmärkte



WIRTSCHAFTLICHKEIT

Frachtsegler erfordern aufgrund ihrer spezifischen Kosten- und Kapazitätsstruktur in der Regel höhere Frachtraten als konventionelle Schiffe. Davon abzugrenzen ist ein mögliches „Green Premium“: Es vergütet einen zusätzlichen Nachhaltigkeitsnutzen, etwa die nachweisbare Emissionsreduktion oder einen Marken- und Kommunikationswert. Ob ein solches Premium realisierbar ist, hängt von Marktsegment und Zahlungsbereitschaft ab. Potenziale bestehen daher vor allem bei hochwertigen oder nachhaltig positionierten Gütern, bei denen der Transportpreis eine geringere Bedeutung besitzt. Das Green Premium ist damit als optionaler Zusatzerlös und nicht als Voraussetzung für die wirtschaftliche Tragfähigkeit zu verstehen.

Die Höhe des Green Premiums lässt sich typischerweise in einer Bandbreite von etwa 2 bis 15 % der regulären Frachtrate quantifizieren. In konservativen Szenarien ist von geringen Aufschlägen im Bereich von etwa 2 bis 5 % auszugehen, während in etablierten Nischenmärkten oder bei stark ausgeprägten Nachhaltigkeitsanforderungen auch Werte von 10 bis 15 % erreicht werden können. Auf Basis der zuvor dargestellten Transporterlöse ergibt sich daraus folgendes Zusatzpotenzial:

- bei Transporterlösen von etwa 2,1 bis 15,4 Mio. EUR pro Jahr
- ergibt sich ein zusätzlicher Erlös von 42.000 bis 2.310.000 EUR pro Jahr

Im Vergleich dazu ist bei konventionellen Schiffen ein vergleichbares Erlöspotenzial aktuell nur sehr eingeschränkt vorhanden, da diese aufgrund höherer Emissionen in der Regel keine Preisaufschläge erzielen können. Vielmehr besteht dort tendenziell ein zunehmender Preisdruck, insbesondere durch regulatorische Maßnahmen und steigende CO_2-Kosten. Neben direkten Preisaufschlägen ergeben sich weitere nachhaltigkeitsbedingte Erlöspotenziale aus strukturellen Marktveränderungen. So können Frachtsegler den Zugang zu langfristigen Transportverträgen erleichtern, insb-e sondere mit Unternehmen, die eigene Klimaziele verfolgen oder regulatorischen Anforderungen unterliegen.

Diese Verträge sind häufig durch stabilere Frachtraten und geringere Volatilität gekennzeichnet und tragen somit zur Planbarkeit der Erlösströme bei. Zusätzlich kann die ökologische Differenzierung einen Wettbewerbsvorteil schaffen, der sich indirekt in einer besseren Auslastung oder bevorzugten Auftragsvergabe niederschlägt. Während konventionelle Schiffe primär über Preis und Effizienz konkurrieren, ermöglicht der Einsatz von Frachtseglern eine Positionierung über Nachhaltigkeit und Innovationsgrad.

Neben den direkten Transporterlösen und nachhaltigkeitsbedingten Preisaufschlägen sind auch regulatorisch induzierte ökonomische Effekte zu berücksichtigen. Diese stellen keine klassischen Erlöse im engeren Sinne dar, wirken jedoch wirtschaftlich äquivalent, da sie zu einer Reduktion der effektiven Kosten führen und somit die Nettomarge verbessern. Im Mittelpunkt stehen hierbei insbesondere emissionsbezogene Regulierungen, wie das EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) sowie die FuelEU Maritime-Verordnung. Diese führen dazu, dass CO_2-Emissionen direkt mit Kosten belegt werden oder Mindestanforderungen an die Emissionsintensität von Transportleistungen gestellt werden. Für konventionelle Schiffe ergeben sich daraus signifikante zusätzliche Kosten. Bei typischen Emissionswerten von etwa 20 bis 35 Tonnen CO_2 pro Tag und CO_2-Preisen in einer Größenordnung von etwa 80 bis 100 EUR pro Tonne entstehen Kosten von etwa 1.600 bis 3.500 EUR pro Tag. Auf Jahressicht entspricht dies bei etwa 250 Betriebstagen zusätzlichen Kosten von etwa 400.000 bis 875.000 EUR pro Jahr. Frachtsegler weisen aufgrund der Nutzung von Windenergie eine deutlich reduzierte Emissionsintensität auf. Je nach Einsatzprofil können Emissionsreduktionen von etwa 20 bis 50 % erreicht werden. Daraus ergibt sich eine entsprechend geringere Belastung durch CO_2-Kosten in einer Größenordnung von etwa 800 bis 2.800 EUR pro Tag bzw. etwa 200.000 bis 700.000 EUR pro Jahr.

Vergleichende Betrachtung unterschiedlicher Frachtseglergrößen

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt anhand zweier Referenzschiffe unterschiedlicher Größenklassen. Ziel ist es, die Auswirkungen von Schiffsgröße, Kapazität, Auslastung, Reisedauer und Kostenstruktur auf die Wirtschaftlichkeit systematisch zu analysieren. Hierzu werden ein Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von 5.000 dwt sowie ein Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von 10.000 dwt betrachtet. Für beide Schiffsklassen werden jeweils realistische Betriebs- und Marktannahmen zugrunde gelegt. Die gewählten Parameter orientieren sich an den zuvor hergeleiteten Bandbreiten für Frachtraten, Auslastungen, Betriebskosten, Green Premiums sowie regulatorische Kosten. Die Annahmen wurden dabei so gewählt, dass für beide Schiffskonzepte grundsätzlich wirtschaftlich tragfähige Betriebsmodelle dargestellt werden und die Auswirkungen der unterschiedlichen Größenklassen nachvollziehbar analysiert werden können. Zur Einordnung der Ergebnisse werden beide Frachtsegler jeweils mit konventionellen Stückgutfrachtern vergleichbarer Größenordnung verglichen. Dadurch lässt sich beurteilen, inwieweit Frachtsegler unter den getroffenen Annahmen wirtschaftlich mit konventionellen Transportkonzepten konkurrieren können.

Referenzfall A

Der erste Referenzfall betrachtet einen kleineren Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von 5.000 dwt. Aufgrund der geringeren Transportkapazität wird von Frachtraten ausgegangen, die deutlich oberhalb des Niveaus konventioneller Stückgutfrachter liegen und die Spezialisierung auf hochwertige bzw. nachhaltigkeitsorientierte Marktsegmente widerspiegeln.

Die wesentlichen Annahmen sind:

- Tragfähigkeit von 5.000 dwt
- Auslastung von 70 %
- erhöhte Frachtrate aufgrund der Positionierung in nachhaltigkeitsorientierten Nischenmärkten
- moderates Green Premium
- Reisedauer entsprechend eines typischen transatlantischen Einsatzprofils
- reduzierte emissionsbezogene Kosten gegenüber konventionellen Schiffen
- Finanzierungskosten von 5 % zur Berücksichtigung technologischer und marktseitiger Risiken

Dieses Referenzschiff steht exemplarisch für kleinere Frachtsegler, die vor allem in spezialisierten Marktsegmenten mit hoher Zahlungsbereitschaft für emissionsarme Transporte eingesetzt werden.

Referenzfall B

Der zweite Referenzfall betrachtet einen größeren Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von 10.000 dwt. Die höhere Transportkapazität ermöglicht eine bessere Nutzung von Skaleneffekten und eine Verteilung der Fixkosten auf größere Transportmengen.

Die wesentlichen Annahmen sind:

- Tragfähigkeit von 10.000 dwt
- hohe Auslastung aufgrund stabiler Nachfrage
- wettbewerbsfähige Frachtraten oberhalb konventioneller Stückgutfrachter
- höheres Green Premium
- leicht verkürzte Reisedauer durch optimierte Betriebsbedingungen
- reduzierte emissionsbezogene Kosten gegenüber konventionellen Schiffen
- Finanzierungskosten von 5 % zur Berücksichtigung technologischer und marktseitiger Risiken

Dieses Referenzschiff repräsentiert größere Frachtsegler, bei denen Skaleneffekte, höhere Transportmengen und eine bessere Auslastung die Wirtschaftlichkeit deutlich verbessern können.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

	Frachtsegler		konv. Stückgutfrachter	
Parameter	5.000 dwt	10.000 dwt	5.000 dwt	10.000 dwt
Kapazität pro Reise	5.000	10.000	5.000	10.000
Auslastung	70%	80%	90%	90%
Transportmenge pro Reise	3.500	8.000	4.500	9.000
Frachtrate	110 €	80 €	65 €	60 €
Transporterlös pro Reise	385.000 €	640.000 €	292.500	540.000
Green Premium	2%	5%	0%	0%
Green-Premium-Erlös pro Reise	7.700 €	32.000 €	0	0
Gesamterlös pro Reise	392.700 €	672.000 €	292.500 €	540.000 €
Reisedauer inkl. Hafen	28	26	20	20
OPEX pro Tag	6.500 €	10.500 €	7.000 €	11.000 €
OPEX pro Reise	182.000 €	273.000 €	140.000 €	220.000 €
Regulatorische Kosten pro Reise	36.400 €	52.000 €	60.000 €	100.000 €
Gesamtkosten pro Reise	218.400 €	325.000 €	200.000 €	320.000 €
Operatives Ergebnis pro Reise	174.300 €	347.000 €	92.500 €	220.000 €
Umläufe pro Jahr	13	14	20	20
Operatives Ergebnis p. a.	2.241.000 €	4.804.615 €	1.850.000 €	4.400.000 €
Stillstands-/Opportunitätskosten p. a.	60.000 €	75.000 €	30.000 €	50.000 €
CO2-Bepreisung	200.000 €	400.000 €	500.000 €	875.000 €
Ergebnis vor CAPEX p. a.	1.981.000 €	4.329.615 €	1.320.000 €	3.475.000 €
Investitionsvolumen	20.000.000 €	40.000.000 €	14.000.000 €	25.000.000 €
Abschreibung p. a.	800.000 €	1.600.000 €	560.000 €	1.000.000 €
Finanzierungskosten p. a.	1.000.000 €	2.000.000 €	560.000 €	1.000.000 €
CAPEX-Belastung p. a.	1.800.000 €	3.600.000 €	1.120.000 €	2.000.000 €
Jahresergebnis inkl. CAPEX	181.000 €	729.615 €	200.000 €	1.475.000 €

WIRTSCHAFTLICHKEIT

FRACHTSEGLER · 5.000 DWT

Jahresergebnis inkl. CAPEX

+0,18 Mio. €

Positives Ergebnis nach allen Kosten

FRACHTSEGLER · 10.000 DWT

Jahresergebnis inkl. CAPEX

+0,73 Mio. €

Positives Ergebnis nach allen Kosten

KONV. STÜCKGUTFRACHTER · 5.000 DWT

Jahresergebnis inkl. CAPEX

+0,20 Mio. €

Positives Ergebnis nach allen Kosten

KONV. STÜCKGUTFRACHTER · 10.000 DWT

Jahresergebnis inkl. CAPEX

+1,48 Mio. €

Positives Ergebnis nach allen Kosten

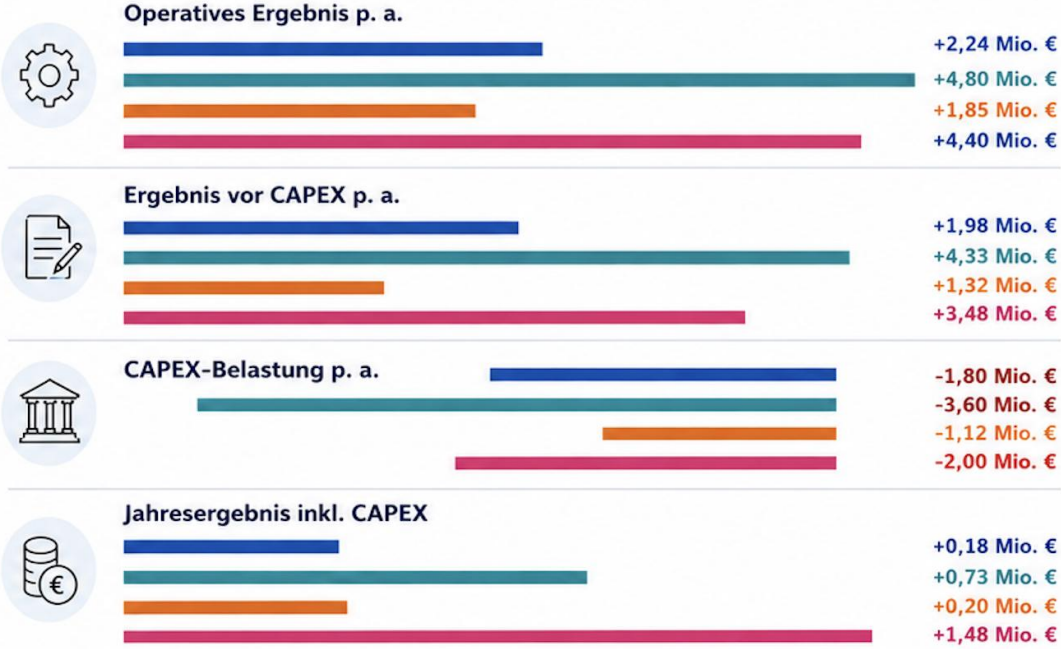
ERLÖS & KOSTEN PRO REISE

Frachtsegler 5.000 dwt | Frachtsegler 10.000 dwt | Konv. 5.000 dwt | Konv. 10.000 dwt



ERGEBNISSTRUKTUR P.A. – OPERATIV → VOR CAPEX → NACH CAPEX

Frachtsegler 5.000 dwt | Frachtsegler 10.000 dwt | Konv. 5.000 dwt | Konv. 10.000 dwt



Alle Beträge in EUR. Werte gerundet. dwt = Deadweight Tonnage.
Erlöse und Kosten pro Reise basieren auf den in der Tabelle angegebenen Parametern.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die vorstehende Tabelle verdeutlicht, dass die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern maßgeblich von Schiffsgröße, Frachtrate, Auslastung, Umlauffrequenz sowie der CAPEX-Struktur abhängt. Gleichzeitig zeigt sich, dass Frachtsegler unter geeigneten Markt- und Rahmenbedingungen wirtschaftlich tragfähig betrieben werden können. Darüber hinaus wird deutlich, dass größere Schiffseinheiten aufgrund von Skaleneffekten und höheren Transportmengen tendenziell robustere wirtschaftliche Ergebnisse erzielen.

Bereits auf Ebene der Erlöse pro Reise zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den betrachteten Schiffskonzepten. Der Frachtsegler mit 5.000 dwt erzielt bei einer Auslastung von 70 % und einer Frachtrate von 110 EUR/t einen Transporterlös von 385.000 EUR pro Reise. Unter Berücksichtigung eines Green Premiums von 2 % ergibt sich ein Gesamterlös von 392.700 EUR pro Reise. Der größere Frachtsegler mit 10.000 dwt erreicht trotz einer geringeren Frachtrate von 80 EUR/t aufgrund der höheren Transportmenge einen Gesamterlös von rund 672.000 EUR pro Reise. Die konventionellen Stückgutfrachter erzielen demgegenüber Gesamterlöse von rund 292.500 EUR beziehungsweise 540.000 EUR pro Reise. Dies verdeutlicht, dass Frachtsegler ihre wirtschaftliche Position insbesondere durch höhere Frachtraten in spezialisierten Marktsegmenten sowie zusätzliche Erlöse aus nachhaltigkeitsorientierten Transportleistungen stärken können.

Auch auf der Kostenseite bestehen Unterschiede zwischen den betrachteten Konzepten. Die täglichen Betriebskosten der Frachtsegler liegen mit etwa 6.500 EUR pro Tag (5.000 dwt) beziehungsweise 10.500 EUR pro Tag (10.000 dwt) auf einem ähnlichen Niveau wie die der konventionellen Vergleichsschiffe. Gleichzeitig profitieren Frachtsegler von geringeren regulatorischen Kosten infolge reduzierter Emissionen. Daraus ergeben sich operative Ergebnisse von rund 174.300 EUR pro Reise für den 5.000-dwt-Frachtsegler beziehungsweise 347.000 EUR pro Reise für den 10.000-dwt-Frachtsegler. Beide Werte liegen deutlich über den operativen Ergebnissen der entsprechenden konventionellen Vergleichsschiffe. Auf Jahresbasis wirken sich die längeren Reisedauern und die daraus resultierende geringere Umlauffrequenz weiterhin auf die Wirtschaftlichkeit aus. Während die Frachtsegler 13 bzw. 14 Umläufe pro Jahr realisieren, erreichen die konventionellen Stückgutfrachter rund 20 Umläufe pro Jahr. Dennoch erzielen die Frachtsegler aufgrund ihrer höheren Erlöse pro Reise operative Jahresergebnisse von rund 2,24 Mio. EUR bzw. 4,80 Mio. EUR. Nach Berücksichtigung von Stillstands- und Opportunitätskosten sowie der CO_2-Bepreisung verbleiben Ergebnisse vor CAPEX von 1,98 Mio. EUR beziehungsweise 4,33 Mio. EUR pro Jahr. Gleichzeitig zeigen sich deutliche Vorteile bei den emissionsbezogenen Kosten, da die Belastungen aus der CO_2-Bepreisung mit 200.000 EUR beziehungsweise 400.000 EUR pro Jahr deutlich unter denen der konventionellen Vergleichsschiffe liegen.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit hat weiterhin die CAPEX-Belastung. Die höheren Investitionskosten der Frachtsegler führen zu höheren Abschreibungs- und Finanzierungskosten als bei den konventionellen Vergleichsschiffen. Dennoch verbleibt nach Berücksichtigung sämtlicher Kosten ein positives Jahresergebnis von rund 181.000 EUR für den 5.000-dwt-Frachtsegler sowie rund 730.000 EUR für den 10.000-dwt-Frachtsegler. Die konventionellen Vergleichsschiffe erzielen Jahresergebnisse von rund 200.000 EUR beziehungsweise 1,48 Mio. EUR. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Frachtsegler unter geeigneten Marktbedingungen wirtschaftlich tragfähig betrieben werden können. Gleichzeitig wird deutlich, dass größere Schiffseinheiten insbesondere von Skaleneffekten, höheren Transportmengen und einer besseren Verteilung der Fixkosten profitieren. Die Analyse unterstreicht zudem die hohe Bedeutung von Frachtrate, Auslastung, Umlauffrequenz, CO_2-Kosten sowie der CAPEX-Belastung als zentrale Einflussgrößen für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit von Frachtseglern.

Analyse der Einflussfaktoren

Nachdem die wesentlichen Kosten- und Erlösbestandteile eines Frachtseglerbetriebs identifiziert und quantifiziert wurden, ist es im nächsten Schritt sinnvoll, den Einfluss einzelner Kosten- und Erlösparameter auf die Wirtschaftlichkeit systematisch zu untersuchen. Ziel ist es, über die reine Darstellung der Kosten- und Erlösstruktur hinaus ein vertieftes Verständnis für die Wirkung zentraler Einflussgrößen auf das wirtschaftliche Ergebnis zu entwickeln.

Im Zuge der vorangegangenen Betrachtungen hat sich gezeigt, dass sowohl einzelne Kosten- als auch Erlösparameter z. T. erhebliche Schwankungsbreiten aufweisen können. Diese Variabilität resultiert aus marktseitigen Unsicherheiten, technologischen Besonderheiten sowie externen Rahmenbedingungen, insbesondere den Windverhältnissen und regulatorischen Entwicklungen. Besonders relevant sind dabei die Frachtraten, die Auslastung, die Reisedauer bzw. Umlauffrequenz sowie emissionsbezogene Kosten. Die Frachtrate bestimmt unmittelbar die Höhe der Erlöse pro transportierter Einheit und stellt damit den zentralen Erlöstreiber dar. Ihre Höhe wird maßgeblich durch Angebot und Nachfrage im jeweiligen Marktsegment bestimmt. Darüber hinaus zeigen sich z. T. recht deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Gütergruppen, wobei insbesondere spezialisierte oder nachhaltigkeitsbezogene Transporte höhere Frachtraten ermöglichen können. Die Auslastung beeinflusst die tatsächlich realisierte Transportmenge und wirkt sich bei weitgehend fixen Betriebskosten direkt auf das Ergebnis aus. Sie ist in hohem Maße von der Marktnachfrage sowie der Fähigkeit abhängig, kontinuierlich ausreichende Ladungsmengen zu akquirieren. Schwankungen in der Nachfrage können daher unmittelbar zu Veränderungen der Erlössituation führen. Die Reisedauer bzw. Umlauffrequenz bestimmt die Anzahl der möglichen Transportzyklen pro Jahr und stellt damit einen zentralen strukturellen Einflussfaktor dar. Während konventionelle Schiffe aufgrund konstanter Antriebsleistung eine hohe Planbarkeit aufweisen, ist die Reisedauer bei Frachtseglern insbesondere durch die Windabhängigkeit etwas variabler. Dies führt zu erhöhten Unsicherheiten in der Einsatzplanung und kann die Anzahl der realisierbaren Umläufe begrenzen. Emissionsbezogene Kosten wirken primär auf der Kostenseite, gewinnen jedoch im Zuge zunehmender regulatorischer Eingriffe, insbesondere durch CO_2-Bepreisungssysteme, an Bedeutung. Sie beeinflussen die relative Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Antriebskonzepte und können für emissionsärmere Technologien wie Frachtsegler langfristig wirtschaftliche Vorteile generieren.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen erfolgt im Folgenden eine gezielte Parametervariation, um die Auswirkungen dieser Einflussgrößen auf die wirtschaftlichen Ergebnisgrößen zu untersuchen. Ziel ist es, diejenigen Parameter zu identifizieren, die einen besonders hohen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben und somit als zentrale Steuerungsgrößen bzw. wirtschaftliche Hebel des Systems zu interpretieren sind. Zur Identifikation der zentralen Einflussgrößen auf die Wirtschaftlichkeit eines Frachtseglerbetriebs wird im Folgenden eine vereinfachte Parametervariation auf Basis eines Referenzszenarios durchgeführt. Ziel ist es, die Wirkung einzelner Parameter isoliert zu betrachten und deren Einfluss auf die Ergebnisgröße hier vereinfacht dargestellt als Ergebnisbeitrag pro Reise bzw. pro Jahr zu quantifizieren.

Als Ausgangspunkt dient das Szenario eines kleineren Frachtseglers (5.000 dwt) mit folgenden Annahmen: eine transportierte Menge von 3.500 t pro Reise, eine Frachtrate von 110 EUR/t sowie Betriebskosten von 6.500 EUR pro Tag bei 28 Tagen Reisedauer.

Einfluss der Frachtrate

Die Frachtrate hat einen besonders starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Frachtseglerbetriebs und stellt den zentralen Erlöstreiber des Systems dar. Bereits vergleichsweise geringe Veränderungen der Frachtrate führen zu deutlichen Veränderungen des wirtschaftlichen Ergebnisses. Ursache hierfür ist, dass sich Änderungen der Frachtrate unmittelbar auf jede transportierte Tonne auswirken und damit direkt den Erlös pro Reise beeinflussen. Als Referenzfall wird ein Frachtsegler mit einer Tragfähigkeit von 5.000 dwt betrachtet. Bei einer Auslastung von 70 %, einer transportierten Menge von 3.500 t pro Reise und einer Frachtrate von 110 EUR/t ergibt sich ein Transporterlös von 385.000 EUR pro Reise. Unter Berücksichtigung eines Green Premiums von 2 % erhöht sich der Gesamterlös auf 392.700 EUR pro Reise. Den Erlösen stehen Gesamtkosten von 218.400 EUR pro Reise gegenüber, sodass ein operatives Ergebnis von rund 174.300 EUR pro Reise erzielt wird. Auf Jahresbasis ergibt sich unter Berücksichtigung von Stillstands- und Opportunitätskosten, CO_2-Bepreisung sowie Abschreibungs- und Finanzierungskosten ein positives Jahresergebnis von rund 181.000 EUR.

Die Parametervariation verdeutlicht die hohe Sensitivität der Wirtschaftlichkeit gegenüber Veränderungen der Frachtrate. Bereits eine Erhöhung der Frachtrate um 10 EUR/t führt bei gleichbleibender Auslastung zu deutlichen Ergebnisverbesserungen. Umgekehrt können sinkende Frachtraten die Wirtschaftlichkeit erheblich beeinträchtigen. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Auswirkungen der Frachtrate in hohem Maße von der Auslastung abhängen. Während niedrige Auslastungen selbst bei vergleichsweise hohen Frachtraten zu unbefriedigenden Ergebnissen führen können, lassen sich bei hohen Auslastungen bereits mit moderaten Frachtraten wirtschaftlich attraktive Ergebnisse erzielen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Entwicklung des Jahresergebnisses in Abhängigkeit von Frachtrate und Auslastung.

Tabelle: Jahresergebnis bei Parametervariation (Frachtsegler mit 5.000 dwt)

Frachtrate	70%	80%	90%	100%
70 EUR	-1.655.000	-1.196.000	-737.000	-278.000
80 EUR	-1.196.000	-671.429	-146.857	377.714
90 EUR	-737.000	-146.857	443.286	1.033.429
100 EUR	-278.000	377.714	1.033.429	1.689.143
110 EUR	181.000	902.286	1.623.571	2.344.857
120 EUR	640.000	1.426.857	2.213.714	3.000.571
130 EUR	1.099.000	1.951.429	2.803.857	3.656.286
140 EUR	1.558.000	2.476.000	3.394.000	4.312.000

Die Ergebnisse unterstreichen die hohe Relevanz der Frachtrate für die Wirtschaftlichkeit des Frachtseglerbetriebs. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Frachtrate durch den Betreiber nur begrenzt beeinflussbar ist, da sie maßgeblich von externen Marktbedingungen abhängt. Entscheidend sind hierbei insbesondere Angebot und Nachfrage im jeweiligen Marktsegment sowie die Zahlungsbereitschaft der Kunden für nachhaltige Transportlösungen. Vor allem in spezialisierten Marktsegmenten oder bei emissionssensiblen Gütern können höhere Frachtraten realisiert werden, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern deutlich verbessert.

Anders stellt sich die Situation bei der Auslastung dar. Hier bestehen für den Betreiber deutlich größere Einflussmöglichkeiten. Durch gezielte Maßnahmen im Marketing und Vertrieb, den Aufbau langfristiger Kundenbeziehungen sowie eine Optimierung der operativen Prozesse kann die Auslastung erhöht und damit die Wirtschaftlichkeit des Betriebs nachhaltig verbessert werden.

Einfluss von Green Premium

Ein Green Premium kann zusätzliche Erlöspotenziale für den Betrieb von Frachtseglern schaffen. Im Referenzfall eines 5.000-dwt-Frachtseglers wird ein Green Premium von 2 % angenommen. Bei einem Transporterlös von 385.000 EUR pro Reise ergibt sich daraus ein zusätzlicher Erlös von 7.700 EUR pro Reise. Würde das Green Premium auf 10 % steigen, erhöhte sich dieser Zusatzerlös auf 38.500 EUR pro Reise. Im Vergleich zu den gesamten Reiseerlösen sowie den übrigen Kostenbestandteilen bleibt der absolute Beitrag des Green Premiums jedoch begrenzt. Die Analyse zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern wesentlich stärker von Faktoren wie Frachtrate, Auslastung, Umlauffrequenz und Investitionskosten beeinflusst wird. Das Green Premium kann die Wirtschaftlichkeit verbessern und zusätzliche Ergebnisbeiträge generieren, stellt jedoch nicht den entscheidenden wirtschaftlichen Hebel dar. Gleichwohl gewinnt das Green Premium mit zunehmender Bedeutung nachhaltiger Lieferketten an Relevanz. Insbesondere in Marktsegmenten mit hohen Anforderungen an die CO_2-Bilanz der Transportkette, etwa bei hochwertigen Konsumgütern, Lebensmitteln oder nachhaltigkeitsorientierten Markenprodukten, können entsprechende Preisaufschläge realisiert werden.

Einfluss der Reisedauer und Umlauffrequenz

Die Reisedauer bzw. die daraus resultierende Umlauffrequenz stellt einen weiteren Einflussfaktor auf die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern dar. Zwar beeinflusst die Reisedauer nicht unmittelbar den Erlös pro transportierter Tonne, sie bestimmt jedoch maßgeblich die Anzahl der jährlich möglichen Umläufe und damit die gesamte Transportleistung des Schiffes pro Jahr. Im Referenzfall des 5.000-dwt-Frachtseglers wird eine Rundreisedauer einschließlich der Hafenaufenthalte von 28 Tagen angenommen. Unter diesen Bedingungen können rund 13 Umläufe pro Jahr realisiert werden. Bereits eine moderate Reduzierung der Reisedauer auf 26 Tage erhöht die Anzahl möglicher Umläufe auf etwa 14 pro Jahr und verbessert damit die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Schiffes.



EINFLUSS DER REISEDAUER UND SERVICEGESCHWINDIGKEIT

	REFERENZFALL (28 TAGE)	MODERATE BESCHLEUNIGUNG (26 TAGE)	STARKE BESCHLEUNIGUNG (20 TAGE)
Reisedauer (Rundreise inkl. Hafenaufenthalte)	28 Tage	26 Tage	20 Tage
Ø Servicegeschwindigkeit (über Grund)	11–12 kn (Ø 11,5 kn)	~12,5–13 kn (Ø 12,8 kn)	~16,5–17 kn (Ø 16,8 kn)
Erforderliche Erhöhung der Servicegeschwindigkeit (ggü. Referenzfall)	–	+ ~11 %	+ ~46 %
Veränderung der Reisedauer (ggü. Referenzfall)	–	- 2 Tage (- 7 %)	- 8 Tage (-29 %)
Umläufe pro Jahr (ca.)	~13 Umläufe	~14 Umläufe (+1 Umlauf)	~18 Umläufe (+5 Umläufe)

ZUSAMMENFASSUNG

- Bei einer Servicegeschwindigkeit von 11–12 kn beträgt die Rundreisedauer ca. 28 Tage.
- Eine Erhöhung auf ca. 12,5–13 kn reduziert die Reisedauer auf etwa 26 Tage und ermöglicht einen zusätzlichen Umlauf pro Jahr.
- Eine Reduktion auf ca. 20 Tage erfordert Geschwindigkeiten von etwa 16,5–17 kn und damit eine Steigerung um rund 45 %.
- Höhere Servicegeschwindigkeiten verbessern die Umlauffrequenz, gehen jedoch typischerweise mit zusätzlichen CAPEX- und OPEX-Aufwendungen einher.
- Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit hängt daher vom Verhältnis zwischen zusätzlichen Erlösen und den hierfür erforderlichen Mehrkosten ab.

Die Analyse zeigt, dass die Reisedauer beziehungsweise die daraus resultierende Umlauffrequenz einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern besitzt. Bereits eine Reduzierung der Rundreisedauer von 28 auf 26 Tage erhöht die Anzahl möglicher Umläufe pro Jahr und verbessert damit die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Schiffes. Eine weitere Verkürzung der Reisedauer führt zu zusätzlichen Erlöspotenzialen durch eine höhere jährliche Transportleistung. Gleichzeitig sind höhere Servicegeschwindigkeiten in der Regel nur durch technische Anpassungen und zusätzliche Antriebsunterstützungen erreichbar. Optimierte Rumpfformen, leistungsfähigere Windantriebssysteme oder ergänzende Hilfsantriebe führen jedoch häufig zu steigenden Investitions- und Betriebskosten. Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit kürzerer Reisedauern hängt daher entscheidend davon ab, ob die zusätzlichen Erlöse aus höheren Umlauffrequenzen die hierfür erforderlichen Mehrkosten übersteigen.

Einfluss von OPEX

Auf der Kostenseite stellen die operativen Betriebskosten (OPEX) einen wesentlichen Einflussfaktor für die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern dar. Im Referenzszenario wird für den Frachtsegler von durchschnittlichen Betriebskosten in Höhe von rund 6.500 EUR pro Tag ausgegangen. Bei einer angenommenen Rundreisedauer von 28 Tagen ergeben sich daraus Gesamtkosten von 182.000 EUR je Reise. Veränderungen der täglichen Betriebskosten wirken sich unmittelbar auf das operative Ergebnis aus. Bereits moderate Kostensteigerungen können die Wirtschaftlichkeit deutlich verschlechtern, während Effizienzsteigerungen entsprechend positive Effekte erzeugen.

Die Parametervariation zeigt, dass die Betriebskosten einen relevanten, jedoch im Vergleich zu Frachtrate und Auslastung weniger stark ausgeprägten Einfluss auf das Gesamtergebnis besitzen. Eine Reduzierung der OPEX verbessert die Wirtschaftlichkeit unmittelbar, während steigende Betriebskosten die erzielten Ergebnisbeiträge entsprechend reduzieren. Im Referenzfall führt eine Erhöhung der durchschnittlichen Betriebskosten von 6.500 EUR auf 7.000 EUR pro Tag dazu, dass das positive Jahresergebnis nahezu vollständig aufgezehrt wird. Dies verdeutlicht die Sensitivität des Systems gegenüber Veränderungen der laufenden Betriebskosten. Zu den wichtigsten Einflussgrößen zählen dabei insbesondere die Personal-, Wartungs- und Energiekosten, da diese einen wesentlichen Anteil der laufenden Betriebsausgaben ausmachen. Im Bereich der Personalkosten ergibt sich beim Betrieb von Frachtseglern eine besondere Situation. Aufgrund der zusätzlichen windgestützten Systeme sowie der insgesamt komplexeren Betriebsführung kann teilweise höher qualifiziertes Personal erforderlich sein. Insbesondere die Bereiche Segelmanagement, Wetterrouting und Systemüberwachung führen tendenziell zu höheren Qualifikationsanforderungen und damit potenziell zu steigenden Personalkosten. Gleichzeitig bestehen langfristig Möglichkeiten, durch zunehmende Automatisierung und den technischen Reifegrad der Systeme Effizienzpotenziale zu erschließen.

Automatisierte Segelsteuerungen, digitale Wetterrouting-Systeme oder integrierte Betriebsführungssoftware können den operativen Aufwand reduzieren und die Prozesseffizienz verbessern. Gleichzeitig ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese technologischen Lösungen mit zusätzlichen Investitionskosten verbunden sind und somit zu höheren CAPEX führen. Die Reduktion der OPEX geht daher häufig mit steigenden Investitionsaufwendungen einher.

Auch die Entwicklung der Treibstoffpreise hat erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. In der konventionellen Schifffahrt zählen Treibstoffkosten zu den dominierenden Kostenfaktoren und unterliegen aufgrund volatiler Energiepreise starken Schwankungen. Bei Frachtseglern wird dieser Einfluss durch die Nutzung von Windenergie zwar reduziert, bleibt jedoch weiterhin relevant, da ergänzende Hilfs- und Sicherheitsantriebe erforderlich sind. Eine vollständige Entkopplung von den Entwicklungen der Energiemärkte ist daher nicht möglich. Eine weitere Reduktion der Treibstoffkosten kann insbesondere dann erreicht werden, wenn es gelingt, die Effizienz der Segelsysteme zu erhöhen und dadurch den Bedarf an unterstützendem konventionellem Antrieb weiter zu senken. Gleichzeitig ergibt sich bei steigenden Treibstoffpreisen ein relativer Wettbewerbsvorteil gegenüber der konventionellen Schifffahrt, da Frachtsegler insgesamt deutlich geringere Mengen fossiler Energieträger benötigen. Mit zunehmenden Energiepreisen dürfte sich somit die Wettbewerbsfähigkeit windgestützter Transportkonzepte weiter verbessern.

Einfluss von Investitionskosten und CAPEX-Belastung

Neben den operativen Einflussgrößen wirken sich insbesondere die hohen Investitionskosten maßgeblich auf die Gesamtwirtschaftlichkeit von Frachtseglern aus. Für einen kleineren Frachtsegler wird ein Investitionsvolumen von rund 20 Mio. EUR angenommen, während für einen konventionellen Stückgutfrachter lediglich etwa 14 Mio. EUR erforderlich sind. Aus diesem Unterschied resultieren deutlich höhere Abschreibungs- und Finanzierungskosten.

Die jährliche CAPEX-Belastung des Frachtseglers liegt bei etwa 1,8 Mio. EUR pro Jahr und damit deutlich über dem Niveau des konventionellen Referenzschiffes, dessen jährliche Belastung bei rund 1,1 Mio. EUR liegt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass insbesondere die hohen Anfangsinvestitionen sowie die damit verbundenen Finanzierungskosten einen wesentlichen Belastungsfaktor für die Wirtschaftlichkeit darstellen. Eine zentrale Rolle spielt hierbei der eingesetzte Technologiestandard. Projekte wie der Neoliner zeigen, dass insbesondere größere Schiffseinheiten sowie umfangreiche technische Systeme und Automatisierungslösungen die Investitionskosten erheblich erhöhen können. Für den Neoliner werden CAPEX von rund 60 Mio. EUR diskutiert. Demgegenüber zeigen Erfahrungen aus kleineren Projekten, dass leistungsfähige Frachtsegler grundsätzlich auch mit deutlich geringeren Investitionskosten realisiert werden können, sofern ein technisch schlankerer Ansatz verfolgt wird. Langfristig bestehen darüber hinaus Potenziale zur Senkung der Investitionskosten. Insbesondere zunehmende Standardisierung, technologische Lernkurven sowie Skaleneffekte bei steigender Marktdurchdringung könnten künftig zu einer Reduktion der CAPEX führen. Mit wachsender Erfahrung im Bau und Betrieb von Frachtseglern ist davon auszugehen, dass sowohl Produktionsprozesse als auch technische Systeme effizienter gestaltet werden können.

Die Parametervariation zeigt, dass eine Reduktion der Investitionskosten auf 15 Mio. EUR die jährliche Belastung aus Abschreibung und Finanzierung deutlich senken würde. In diesem Fall reduziert sich die CAPEX-Belastung um 450.000 EUR pro Jahr, was einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung des Gesamtergebnisses leisten kann. Die Analyse verdeutlicht damit, dass die Investitionskosten einen wichtigen Hebel für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit von Frachtseglern darstellen.

Einfluss emissionsbezogener Kosten

Emissionsbezogene Kosten gewinnen infolge zunehmender regulatorischer Anforderungen und klimapolitischer Maßnahmen kontinuierlich an Bedeutung und beeinflussen die relative Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Antriebskonzepte zunehmend. Während konventionelle Schiffe aufgrund ihres fossilen Treibstoffverbrauchs mit erheblichen CO_2-Kosten belastet werden, ergeben sich für Frachtsegler durch den überwiegend windbasierten Antrieb deutliche Kostenvorteile. Im Referenzfall wird für den betrachteten Frachtsegler eine jährliche CO_2-Belastung von rund 200.000 EUR angenommen. Demgegenüber fallen bei einem konventionellen Stückgutfrachter emissionsbezogene Kosten in Höhe von etwa 500.000 EUR pro Jahr an. Daraus ergibt sich ein jährlicher Kostenvorteil von rund 300.000 EUR zugunsten des Frachtseglers. Dieser Vorteil trägt wesentlich zur Wirtschaftlichkeit des Konzepts bei und verbessert dessen Wettbewerbsposition gegenüber konventionellen Schiffen. Die Analyse zeigt jedoch auch, dass emissionsbezogene Kosten nur einen von mehreren wirtschaftlichen Einflussfaktoren darstellen. Frachtrate, Auslastung, Umlauffrequenz sowie Investitions- und Finanzierungskosten besitzen weiterhin einen erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Mit steigenden CO_2-Preisen und einer weiteren Verschärfung regulatorischer Rahmenbedingungen dürfte die wirtschaftliche Bedeutung emissionsarmer Transportkonzepte jedoch deutlich zunehmen. Emissionsbezogene Kosten stellen damit einen langfristig relevanten wirtschaftlichen Hebel zugunsten von Frachtseglern dar.

Zusammenfassung und Ableitung wirtschaftlicher Erfolgsfaktoren

Die bisherige Analyse zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern von einer Vielzahl miteinander verknüpfter Einflussfaktoren abhängt. Insbesondere Frachtraten, Auslastung, Umlauffrequenz, Betriebskosten, Investitionskosten sowie regulatorische Rahmenbedingungen bestimmen maßgeblich, ob ein wirtschaftlich tragfähiger Betrieb möglich ist. Gleichzeitig wird deutlich, dass Frachtsegler gegenüber konventionellen Schiffen strukturelle Wettbewerbsnachteile aufweisen, die nur unter bestimmten Markt- und Rahmenbedingungen kompensiert werden können.

Bedingungen für einen wirtschaftlich tragfähigen Betrieb

Die Analyse der Parametervariationen verdeutlicht, dass die Frachtrate einen wichtigen Hebel für den wirtschaftlichen Erfolg darstellt. Bereits moderate Veränderungen wirken sich unmittelbar auf den Gesamterlös pro Reise aus. Im Referenzszenario wäre eine Frachtrate von rund 106 EUR/t erforderlich, um unter ansonsten unveränderten Bedingungen ein ausgeglichenes operatives Ergebnis inkl. CAPEX zu erreichen. Gleichzeitig zeigt die Betrachtung, dass höhere Auslastungen die Wirtschaftlichkeit signifikant verbessern können. Besonders relevant sind daher Marktsegmente, in de-nen sowohl höhere Frachtraten als auch stabile Auslastungen realisiert werden können. Dies betrifft insbesondere nachhaltigkeitsorientierte Nischenmärkte sowie emissionssensitive Gütergruppen.

Ein weiterer wesentlicher Erfolgsfaktor ist die Reisedauer beziehungsweise die daraus resultierende Umlauffrequenz. Da Frachtsegler aufgrund geringerer und variabler Geschwindigkeiten weniger Umläufe pro Jahr realisieren können als konventionelle Schiffe, wirkt sich jede Verkürzung der Reisedauer positiv auf die Jahreserlöse aus. Die Reduktion der Rundreisedauer von 28 auf 26 Tage ermöglicht einen zusätzlichen Umlauf pro Jahr. Die Analyse zeigt, dass dies bereits zu einem positiven Einfluss auf die wirtschaftliche Situation führen würde.

Gleichzeitig sind höhere Servicegeschwindigkeiten meist nur durch zusätzlichen Technologieeinsatz und damit steigende CAPEX- und OPEX-Kosten erreichbar.

Auch die Betriebskosten stellen einen zentralen Einflussfaktor dar. Zwar profitieren Frachtsegler von reduzierten Treibstoffverbräuchen und geringeren emissionsbezogenen Kosten, gleichzeitig entstehen jedoch zusätzliche Aufwendungen durch komplexere technische Systeme sowie erhöhte Anforderungen an Personal und Wartung. Langfristig bestehen Potenziale zur Reduktion der OPEX durch Automatisierung und Digitalisierung.

Von besonderer Bedeutung sind zudem die Investitionskosten. Die Analyse zeigt, dass die hohe CAPEX-Belastung derzeit einen der größten wirtschaftlichen Belastungsfaktoren darstellt. Insbesondere Finanzierungskosten und Abschreibungen wirken sich erheblich auf das Jahresergebnis aus. Gleichzeitig besteht langfristig Potenzial zur Kostensenkung durch Standardisierung, Skaleneffekte und technologische Lernkurven. Ein wirtschaftlich tragfähiger Betrieb erscheint daher insbesondere dann realistisch, wenn es gelingt, Investitionskosten deutlich zu reduzieren und gleichzeitig ausreichende Erlösniveaus zu erzielen. Darüber hinaus gewinnen regulatorische Rahmenbedingungen zunehmend an Bedeutung. Steigende CO_2-Preise und strengere Emissionsvorgaben verbessern die relative Wettbewerbsfähigkeit emissionsarmer Transportkonzepte. Frachtsegler profitieren hierbei von deutlich geringeren emissionsbezogenen Kosten im Vergleich zu konventionellen Schiffen. Mit zunehmender regulatorischer Belastung fossiler Antriebssysteme dürfte dieser Vorteil künftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Strukturelle Wettbewerbsvorteile von Frachtseglern

Trotz der dargestellten Herausforderungen verfügen Frachtsegler gegenüber konventionellen Schiffen über mehrere strukturelle Wettbewerbsvorteile, die insbesondere vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Dekarbonisierung des Seeverkehrs an Bedeutung gewinnen können.

Ein wesentlicher Vorteil liegt in der deutlich geringeren Emissionsintensität. Durch die Nutzung von Windenergie kann der Verbrauch fossiler Energieträger erheblich reduziert werden. Daraus ergeben sich niedrigere CO_2-Emissionen und damit geringere Belastungen durch emissionsbezogene Regulierungen wie das EU-Emissionshandelssystem oder FuelEU Maritime. Mit zunehmender Regulierung und steigenden CO_2-Preisen verbessert sich die relative Wettbewerbsposition von Frachtseglern gegenüber konventionellen Antriebskonzepten kontinuierlich. Darüber hinaus eröffnen Frachtsegler Zugang zu Marktsegmenten, in denen Nachhaltigkeitsaspekte bei der Transportentscheidung eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen oder hohen Anforderungen an die CO_2-Bilanz ihrer Lieferketten zeigen eine zunehmende Bereitschaft, emissionsarme Transportlösungen nachzufragen. Hierdurch können höhere Frachtraten sowie zusätzliche Erlöse in Form von Green Premiums erzielt werden.

Ein weiterer Vorteil besteht in der geringeren Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Während konventionelle Schiffe in hohem Maße von der Entwicklung der Treibstoffpreise abhängig sind, können Frachtsegler einen Teil ihrer Antriebsenergie kostenfrei aus Windenergie beziehen. Dadurch reduziert sich die Sensitivität gegenüber langfristig steigenden Energiepreisen und geopolitisch bedingten Preisschwankungen auf den Energiemärkten. Zudem bieten Frachtsegler die Möglichkeit einer klaren Differenzierung gegenüber standardisierten Transportangeboten. Während konventionelle Schifffahrt vor allem über Preis, Geschwindigkeit und Kapazität konkurriert, können Frachtsegler zusätzliche Kundennutzen im Bereich Nachhaltigkeit, Innovationsgrad und Markenpositionierung schaffen. Dies gilt insbesondere für hochwertige Konsumgüter, Lebensmittel sowie andere Produkte, bei denen die ökologische Ausgestaltung der Lieferkette einen Bestandteil der Markenkommunikation darstellt.

Strukturelle Wettbewerbsnachteile von Frachtseglern

Trotz der dargestellten Potenziale weist der Betrieb von Frachtseglern gegenüber konventionellen Schiffen mehrere strukturelle Wettbewerbsnachteile auf. Der wichtigste Nachteil liegt in der geringeren Transportleistung pro Zeiteinheit. Aufgrund niedrigerer und windabhängiger Geschwindigkeiten können deutlich weniger Umläufe pro Jahr realisiert werden. Dies führt unmittelbar zu geringeren Jahreserlösen und reduziert die Skaleneffekte gegenüber konventionellen Schiffen. Hinzu kommt die limitierte Planbarkeit des Betriebs. Während konventionelle Schiffe weitgehend konstante Fahrzeiten aufweisen, unterliegen Frachtsegler stärkeren Schwankungen infolge variierender Windbedingungen. Dies erhöht das Risiko von Verzögerungen, Opportunitätskosten und geringerer Zuverlässigkeit in logistischen Netzwerken. Insbesondere in stark getakteten Transportketten stellt dies einen Wettbewerbsnachteil dar.

Ein weiterer struktureller Nachteil ergibt sich aus den höheren Investitionskosten. Die Integration windgestützter Antriebssysteme führt zu zusätzlichen Bau-, Integrations- und Finanzierungskosten. Gleichzeitig bestehen aufgrund der bislang geringen Standardisierung erhöhte technologische und finanzielle Risiken. Dies führt dazu, dass Frachtsegler derzeit eine deutlich höhere CAPEX-Belastung aufweisen als konventionelle Schiffe vergleichbarer Größenordnung. Zusätzlich bestehen technische Trade-offs zwischen Windantrieb, Ladekapazität und Geschwindigkeit. Die Integration von Segelsystemen kann die verfügbare Ladekapazität reduzieren oder zusätzliche konstruktive Anforderungen verursachen. Gleichzeitig erhöhen komplexe Systeme den Wartungs- und Betriebsaufwand.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Gesamtbewertung

Zusammenfassend zeigt die Analyse, dass Frachtsegler unter heutigen Marktbedingungen vor allem in spezialisierten Marktsegmenten mit hoher Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Transporte wirtschaftlich tragfähig betrieben werden können. Entscheidende Erfolgsfaktoren sind dabei hohe Frachtraten, stabile Auslastungen, reduzierte Investitionskosten, optimierte Umlauffrequenzen sowie steigende regulatorische Belastungen konventioneller Schiffe.

Gleichzeitig wird deutlich, dass Frachtsegler derzeit noch erhebliche strukturelle Wettbewerbsnachteile gegenüber konventionellen Schiffen aufweisen. Insbesondere die geringere Transportleistung, die eingeschränkte Planbarkeit sowie die hohen Investitionskosten begrenzen aktuell die Wett-bewerbsfähigkeit im Massenmarkt. Langfristig könnten jedoch technolo-gische Weiterentwicklungen, Standardisierungseffekte sowie steigende CO_2-Kosten dazu beitragen, die wirtschaftliche Position von Frachtseglern deutlich zu verbessern.



WIRTSCHAFTLICHKEIT - ZUSAMMENFASSUNG

Grundlogik der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Die Wirtschaftlichkeit von Frachtseglern wird maßgeblich durch das Zusammenspiel von Erlösen, Betriebskosten (OPEX), Investitionskosten (CAPEX), Umlauffrequenz sowie regulatorischen Rahmenbedingungen bestimmt.
- Im Vergleich zur konventionellen Schifffahrt weisen Frachtsegler strukturelle Unterschiede hinsichtlich Geschwindigkeit, Planbarkeit, Kapazität und Kostenstruktur auf.
- Während konventionelle Schiffe vor allem über Skaleneffekte, hohe Umlauffrequenzen und standardisierte Prozesse wirtschaftliche Vorteile erzielen, bieten Frachtsegler insbesondere Potenziale im Bereich emissionsarmer Transporte und nachhaltigkeitsorientierter Marktsegmente.
- Die Analyse basiert auf einem szenariobasierten Ansatz, um Unsicherheiten hinsichtlich Windverhältnissen, Marktpreisen, Technologieentwicklung und regulatorischer Rahmenbedingungen abzubilden.

Kostenstruktur von Frachtseglern

- Die Kostenstruktur von Frachtseglern setzt sich aus Anschaffungskosten, Betriebskosten, regulatorischen und Compliance-Kosten sowie Stillstands- und Opportunitätskosten zusammen.
- Die Investitionskosten liegen aufgrund der Integration windgestützter Antriebssysteme über denen konventioneller Schiffe vergleichbarer Größenordnung. Für mittelgroße Frachtsegler werden Investitionsvolumina von etwa 20 bis 40 Mio. EUR angenommen. Projekte wie der Neoliner zeigen, dass insbesondere große und technologisch komplexe Konzepte Investitionskosten von über 60 Mio. EUR erreichen können.
- Die Betriebskosten liegen typischerweise zwischen 5.300 und 14.000 EUR pro Tag. Wesentliche Kostenblöcke sind Personal-, Treibstoff-, Wartungskosten.
- Durch die Nutzung von Windenergie können Treibstoffkosten reduziert werden, allerdings bleiben Hilfs- und Sicherheitsantriebe weiterhin erforderlich. Gleichzeitig führen zusätzliche technische Systeme zu höherem Wartungs- und teilweise höherem Personalaufwand.
- Regulatorische Kosten gewinnen infolge steigender Umwelt- und Klimaregulierung zunehmend an Bedeutung. Frachtsegler profitieren hierbei von geringeren CO_2-Kosten im Vergleich zu konventionellen Schiffen.

Erlösstruktur und Marktpotenziale

- Die primären Erlöse ergeben sich aus Frachtrate, transportierter Menge und Anzahl der Umläufe pro Jahr.
- Aufgrund geringerer Kapazitäten und längerer Reisedauern erzielen Frachtsegler insgesamt niedrigere Transportvolumina als konventionelle Schiffe. Gleichzeitig können in spezialisierten Marktsegmenten höhere Frachtraten realisiert werden.
- Zusätzliche Erlöspotenziale entstehen durch sogenannte Green Premiums. Diese liegen typischerweise zwischen 2 und 15 % der regulären Frachtrate und hängen maßgeblich von der Zahlungsbereitschaft der Kunden sowie dem jeweiligen Marktsegment ab.
- Besonders relevant erscheinen nachhaltigkeitsorientierte Nischenmärkte, etwa hochwertige Agrarprodukte, markenorientierte Konsumgüter oder projektbezogene Transporte mit geringer Zeitkritikalität.
- Darüber hinaus können Frachtsegler von regulatorisch induzierten wirtschaftlichen Vorteilen profitieren, insbesondere durch geringere Belastungen aus CO_2-Bepreisungssystemen wie EU ETS oder FuelEU Maritime.

WIRTSCHAFTLICHKEIT - ZUSAMMENFASSUNG

Vergleichende Analyse unterschiedlicher Frachtseglergrößen

- Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass sowohl kleinere als auch größere Frachtsegler unter geeigneten Marktbedingungen wirtschaftlich tragfähig betrieben werden können. Im Referenzfall erzielt der 5.000-dwt-Frachtsegler ein positives Jahresergebnis von rund 181.000 EUR, während der 10.000-dwt-Frachtsegler mit rund 730.000 EUR deutlich höhere Ergebnisbeiträge erreicht.
- Größere Schiffseinheiten profitieren insbesondere von höheren Transportmengen, Skaleneffekten und einer besseren Verteilung der Fixkosten. Dadurch weisen sie insgesamt eine robustere Wirtschaftlichkeit auf als kleinere Konzepte.
- Konventionelle Stückgutfrachter erzielen aufgrund höherer Umlauffrequenzen und geringerer spezifischer Investitionskosten weiterhin bessere wirtschaftliche Ergebnisse. Gleichzeitig können Frachtsegler diese strukturellen Vorteile teilweise durch höhere Frachtraten, Green Premiums sowie geringere emissionsbezogene Kosten kompensieren.

Zentrale wirtschaftliche Einflussfaktoren

- Die Frachtrate stellt den wichtigsten Erlöshebel dar. Bereits moderate Veränderungen wirken sich unmittelbar auf den Erlös pro Reise und das Jahresergebnis aus. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass im Referenzfall eine Frachtrate von rund 106 EUR/t erforderlich ist, um ein ausgeglichenes Jahresergebnis einschließlich CAPEX-Belastung zu erzielen. Eine Validierung im Rahmen einer Stakeholderbeteiligung scheint sinnvoll.
- Auch die Auslastung besitzt eine hohe wirtschaftliche Relevanz. Da ein Großteil der Kosten unabhängig von der tatsächlich transportierten Menge anfällt, wirken sich Veränderungen der Auslastung unmittelbar auf die Wirtschaftlichkeit aus. Besonders attraktiv sind Marktsegmente, in denen hohe Frachtraten und hohe Auslastungen gleichzeitig realisiert werden können.
- Die Reisedauer und die daraus resultierende Umlauffrequenz stellen einen zentralen strukturellen Wettbewerbsfaktor dar. Kürzere Reisedauern erhöhen die Anzahl möglicher Umläufe pro Jahr und verbessern damit die Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig erfordern höhere Servicegeschwindigkeiten häufig technische Anpassungen und zusätzliche Antriebsunterstützungen, die mit steigenden Investitions- und Betriebskosten verbunden sein können.
- Die operativen Betriebskosten beeinflussen die Wirtschaftlichkeit ebenfalls deutlich. Im Referenzfall führt bereits eine Erhöhung der OPEX von 6.500 EUR auf 7.000 EUR pro Tag dazu, dass das positive Jahresergebnis nahezu vollständig aufgezehrt wird.
- Die hohen Investitionskosten stellen weiterhin einen wesentlichen Belastungsfaktor dar. Abschreibungen und Finanzierungskosten beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit von Frachtseglern maßgeblich.
- Emissionsbezogene Kosten gewinnen infolge steigender CO_2-Preise und regulatorischer Anforderungen zunehmend an Bedeutung. Im Referenzfall ergibt sich gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Stückgutfrachter ein jährlicher Kostenvorteil von rund 300.000 EUR. Mit einer weiteren Verschärfung regulatorischer Rahmenbedingungen dürfte dieser Vorteil künftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Gesamtbewertung

- Frachtsegler weisen derzeit strukturelle Wettbewerbsnachteile gegenüber konventionellen Schiffen auf, insbesondere hinsichtlich Kapazität, Geschwindigkeit, Planbarkeit und Investitionskosten.
- Wirtschaftlich tragfähige Einsatzfelder liegen vor allem in spezialisierten Nischenmärkten mit hoher Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Transporte und geringerer Zeitkritikalität.
- Langfristig könnten steigende CO_2-Kosten, regulatorische Verschärfungen, technologische Weiterentwicklungen sowie sinkende Investitionskosten die Wettbewerbsfähigkeit von Frachtseglern deutlich verbessern.



INHALT

MARKTANALYSE

Identifikation tragfähiger Marktsegmente und realistischer Einsatzfelder S. 03

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ökonomische Tragfähigkeit von Frachtseglern im Wettbewerbsvergleich S. 30

EMISSIONEN

Emissionsminderungspotenziale im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt S. 55

STAKEHOLDER

Marktwahrnehmung, Akzeptanz und Einschätzungen zentraler Akteure S. 71

EMISSIONEN

Vorüberlegungen

Einer der wesentlichen Vorteile von Frachtseglern gegenüber konventionellen Frachtschiffen liegt in ihrem deutlich geringeren Energieverbrauch und den daraus resultierenden niedrigeren Schadstoff- und Treibhausgasemissionen. Während die internationale Seeschifffahrt heute noch überwiegend auf fossile Kraftstoffe angewiesen ist, verfolgen Frachtsegler bzw. windgestützte Frachtschiffe einen grundlegend anderen Antriebsansatz. Die Windenergie übernimmt dabei einen wesentlichen Teil des Vortriebs und kann den Einsatz motorischer Antriebsleistung deutlich reduzieren. Je nach Schiffskonzept, Route, Wetterbedingungen und betrieblichen Anforderungen bleibt jedoch eine motorische Unterstützung erforderlich, etwa für Hafenmanöver, Engpasspassagen, Flautenphasen, Sicherheitsreserven, Fahrplanstabilität sowie die Energieversorgung an Bord. Der ökologische Vorteil ergibt sich daher nicht aus einem vollständig emissionsfreien Betrieb, sondern aus der deutlichen Verringerung des Kraftstoffverbrauchs gegenüber konventionell-betriebenen Seeschiffen. Das tatsächliche Emissionsminderungspotenzial ist folglich routen- und betriebsabhängig zu quantifizieren.

Gleichzeitig gewinnt die ökologische Bewertung von Transportketten zunehmend an Bedeutung. Regulatorische Entwicklungen auf internationaler und europäischer Ebene, steigende Anforderungen an die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen sowie die zunehmende Berücksichtigung von Scope-3-Emissionen führen dazu, dass die Emissionswirkungen logistischer Entscheidungen stärker in den Fokus rücken. Vor diesem Hintergrund stellt die potenzielle Emissionsvermeidung einen zentralen Nutzenbeitrag von Frachtseglern dar. Für eine fundierte Bewertung des Marktpotenzials reicht jedoch die qualitative Feststellung geringerer Emissionen nicht aus. Vielmehr ist es erforderlich, die möglichen Emissionsvorteile quantitativ zu erfassen und mit den Emissionen konventioneller Transportlösungen zu vergleichen. Nur auf dieser Grundlage können belastbare Aussagen über die ökologische Vorteilhaftigkeit von Frachtseglern getroffen sowie mögliche Zahlungsbereitschaften für emissionsarme Transportleistungen oder sogenannte Green Premiums nachvollziehbar begründet werden. Ziel dieses Arbeitspakets ist daher die systematische Quantifizierung der Emissionen eines Frachtseglers sowie deren Gegenüberstellung mit konventionellen Seeschiffen vergleichbarer Einsatzprofile. Betrachtet werden dabei insbesondere die klimarelevanten Kohlendioxidemissionen (CO_2) sowie die für Luftqualität und Umweltwirkung relevanten Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidemissionen (SO_x). Die Analyse erfolgt auf Basis definierter Transportrouten, technischer Betriebsannahmen und geeigneter Emissionsfaktoren.

Da sich Frachtsegler und konventionelle Seeschiffe hinsichtlich Tragfähigkeit, Geschwindigkeit, Auslastung und Antriebskonzept teilweise deutlich unterscheiden, ist zunächst ein geeigneter Vergleichsrahmen festzulegen. Hierzu werden die betrachteten Routen, die funktionale Einheit der Bewertung sowie die zugrunde liegenden technischen und betrieblichen Annahmen definiert. Auf dieser Basis erfolgt anschließend die Berechnung der transportbedingten Emissionen sowie die Ableitung absoluter und relativer Emissionsunterschiede zwischen beiden Transportoptionen. Die Ergebnisse sollen eine belastbare Grundlage für die ökologische Bewertung des Frachtseglerkonzepts liefern und aufzeigen, welchen Beitrag windgestützte Seetransporte zur Dekarbonisierung maritimer Lieferketten leisten können. Darüber hinaus dienen sie als Grundlage für die weitere marktseitige Bewertung, da die nachgewiesene Emissionsreduktion einen wesentlichen Bestandteil des Kundennutzens und damit eines potenziellen Geschäftsmodells für Frachtsegler darstellt.

Definition der Vergleichsrahmen

Eine zentrale Voraussetzung für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Transportmittel besteht in der Definition einer geeigneten funktionalen Einheit. Diese beschreibt die zu erbringende Transportleistung unabhängig von der technischen Ausgestaltung des eingesetzten Verkehrsmittels und ermöglicht dadurch eine objektive Gegenüberstellung verschiedener Transportoptionen. Dies ist insbesondere bei der Bewertung von Frachtseglern von Bedeutung. Im Vergleich zu konventionellen Seeschiffen unterscheiden sich Frachtsegler hinsichtlich ihrer Größe, Geschwindigkeit, Transportkapazität sowie ihres Antriebskonzeptes teilweise erheblich. Ein Vergleich auf Basis einzelner Fahrzeuge oder einzelner Reisen würde daher nur eingeschränkt belastbare Ergebnisse liefern. Stattdessen ist die tatsächlich erbrachte Transportleistung als Bezugsgröße heranzuziehen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wird daher die Emissionsintensität bezogen auf die Transportleistung als zentrale funktionale Einheit verwendet. Hierfür wird die in der Verkehrs- und Umweltbewertung etablierte Kennzahl der Tonnenkilometer (tkm) herangezogen. Ein Tonnenkilometer entspricht dem Transport einer Tonne Ladung über eine Distanz von einem Kilometer. Die Emissionsintensität wird somit in Gramm Emissionen pro Tonnenkilometer angegeben:

$$\text{Emissionen}_{tkm} = \frac{\text{Gesamtemissionen}}{\text{Transportierte Masse} \times \text{Transportdistanz}}$$

Als Ergebnisgröße werden folgende Kennzahlen betrachtet:

- CO_2-Emissionen in g CO_2/tkm
- NO_x-Emissionen in g NO_x/tkm
- SO_x-Emissionen in g SO_x/tkm

Ergänzend werden für ausgewählte Beispielrouten die absoluten Emissionen je Reise dargestellt. Dies ermöglicht eine bessere Einordnung der tatsächlichen Emissionsmengen sowie der potenziellen Einsparungen durch den Einsatz von Frachtseglern. Die Kombination aus relativen und absoluten Emissionskennzahlen gewährleistet einerseits die wissenschaftliche Vergleichbarkeit unterschiedlicher Transportkonzepte und ermöglicht andererseits eine praxisnahe Bewertung konkreter Transportfälle.

Eine weitere wesentliche methodische Grundlage der Untersuchung stellt die Festlegung der Systemgrenzen dar. Diese legen fest, welche Prozesse und Emissionsquellen in die Untersuchung einbezogen werden und welche außerhalb des Betrachtungsrahmens liegen. Grundsätzlich können Emissionsanalysen im Transportsektor unterschiedliche Systemgrenzen verwenden. Diese reichen von einer reinen Betriebsbetrachtung bis hin zu vollständigen Lebenszyklusanalysen einschließlich Fahrzeugbau, Infrastruktur und Kraftstoffbereitstellung. Da im vorliegenden Projekt die ökologische Wirkung des eigentlichen Transportvorgangs im Mittelpunkt steht, wird eine betriebsbezogene Betrachtung gewählt. Berücksichtigt werden somit alle Emissionen, die während der Durchführung des Seetransports entstehen. Einbezogen werden insbesondere:

- Emissionen aus dem Hauptantrieb
- Emissionen aus Hilfsmaschinen
- Emissionen während Hafenmanövern
- Emissionen aus der Bordenergieversorgung
- Emissionen aus motorischer Unterstützung z. B. bei Flauten

Nicht berücksichtigt werden hingegen:

- Emissionen aus Bau und Verschrottung der Schiffe
- Emissionen aus Hafeninfrastruktur
- Emissionen aus Umschlagprozessen
- Emissionen aus Vor- und Nachlauftransporten
- Emissionen aus Verpackung und Lagerung
- Emissionen aus der Herstellung der eingesetzten Kraftstoffe

Die Untersuchung folgt damit einer sogenannten Tank-to-Wake-Betrachtung, bei der ausschließlich die direkten Emissionen des Schiffsbetriebs berücksichtigt werden.

Auswahl der Referenzrouten

Nach der Festlegung der funktionalen Einheit und der Systemgrenzen sind geeignete Referenzrouten für die Emissionsanalyse auszuwählen. Die Auswahl der betrachteten Relationen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Aussagekraft der Untersuchung, da sowohl die Transportdistanz als auch die klimatischen und nautischen Rahmenbedingungen die Umweltwirkungen eines Frachtseglers maßgeblich beeinflussen.

Ziel der Routenauswahl ist es, typische Anwendungsfälle eines potenziellen Frachtseglerbetriebs abzubilden. Berücksichtigt werden daher insbesondere Relationen, die für nachhaltigkeitsorientierte Importgüter von Bedeutung sind und gleichzeitig grundsätzlich für einen windgestützten Seetransport geeignet erscheinen. Die ausgewählten Routen orientieren sich dabei an den zuvor identifizierten potenziellen Kundengruppen aus den Bereichen Kaffee, Kakao, Rum, Fairtrade-Produkte sowie nachhaltige Textilien.

Darüber hinaus wurden bei der Auswahl folgende Kriterien berücksichtigt:

- Relevanz für potenzielle Zielkunden eines Frachtseglers
- Regelmäßige Importströme nach Deutschland bzw. Nordeuropa
- Hohe Transportdistanzen und damit relevantes Emissionseinsparpotenzial
- Vergleichsweise geringe Zeitkritikalität der transportierten Güter
- Gute grundsätzliche Eignung für windgestützte Transportkonzepte
- Vorhandensein etablierter Handels- und Lieferketten
- Vorhandensein realer oder geplanter Frachtseglerverbindungen auf vergleichbaren Relationen

Auf Basis dieser Kriterien werden vier exemplarische Referenzrouten definiert.

Route 1: Kolumbien – Deutschland

Kolumbien zählt zu den bedeutenden Herkunftsländern hochwertiger Kaffeeexporte und spielt insbesondere im Bereich Spezialitätenkaffee und zertifizierter Nachhaltigkeitsprodukte eine wichtige Rolle. Die Route nach Deutschland repräsentiert einen typischen Anwendungsfall für hochwertige Agrarprodukte mit vergleichsweise geringer Zeitkritikalität. Typische Güter auf dieser Relation sind Spezialitätenkaffee, Fairtrade-Kaffee, Kakao, Rohrzuckerprodukte sowie weitere zertifizierte Agrarrohstoffe. Die Route weist eine Transportdistanz von rund 9.000 km auf und eignet sich aufgrund der hohen Wertdichte der transportierten Güter grundsätzlich für den Einsatz emissionsarmer Transportlösungen.

Route 2: Ghana – Deutschland

Ghana gehört weltweit zu den wichtigsten Exporteuren von Kakao und bildet damit eine zentrale Beschaffungsregion für zahlreiche europäische Lebensmittel- und Fairtrade-Unternehmen. Die Relation nach Deutschland stellt daher einen besonders relevanten Anwendungsfall für die Untersuchung nachhaltiger Transportkonzepte dar. Typische Güter auf dieser Route sind Kakao, Kakaoprodukte, Cashewkerne sowie weitere Agrarrohstoffe. Mit einer Distanz von etwa 6.500 km handelt es sich um eine typische Westafrika-Europa-Verbindung mit regelmäßigem Warenverkehr und hohem Potenzial für Emissionseinsparungen.

Route 3: Dominikanische Republik – Deutschland

Die Dominikanische Republik verfügt über eine lange Tradition im Export hochwertiger Agrar- und Genussmittelprodukte und ist insbesondere im Bereich Fairtrade- und Bio-Produkte gut positioniert. Die Route eignet sich daher besonders zur Untersuchung von Gütern, bei denen Nachhaltigkeit und Herkunft bereits heute einen wichtigen Bestandteil der Vermarktung darstellen. Typische Güter sind Rum, Kakao, Kaffee, Rohrzuckerprodukte. Mit einer Distanz von rund 8.000 km repräsentiert die Relation eine klassische transatlantische Verbindung zwischen der Karibik und Europa.

Route 4: Halifax (Kanada) – Deutschland
Neben nachhaltigen Agrarrohstoffen gewinnen auch emissionsarme Transportlösungen für hochwertige Konsum- und Industriegüter zunehmend an Bedeutung. Vor diesem Hintergrund wird ergänzend eine transatlantische Nordamerika-Route betrachtet. Diese orientiert sich an aktuellen Entwicklungen im Bereich windgestützter Frachtschifffahrt, beispielsweise am Konzept des Neoliner, der Verbindungen zwischen Europa und der Ostküste Nordamerikas vorsieht. Typische Güter auf dieser Relation sind Outdoor- und Sportartikel, Textilien, Lebensmittel und Getränke, Industrieprodukte mit Nachhaltigkeitsbezug. Die Distanz zwischen Kanada und Deutschland beträgt rund 5.500 bis 6.000 km. Die Route ergänzt die überwiegend auf Agrarprodukte fokussierten Süd-Nord-Verbindungen um ein weiteres Marktsegment und ermöglicht die Untersuchung potenzieller Einsatzfelder im Bereich nachhaltiger Konsum- und Industriegüter.

Die Abbildung rechts zeigt die Referenzrouten im Überblick. Die ausgewählten Relationen decken somit sowohl die klassischen Anwendungsfelder nachhaltiger Agrarimporte als auch neu entstehende Marktsegmente im Bereich emissionsarmer transatlantischer Lieferketten ab. Gleichzeitig repräsentieren sie typische Warenströme, für die ein Frachtsegler aufgrund der vergleichsweise geringen Zeitkritikalität der Güter und des hohen Nachhaltigkeitsbezugs grundsätzlich als Transportalternative in Betracht gezogen werden kann.

Abbildung: Referenzrouten für den Emissionsvergleich



EMISSIONEN

Methodischer Ansatz

Nach der Definition der Referenzrouten erfolgt die Berechnung der durch den Betrieb eines Frachtseglers verursachten Emissionen. Ziel ist die Quantifizierung der transportbedingten Kohlendioxid- (CO_2), Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidemissionen (SO_x) auf den ausgewählten Relationen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für den anschließenden Vergleich mit konventionellen Seeschiffen. Im Gegensatz zu konventionellen Schiffen entstehen die Emissionen eines Frachtseglers nicht primär durch den kontinuierlichen Betrieb eines Hauptantriebsmotors. Vielmehr wird ein wesentlicher Teil des Vortriebs durch die Nutzung der Windenergie erzeugt. Direkte Emissionen entstehen daher überwiegend durch den Betrieb von Hilfs- und Sicherheitsantrieben sowie durch motorische Unterstützung in Situationen, in denen die Windverhältnisse keinen ausreichenden Vortrieb gewährleisten oder betriebliche Anforderungen dies erfordern.

Die Höhe der transportbedingten Emissionen wird somit maßgeblich durch den Anteil der Strecke bestimmt, der unter motorischer Unterstützung zurückgelegt wird. Für die Berechnung wird daher zwischen dem windgestützten und dem motorisch unterstützten Anteil des Transportvorgangs unterschieden. Die Emissionsberechnung erfolgt grundsätzlich auf Basis der folgenden Einflussgrößen:

- Transportdistanz der jeweiligen Route
- transportierte Ladungsmenge
- daraus resultierende Transportleistung in Tonnenkilometern
- angenommener Windanteil am Vortrieb
- angenommener Motoranteil am Vortrieb
- Emissionsfaktoren des eingesetzten Kraftstoffs

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach folgendem Grundprinzip:

Emissionen = Transportleistung ▪ Emissionsfaktor ▪ Motoranteil

Die Emissionsfaktoren werden dabei ausschließlich auf den motorisch erzeugten Anteil der Transportleistung angewendet, da der durch Windenergie erzeugte Vortrieb im Betrieb keine direkten CO_2-, NO_x- oder SO_x-Emissionen verursacht. Da derzeit keine belastbaren Betriebsdaten eines kommerziellen Frachtseglers auf den betrachteten Relationen vorliegen, erfolgt die Analyse auf Basis plausibler technischer Annahmen und Szenarien. Dadurch können unterschiedliche Betriebsbedingungen und technische Auslegungen berücksichtigt werden.

Festlegung der technischen Betriebsannahmen

Die tatsächlichen Emissionen eines Frachtseglers hängen wesentlich von den Windverhältnissen, dem gewählten Schiffskonzept sowie den betrieblichen Anforderungen ab. Da sich diese Faktoren im praktischen Betrieb erheblich unterscheiden können, wird die Emissionsbewertung auf Basis mehrerer Betriebsannahmen durchgeführt. Im Mittelpunkt steht dabei der Anteil des Vortriebs, der durch Windenergie bereitgestellt wird. Die angegebenen Windanteile beschreiben den Anteil der durch Windenergie bereitgestellten Antriebsleistung und sind nicht unmittelbar mit einer gleich hohen Reduktion des Treibstoffverbrauchs gleichzusetzen. Auch bei hohen Windanteilen verbleiben Energiebedarfe für Hilfsmaschinen, Bordstromversorgung, Hafenmanöver sowie für zusätzliche Antriebsunterstützung bei ungünstigen Wetterbedingungen. Die tatsächliche Reduktion des Treibstoffverbrauchs fällt daher i. d. R. geringer aus als der jeweilige Windanteil am Vortrieb. Für die Untersuchung werden drei Szenarien definiert.

Konservatives Szenario

Das konservative Szenario bildet ungünstige Betriebsbedingungen ab. Hierzu zählen längere Flautenperioden, ungünstige Windverhältnisse, erhöhte Anforderungen an Fahrplangenauigkeit.

- Windanteil 70 %
- Motoranteil 30 %
- Auslastung 70 %

Realistisches Szenario
Das realistische Szenario stellt die erwartete Betriebsweise eines modernen Frachtseglers auf den betrachteten Relationen dar (Wind: 85 %, Motor: 15 %, Auslastung: 80 %).

Ambitioniertes Szenario
Das ambitionierte Szenario unterstellt eine optimierte Routenplanung, günstige Windbedingungen sowie einen weitgehenden Einsatz der Windenergie (Wind: 95 %, Motor: 5 %, Auslastung: 90 %).

Die gewählten Annahmen orientieren sich an den Zielsetzungen aktueller Frachtsegler. Gleichzeitig decken sie eine ausreichend breite Bandbreite möglicher Betriebszustände ab und ermöglichen eine robuste Bewertung des potenziellen Emissionsminderungspotenzials. Neben den Annahmen zum Wind- und Motoranteil ist für die Emissionsberechnung die Größe des betrachteten Frachtseglers von Bedeutung. Sie beeinflusst insbesondere die absolute Transportleistung je Reise sowie die Emissionsintensität pro transportierter Tonne. Um unterschiedliche Skalierungsstufen eines möglichen Frachtseglerbetriebs abzubilden, werden zwei Referenzgrößen betrachtet: Frachtsegler mit 5.000 dwt vs. 10.000 dwt.

Die 5.000-dwt-Variante steht für einen kleineren bis mittleren kommerziellen Frachtsegler, der insbesondere für hochwertige, nachhaltigkeitsorientierte Nischenladungen geeignet erscheint. Die 10.000-dwt-Variante bildet demgegenüber eine größere Schiffseinheit ab, bei der Skaleneffekte stärker zum Tragen kommen können. Sie ist insbesondere für regelmäßige Linienverkehre oder gebündelte Ladungsströme mehrerer Auftraggeber relevant. Für beide Varianten wird szenariobasiert mit unterschiedlichen Auslastungsannahmen gerechnet. Im konservativen Szenario wird eine Auslastung von 70 %, im realistischen Szenario von 80 % und im ambitionierten Szenario von 90 % unterstellt. Daraus ergeben sich je nach Schiffsgröße unterschiedliche transportierte Ladungsmengen je Reise. Die nachfolgende zeigt die Eingangsparameter im Überblick.

Tabelle: Annahmen zu Schiffsgröße, Auslastung und transportierter Menge

	Frachtsegler klein	Frachtsegler groß
Tragfähigkeit	5.000 dwt	10.000 dwt
angenommene Auslastung konservativ	70%	70%
angenommene Auslastung realistisch	80%	80%
angenommene Auslastung ambitioniert	90%	90%
Ladungsmenge konservativ	3.500 t	7.000 t
Ladungsmenge realistisch	4.000 t	8.000 t
Ladungsmenge ambitioniert	4.500 t	9.000 t

Auswahl der Emissionsfaktoren

Zur Quantifizierung der durch den Schiffsbetrieb verursachten Emissionen werden Emissionsfaktoren verwendet. Emissionsfaktoren beschreiben die Menge eines Schadstoffs, die bei der Erbringung einer definierten Transportleistung freigesetzt wird. Sie stellen ein etabliertes Instrument zur Abschätzung von Umweltwirkungen im Verkehrs- und Transportsektor dar. Für die vorliegende Untersuchung werden die Emissionen von Kohlendioxid (CO_2), Stickoxiden (NO_x) und Schwefeloxiden (SO_x) betrachtet. Diese Schadstoffe repräsentieren die wesentlichen klima- und luftqualitätsrelevanten Umweltwirkungen des Seeverkehrs. Da für Frachtsegler bislang keine standardisierten Emissionsdaten vorliegen, erfolgt die Berechnung auf Basis eines Vergleichs mit konventionellen Seeschiffen. Der Emissionsfaktor eines konventionellen Referenzschiffes wird dabei entsprechend des angenommenen Motoranteils auf den Frachtsegler übertragen.

Hierdurch wird berücksichtigt, dass ein Großteil des Vortriebs durch Windenergie erzeugt wird und lediglich der motorisch erzeugte Anteil Emissionen verursacht. Für die CO_2-Berechnung wird ein spezifischer Emissionsfaktor von 13 g CO_2/tkm angesetzt (Quelle: www.climatiq.io). Der Wert liegt im Bereich veröffentlichter Emissionsintensitäten für Stückgut- und General-Cargo-Schiffe und repräsentiert einen konservativen Mittelwert für konventionelle Schiffe vergleichbarer Größenordnung. Für NO_x und SO_x existieren in der Literatur überwiegend leistungsbezogene Emissionsfaktoren in g/kWh. Das EMEP/EEA Guidebook weist für Seeschiffe im Fahrbetrieb CO_2-Emissionen von etwa 645 g/kWh sowie NO_x-Emissionen von etwa 12 g/kWh aus. Daraus lässt sich ein Verhältnis von rund 1,9 % NO_x zu CO_2 ableiten. Für die vorliegende Untersuchung wird hieraus ein transportleistungsbezogener Referenzwert von 0,25 g NO_x/tkm abgeleitet. Die Höhe der SO_x-Emissionen hängt maßgeblich vom Schwefelgehalt des verwendeten Kraftstoffs ab. Aufgrund der seit 2020 geltenden internationalen Schwefelgrenzwerte sind die SO_x-Emissionen moderner Schiffe deutlich zurückgegangen. Für die Untersuchung wird ein konservativer Referenzwert von 0,05 g SO_x/tkm angenommen.

Die Emissionsfaktoren werden im weiteren Verlauf ausschließlich auf den motorisch erzeugten Anteil der Transportleistung angewendet. Der durch Windenergie bereitgestellte Vortrieb wird als emissionsfrei betrachtet, sodass die Emissionen eines Frachtseglers direkt vom angenommenen Motoranteil abhängig sind.

Berechnung der Transportleistung

Die Höhe der transportbedingten Emissionen wird maßgeblich durch die erbrachte Transportleistung bestimmt. Diese beschreibt die Menge an Gütern, die über eine bestimmte Distanz transportiert wird, und stellt die zentrale Bezugsgröße für die weitere Emissionsberechnung dar. In der Verkehrs- und Umweltbewertung wird die Transportleistung wie beschrieben in Tonnenkilometern (tkm) angegeben.

Die Berechnung erfolgt für alle betrachteten Referenzrouten sowie für beide Frachtseglervarianten mit 5.000 dwt und 10.000 dwt. Grundlage bilden die zuvor definierten Auslastungsannahmen des realistischen Szenarios, welches im weiteren Verlauf als Referenzszenario verwendet wird.

Für den 5.000-dwt-Frachtsegler wird bei einer angenommenen Auslastung von 80 % eine transportierte Ladungsmenge von 4.000 t unterstellt. Für den 10.000-dwt-Frachtsegler ergibt sich entsprechend eine Ladungsmenge von 8.000 t. Unter Berücksichtigung der Entfernungen im Seetransport ergeben sich folgende Transportleistungen.

Tabelle: Transportleistungen auf Referenzrouten

Route	Distanz (km)	Transportleistung 5k dwt (Mio. tkm)	Transportleistung 10k dwt (Mio. tkm)
Kolumbien – Deutschland	9.000	36,0	72,0
Ghana – Deutschland	6.500	26,0	52,0
Dom. Rep. – Deutschland	8.000	32,0	64,0
Kanada – Deutschland	5.800	23,2	46,4

Die Ergebnisse zeigen, dass die Transportleistung sowohl von der Schiffsgröße als auch von der Transportdistanz beeinflusst wird. Während größere Schiffe bei gleicher Auslastung eine entsprechend höhere Transportleistung erzielen, führen längere Transportdistanzen ebenfalls zu steigenden Tonnenkilometern und damit grundsätzlich zu höheren absoluten Emissionen. Gleichzeitig ergeben sich auf langen Relationen die größten Potenziale zur Emissionsvermeidung durch den Einsatz windgestützter Antriebssysteme.

Berechnung der CO_2-Emissionen der Frachtsegler

Auf Grundlage der zuvor definierten Transportleistungen und Emissionsfaktoren erfolgt im nächsten Schritt die Berechnung der transportbedingten Kohlendioxidemissionen der betrachteten Frachtseglervarianten. Da der Vortrieb eines Frachtseglers überwiegend durch Windenergie erzeugt wird, entstehen direkte Emissionen ausschließlich durch den motorisch unterstützten Anteil der Fahrt. Die Höhe der Emissionen wird daher maßgeblich durch den angenommenen Motoranteil bestimmt.

Für die Berechnung wird das zuvor definierte Referenzszenario zugrunde gelegt. Dieses unterstellt einen Windanteil von 85 % sowie einen Motoranteil von 15 %. Als Referenzwert für die konventionelle Seeschifffahrt wird ein Emissionsfaktor von 13 g CO_2 pro Tonnenkilometer angesetzt. Dieser Wert entspricht typischen Emissionsintensitäten moderner Stückgut- und Mehrzweckschiffe vergleichbarer Größenordnung. Die CO_2-Emissionen des Frachtseglers ergeben sich somit aus der Multiplikation der Transportleistung mit dem Emissionsfaktor des Referenzschiffes sowie dem angenommenen Motoranteil.

Für das konventionelle Referenzschiff erfolgt die Berechnung analog, jedoch ohne Berücksichtigung eines Windanteils.

Tabelle: CO_2-Emissionen je Reise (in t)

Route	Referenzschiff 5.000 dwt	Frachtsegler 5.000 dwt	Referenzschiff 10.000 dwt	Frachtsegler 10.000 dwt
Kolumbien – Deutschland	468,0	70,2	936,0	140,4
Ghana – Deutschland	338,0	50,7	676,0	101,4
Dom. Republik – Deutschland	416,0	62,4	832,0	124,8
Kanada – Deutschland	301,6	45,2	603,2	90,5

Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß einen direkten Zusammenhang zwischen Transportleistung und absoluten Emissionen. Die höchsten Emissionen treten auf den langen Transatlantikrouten zwischen Kolumbien und Deutschland auf, während die Halifax-Relation aufgrund der geringeren Distanz die niedrigsten absoluten Emissionen aufweist. Gleichzeitig wird erkennbar, dass die größere 10.000-dwt-Variante aufgrund der doppelt so hohen transportierten Ladungsmenge bei gleicher Auslastung auch etwa doppelt so hohe absolute Emissionen verursacht. Für die ökologische Bewertung ist daher nicht allein die absolute Emissionsmenge entscheidend, sondern insbesondere die Emissionsintensität bezogen auf die erbrachte Transportleistung.

Zur besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Schiffsgrößen wird ergänzend die Emissionsintensität betrachtet. Die Emissionsintensität beschreibt die freigesetzte Emissionsmenge pro Tonnenkilometer Transportleistung und entspricht der zuvor definierten funktionalen Einheit.

Für die betrachteten Frachtsegler ergibt sich:
13 g/tkm · 0,15 = 1.95 g CO_2 / tkm

Damit beträgt die spezifische CO_2-Intensität der betrachteten Frachtsegler im Referenzszenario rund 1,95 g CO_2 pro Tonnenkilometer. Zum Vergleich weist das konventionelle Referenzschiff eine Emissionsintensität von 13 g CO_2 pro Tonnenkilometer auf.

Tabelle: Vergleich der Emissionsintensitäten

	Referenzschiff	Frachtsegler
CO_2-Intensität	13,0 g CO_2/tkm	1,95 g CO_2/tkm
Windanteil	0 %	85 %
Motoranteil	100 %	15 %

CO_2-Einsparpotenzial gegenüber konventioneller Seeschifffahrt

Neben den absoluten Emissionen stellt die Emissionsvermeidung die zentrale Bewertungsgröße dar. Hierfür werden die Emissionen des Frachtseglers mit denen eines konventionellen Stückgutfrachters verglichen.

Tabelle: CO_2-Einsparpotenzial gegenüber konventioneller Seeschifffahrt

Route	CO_2-Einsparung 5.000 dwt (t)	CO_2-Einsparung 10.000 dwt (t)	Relative Einsparung
Kolumbien – Deutschland	397,8	795,6	85%
Ghana – Deutschland	287,3	574,6	85%
Dom. Rep. – Deutschland	353,6	707,2	85%
Kanada – Deutschland	256,4	512,7	85%

Die potenziellen CO_2-Einsparungen liegen je nach Route zwischen ca. 256 t und 796 t CO_2 pro Reise. Die höchsten absoluten Einsparungen ergeben sich auf den langen Transatlantikrouten sowie bei größeren Schiffseinheiten. Die relative Emissionsminderung beträgt aufgrund des unterstellten Windanteils in allen Fällen rund 85 %. Damit bestätigt die Analyse die zentrale ökologische Stärke des Frachtseglerkonzepts. Bereits unter konservativen technischen Annahmen können erhebliche Emissionsminderungen gegenüber konventionellen Stückgutschiffen erzielt werden. Für Unternehmen mit hohen Anforderungen an die Reduktion ihrer transportbedingten Scope-3-Emissionen kann dies einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung internationaler Lieferketten leisten und gleichzeitig einen wichtigen Bestandteil der Nachhaltigkeitskommunikation darstellen.

Eine Gegenüberstellung der Szenarien verdeutlicht, dass bereits unter konservativen Annahmen erhebliche Emissionsminderungen erreichbar erscheinen. Gleichzeitig zeigt sich die hohe Sensitivität der Ergebnisse gegenüber dem Motoranteil. Eine Reduzierung des motorisch erzeugten Vortriebs von 30 % auf 5 % führt rechnerisch zu einer Verringerung der spezifischen CO_2-Emissionen um mehr als 80 %.

Der tatsächliche ökologische Vorteil eines Frachtseglers wird somit wesentlich durch die Fähigkeit bestimmt, einen möglichst hohen Anteil der Transportleistung durch Wind-energie bereitzustellen. Die nachfolgende Tabelle zeigt das CO_2-Einsparpotenzial für die unterschiedlichen Szenarien.

Tabelle: Übersicht der Szenarien

	Konservativ	Realistisch	Ambitioniert
Windanteil	70%	85%	95%
Motoranteil	30%	15%	5%
CO_2-Intensität	3,90 g/tkm	1,95 g/tkm	0,65 g/tkm
CO_2-Reduktion ggü. Referenzschiff	70%	85%	95%

Die angewandte Berechnungslogik lässt sich analog auf die Schadstoffe NO_x und SO_x anwenden. Da auch diese Emissionen unmittelbar mit dem Betrieb der Hilfs- und Antriebsmotoren verbunden sind, reduziert sich ihre Höhe proportional zum angenommenen Motoranteil. Für das Referenzszenario mit einem Windanteil von 85 % und einem Motoranteil von 15 % ergeben sich die nachfolgenden Emissionen.

Tabelle: NO_x- und SO_x-Emissionen der Frachtsegler im Referenzszenario

	NO_x 5.000 dwt (kg)	SO_x 5.000 dwt (kg)	NO_x 10.000 dwt (kg)	SO_x 10.000 dwt (kg)
Kolumbien – Deutschl.	1.350*	270	2.700	540
Ghana – Deutschland	975	195	1.950	390
Dom. Rep.– Deutschl.	1.200	240	2.400	480
Kanada – Deutschland	870	174	1.740	348

Analog zu den CO_2-Emissionen weisen die längeren Relationen die höchsten absoluten Schadstoffemissionen auf. Aufgrund des hohen Windanteils liegen die Emissionen jedoch deutlich unter denen eines konventionellen Referenzschiffes vergleichbarer Größe.

* 4.000 t Ladung und 9.000 km = 36 Mio. tkm. 36 Mio. tkm × 0,25 g NO_x/tkm × 15 % = 1.350.000 g = 1.350 kg NO_x.

EMISSIONEN

Die nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die betrachteten Frachtseglervarianten und Szenarien zusammen. Dargestellt werden die spezifischen Emissionsintensitäten sowie die daraus resultierenden Emissionsminderungen gegenüber einem konventionellen Stückgutfrachter vergleichbarer Größenordnung. Die Übersicht verdeutlicht die Bandbreite möglicher Umweltwirkungen unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen.

Tabelle: Emissionskennzahlen der untersuchten Frachtsegler-Szenarien

Kennzahl	Konventionelles Referenzschiff	Frachtsegler konservativ	Frachtsegler realistisch	Frachtsegler ambitioniert
CO_2 (g/tkm)	13	3,9	1,95	0,65
NO_x (g/tkm)	0,25	0,075	0,0375	0,0125
SO_x (g/tkm)	0,05	0,015	0,0075	0,0025
CO_2-Reduktion	–	70%	85%	95%
NO_x-Reduktion	–	70%	85%	95%
SO_x-Reduktion	–	70%	85%	95%

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende wesentliche Erkenntnisse ableiten:

- Bereits unter konservativen Annahmen können die CO_2-, NO_x- und SO_x-Emissionen gegenüber einem konventionellen Stückgutfrachter um rund 70 % reduziert werden.
- Im Referenzszenario ergibt sich eine Emissionsminderung von etwa 85 %, was die hohe ökologische Wirksamkeit windgestützter Antriebskonzepte verdeutlicht.
- Unter günstigen Betriebsbedingungen und bei einem hohen Windanteil sind Emissionsreduktionen von bis zu 95 % erreichbar.
- Die größten absoluten Emissionseinsparungen werden auf den Transatlantikrouten zwischen Kolumbien bzw. der Dominikanischen Rep. und Hamburg erzielt, da dort die höchste Transportleistung erbracht wird.
- Die betrachtete Schiffsgröße beeinflusst die absoluten Emissionsmengen je Reise, hat jedoch keinen Einfluss auf die spezifischen Emissionen bezogen auf die Transportleistung.
- Der Anteil des motorisch erzeugten Vortriebs stellt den maßgeblichen Einflussfaktor für die Umweltwirkung eines Frachtseglers dar. Entsprechend wirken sich Änderungen des Wind- bzw. Motoranteils unmittelbar auf die Höhe der Emissionen aus.
- Die Ergebnisse bestätigen, dass Frachtsegler insbesondere auf langen, wenig zeitkritischen Transportrelationen ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung transportbedingter Emissionen besitzen und damit einen relevanten Beitrag zur Dekarbonisierung maritimer Lieferketten leisten können.

Vergleich mit alternativen Transportmitteln

Zur Einordnung der ökologischen Leistungsfähigkeit von Frachtseglern erfolgt ergänzend ein Vergleich mit anderen Verkehrsträgern auf Basis der spezifischen CO_2-Emissionen je Tonnenkilometer. Die Betrachtung erfolgt bewusst auf Ebene der Emissionsintensität, da die untersuchten Referenzrouten überwiegend interkontinentale Seeverkehre darstellen und daher nicht unmittelbar durch Bahn- oder Straßentransporte ersetzt werden können. Die nachfolgende Übersicht zeigt typische Emissionsintensitäten verschiedener Verkehrsträger auf Basis veröffentlichter Durchschnittswerte (z. B. UBA TREMOD bzw. European Environment Agency).

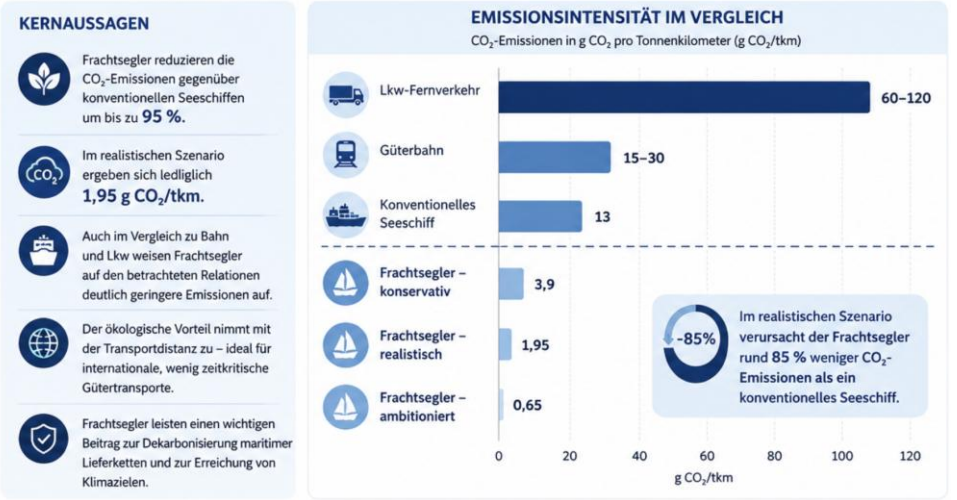
Tabelle: Emissionsintensitäten verschiedener Verkehrsträger

Verkehrsträger	CO_2-Emissionen (g/tkm)
Straßengüterverkehr	60–120
Schienengüterverkehr	15–30
Konventionelles Seeschiff	13
Frachtsegler konservativ	3,90
Frachtsegler realistisch	1,95
Frachtsegler ambitioniert	0,65

Die Gegenüberstellung verdeutlicht, dass bereits ein konventionelles Stückgut- oder Mehrzweckschiff hinsichtlich der Transporteffizienz deutlich geringere Emissionen verursacht als der Straßengüterverkehr. Der im Rahmen dieser Untersuchung betrachtete Frachtsegler unterschreitet die Emissionswerte eines konventionellen Seeschiffes jedoch nochmals erheblich. Im realistischen Szenario ergibt sich mit 1,95 g CO_2/tkm eine Emissionsintensität, die rund 85 % unter jener eines konventionellen Schiffes liegt.

Auch im Vergleich zum Schienengüterverkehr weisen Frachtsegler ein deutlich geringeres Emissionsniveau auf. Während moderne elektrische Güterzüge je nach Strommix typischerweise Emissionen zwischen 15 und 30 g CO_2/tkm verursachen, liegen die Werte eines windgestützten Frachtseglers selbst im konservativen Szenario deutlich darunter. Im ambitionierten Szenario wird mit lediglich 0,65 g CO_2/tkm nahezu emissionsfreier Seetransport erreicht.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Verkehrsträger unterschiedliche Einsatzbereiche bedienen. Bahn und Lkw bieten Vorteile hinsichtlich Flexibilität, Geschwindigkeit und Flächenerschließung, während Frachtsegler insbesondere für internationale Transporte hochwertiger, nachhaltigkeitsorientierter und wenig zeitkritischer Güter geeignet erscheinen. Der ökologische Vorteil von Frachtseglern kommt dabei insbesondere auf langen Transportrelationen zum Tragen, da sich die durch Windenergie erzielten Emissionseinsparungen über die gesamte Transportdistanz kumulieren. Die Ergebnisse unterstreichen somit das Potenzial von Frachtseglern als besonders emissionsarme Ergänzung bestehender internationaler Lieferketten.



Einordnung im Kontext der identifizierten Marktsegmente

Die durchgeführte Marktanalyse (AP 1) zeigt, dass Frachtsegler nicht als direkter Ersatz für die konventionelle Seeschifffahrt im Massenmarkt betrachtet werden können. Vielmehr konzentrieren sich die wirtschaftlich und operativ tragfähigen Einsatzfelder auf spezifische Marktsegmente, in denen Nachhaltigkeitsanforderungen, Markenwerte und die Bereitschaft zur Zahlung eines Green Premiums eine zentrale Rolle spielen. Besonders geeignet erscheinen hochwertige Konsumgüter, Kaffee, Kakao, Spirituosen, Textilien, Outdoor-Produkte sowie weitere Waren mit ausgeprägter Nachhaltigkeitsorientierung und vergleichsweise geringer Zeitkritikalität. In diesen Segmenten kann die deutlich reduzierte Umweltwirkung des Transports einen zusätzlichen Kundennutzen schaffen und als Differenzierungsmerkmal gegenüber konventionellen Logistiklösungen genutzt werden. Die Analyse verdeutlicht gleichzeitig, dass die identifizierten Marktsegmente überwiegend Nischenmärkte darstellen. Das verfügbare Transportvolumen reicht zwar aus, um einzelne Frachtsegler wirtschaftlich auszulasten, jedoch nicht, um kurzfristig relevante Marktanteile des globalen Seeverkehrs zu übernehmen. Die Rolle von Frachtseglern ist daher weniger in der Ablösung bestehender Transportstrukturen als vielmehr in der Ergänzung bestehender Logistiksysteme zu sehen.

Besonders interessant erscheinen dabei Transportrelationen mit längeren Transitzeiten und geringer Terminabhängigkeit. Die untersuchten Verbindungen zwischen Deutschland und Kolumbien, Ghana, der Dom. Republik sowie Kanada erfüllen diese Voraussetzungen weitgehend. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass gerade auf langen Distanzen die höchsten absoluten Emissionsminderungen erzielt werden können, wodurch sich ein zusätzlicher ökologischer Nutzen ergibt. Die Marktanalyse bestätigt somit, dass Frachtsegler vor allem dort ein realistisches Einsatzpotenzial besitzen, wo Nachhaltigkeit einen messbaren wirtschaftlichen Wert darstellt und Verlader bereit sind, längere Transportzeiten zugunsten einer deutlich besseren Klimabilanz zu akzeptieren.

Einordnung im Kontext der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, dass die ökonomische Tragfähigkeit von Frachtseglern grundsätzlich gegeben sein kann, jedoch an mehrere Voraussetzungen geknüpft ist. Insbesondere Frachtrate, Auslastung, Umlauffrequenz und Investitionskosten bestimmen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit des Betriebs. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass größere Frachtsegler aufgrund von Skaleneffekten und einer besseren Verteilung der Fixkosten tendenziell robustere wirtschaftliche Ergebnisse erzielen als kleinere Konzepte. Gleichzeitig bleiben konventionelle Stückgut- und Mehrzweckschiffe aufgrund höherer Geschwindigkeiten, größerer Kapazitäten und geringerer spezifischer Investitionskosten wirtschaftlich im Vorteil.

Die Sensitivitätsanalysen zeigen zudem, dass die Wirtschaftlichkeit in besonderem Maße von der erzielbaren Frachtrate abhängt. Bereits moderate Veränderungen wirken sich unmittelbar auf die Erlössituation aus. Im Referenzfall ist eine Frachtrate von rund 106 EUR pro Tonne erforderlich, um ein ausgeglichenes Jahresergebnis einschließlich Abschreibungen und Finanzierungskosten zu erzielen. Hieraus lässt sich ableiten, dass Frachtsegler nur dann wirtschaftlich erfolgreich betrieben werden können, wenn mindestens einer der folgenden Faktoren erfüllt ist:

- Erzielung eines Green Premiums durch nachhaltigkeitsorientierte Kunden,
- dauerhaft hohe Auslastungsgrade,
- steigende regulatorische Belastungen für konventionelle Schiffe,
- sinkende Investitionskosten zukünftiger Frachtseglergenerationen.

Von besonderer Bedeutung sind dabei die regulatorischen Entwicklungen. Die Untersuchung zeigt, dass bereits unter den angenommenen CO_2-Preisen ein erheblicher Kostenvorteil gegenüber konventionellen Schiffen entsteht. Im Referenzfall beträgt dieser Vorteil rund 300.000 EUR pro Jahr. Mit weiter steigenden CO_2-Kosten dürfte sich dieser Effekt verstärken.

Die wirtschaftliche Bewertung führt daher zu dem Ergebnis, dass Frachtsegler gegenwärtig zwar noch strukturelle Wettbewerbsnachteile aufweisen, sich ihre Position unter den erwartbaren regulatorischen Rahmenbedingungen jedoch deutlich verbessern könnte. Langfristig könnten insbesondere steigende Emissionskosten und technologische Lernkurven zu einer schrittweisen Annäherung an die Wettbewerbsfähigkeit konventioneller Schiffskonzepte führen.

Realistische Emissionspotenziale

Die Emissionsanalyse bestätigt die zentrale ökologische Stärke des Frachtseglerkonzepts. Bereits unter konservativen Betriebsannahmen können die CO_2-, NO_x- und SO_x-Emissionen gegenüber einem konventionellen Stückgutfrachter um rund 70 % reduziert werden. Im realistischen Referenzszenario liegt die Emissionsminderung bei etwa 85 %, während unter günstigen Betriebsbedingungen sogar Reduktionen von bis zu 95 % erreichbar erscheinen. Die spezifische CO_2-Intensität sinkt dabei von etwa 13 g CO_2 pro Tonnenkilometer bei einem konventionellen Schiff auf 1,95 g CO_2 pro Tonnenkilometer im realistischen Szenario. Damit unterschreitet der Frachtsegler nicht nur die Emissionswerte der Seeschifffahrt deutlich, sondern erreicht auch Werte, die weit unter den Emissionsintensitäten des Straßen- und Schienengüterverkehrs liegen. Besonders relevant ist, dass die Emissionsvorteile nicht auf theoretischen Null-Emissions-Annahmen beruhen, sondern auch unter Berücksichtigung eines motorischen Hilfsantriebs bestehen bleiben. Die Ergebnisse zeigen somit, dass bereits hybride, praxisnahe Betriebskonzepte erhebliche Klimavorteile realisieren können. Für Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen eröffnet dies die Möglichkeit, transportbedingte Scope-3-Emissionen signifikant zu reduzieren. Gerade in Branchen mit hohen Nachhaltigkeitsanforderungen kann der Einsatz von Frachtseglern daher einen messbaren Beitrag zur Erreichung unternehmensbezogener Dekarbonisierungsziele leisten.

Gesamtfazit

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass Frachtsegler ein ökologisch außerordentlich wirksames Konzept zur Dekarbonisierung maritimer Lieferketten darstellen. Unter realistischen Betriebsbedingungen erscheinen Emissionsminderungen von etwa 85 % gegenüber konventionellen Stückgutschiffen erreichbar. Gleichzeitig verdeutlichen Markt- und Wirtschaftlichkeitsanalyse, dass das Konzept derzeit vor allem für spezialisierte Nischenmärkte mit hoher Nachhaltigkeitsorientierung geeignet ist.

Frachtsegler sind daher kurzfristig nicht als Ersatz der konventionellen Seeschifffahrt zu betrachten. Vielmehr können sie als ergänzende Transportlösung für ausgewählte Marktsegmente fungieren, in denen ökologische Vorteile einen wirtschaftlich verwertbaren Kundennutzen erzeugen. Langfristig könnten steigende CO_2-Kosten, regulatorische Verschärfungen, technologische Fortschritte sowie sinkende Investitionskosten dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit von Frachtseglern weiter zu verbessern und ihren Einsatzbereich schrittweise auszuweiten.

EMISSIONEN - ZUSAMMENFASSUNG

Methodische Grundlagen

- Die Emissionsbewertung erfolgte anhand ausgewählter Referenzrouten zwischen Deutschland und den Herkunftsregionen der identifizierten Marktsegmente.
- Betrachtet wurden Kohlendioxid- (CO_2), Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidemissionen (SO_x).
- Als Vergleichsmaßstab dient ein konventioneller Stückgutfrachter vergleichbarer Größenordnung.
- Die Bewertung erfolgt auf Basis der transportierten Tonnenkilometer (tkm) und ermöglicht dadurch einen belastbaren Vergleich unterschiedlicher Schiffsgrößen und Transportdistanzen.
- Für die Analyse wurden drei Betriebsszenarien definiert, die unterschiedliche Windanteile und damit unterschiedliche Anteile des motorischen Vortriebs abbilden.

Emissionsminderungspotenziale

- Bereits unter konservativen Annahmen können die Emissionen gegenüber einem konventionellen Stückgutfrachter um rund 70 % reduziert werden.
- Im realistischen Referenzszenario ergibt sich eine Emissionsminderung von etwa 85 %.
- Unter günstigen Betriebsbedingungen und sehr hohen Windanteilen sind Emissionsreduktionen von bis zu 95 % erreichbar.
- Die spezifischen CO_2-Emissionen sinken von rund 13 g CO_2/tkm beim Referenzschiff auf 1,95 g CO_2/tkm im realistischen Szenario.
- Vergleichbare Reduktionspotenziale ergeben sich auch für NO_x- und SO_x-Emissionen.

Einflussfaktoren

- Der wichtigste Einflussfaktor auf die Emissionsbilanz ist der Anteil des motorisch erzeugten Vortriebs.
- Änderungen des Wind- bzw. Motoranteils wirken sich unmittelbar auf die Höhe der Emissionen aus.
- Die Schiffsgröße beeinflusst die absoluten Emissionen je Reise, hat jedoch keinen Einfluss auf die spezifischen Emissionen bezogen auf die Transportleistung.
- Lange Transportdistanzen führen zwar zu höheren absoluten Emissionen, ermöglichen gleichzeitig jedoch die größten absoluten Emissionseinsparungen gegenüber konventionellen Transportkonzepten.

Bedeutung für die untersuchten Marktsegmente

- Die höchsten absoluten Emissionsminderungen werden auf den langen Transatlantikrouten erzielt.
- Frachtsegler eignen sich insbesondere für wenig zeitkritische Transportrelationen, bei denen hohe Emissionsreduktionen wirtschaftlich verwertbar sind.
- Für Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen kann der Einsatz von Frachtseglern einen relevanten Beitrag zur Reduzierung transportbedingter Scope-3-Emissionen leisten.
- Die nachweisbaren Emissionsvorteile können gleichzeitig die Grundlage für Green Premiums und nachhaltigkeitsorientierte Geschäftsmodelle bilden.

EMISSIONEN - ZUSAMMENFASSUNG

Gesamtbewertung

- Die Analyse bestätigt das erhebliche Dekarbonisierungspotenzial windgestützter Seetransporte.
- Frachtsegler erreichen im Vergleich zu konventionellen Stückgutschiffen sehr deutliche Emissionsvorteile, ohne vollständig auf technische Hilfsantriebe verzichten zu müssen.
- Die ökologische Vorteilhaftigkeit bleibt auch unter konservativen Betriebsannahmen bestehen.
- Die tatsächliche Umweltwirkung hängt jedoch maßgeblich von Windverhältnissen, Betriebsprofil, Auslastung und dem erforderlichen Anteil motorischer Unterstützung ab.
- Insgesamt stellen Frachtsegler eine der emissionsärmsten derzeit verfügbaren Optionen für den interkontinentalen Seetransport dar und können einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung maritimer Lieferketten leisten.





INHALT

MARKTANALYSE

Identifikation tragfähiger Marktsegmente und realistischer Einsatzfelder S. 03

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Ökonomische Tragfähigkeit von Frachtseglern im Wettbewerbsvergleich S. 30

EMISSIONEN

Emissionsminderungspotenziale im Vergleich zur konventionellen Seeschifffahrt S. 55

STAKEHOLDER

Marktwahrnehmung, Akzeptanz und Einschätzungen zentraler Akteure S. 71

STAKEHOLDER

Zielsetzung des Stakeholder-Mappings

Die erfolgreiche Etablierung von Frachtseglern als nachhaltige Transportalternative hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure entlang der maritimen Wertschöpfungskette ab. Anders als in etablierten Schifffahrtssegmenten befindet sich der Markt für Frachtsegler noch in einer frühen Entwicklungsphase. Daher sind neben den unmittelbar am Transportprozess beteiligten Unternehmen auch zahlreiche unterstützende Institutionen, Netzwerke und politische Akteure von Bedeutung. Ein systematisches Stakeholder-Mapping dient u. a. dazu

- relevante Akteure zu identifizieren,
- deren Rolle innerhalb der Wertschöpfungskette zu verstehen,
- Interessen und Einflussmöglichkeiten zu analysieren,
- potenzielle Kooperationspartner für den Markthochlauf von Frachtseglern zu erkennen.

Nachfolgend werden die wesentlichen Stakeholder entlang der maritimen Wertschöpfungskette von Frachtseglern identifiziert und hinsichtlich ihrer Funktionen, Interessen sowie ihres Beitrags zur Umsetzung entsprechender Transportkonzepte analysiert. Die Wertschöpfungskette umfasst dabei sämtliche Aktivitäten von der Bereitstellung und dem Betrieb des Schiffes über die Organisation und Durchführung des Transports bis hin zur Vermarktung und Nutzung der transportierten Güter durch den Endkunden. Neben den unmittelbar am Transportprozess beteiligten Akteuren spielen auch unterstützende Institutionen und Rahmengeber eine wichtige Rolle, da sie die wirtschaftlichen, technischen und regulatorischen Voraussetzungen für den Einsatz von Frachtseglern schaffen. Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die Wertschöpfungskette sowie die relevanten Stakeholder.



Darstellung relevanter Stakeholder

Im Zentrum der Wertschöpfungskette stehen zunächst die Schiffseigner, Investoren und Betreiber. Sie stellen das erforderliche Kapital für den Bau oder Erwerb der Schiffe bereit und tragen die wirtschaftliche Verantwortung für deren Betrieb. Die Reederei übernimmt das technische und nautische Management, organisiert Besatzung und Wartung, plant die Routen und vermarktet die verfügbaren Transportkapazitäten. Da Frachtsegler häufig innovative Schiffskonzepte darstellen und sich noch in einer frühen Marktphase befinden, kommt diesen Akteuren eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle und Betriebsstrukturen zu.

Auf der Nachfrageseite bilden Verlader und Frachteigner die zentrale Stakeholdergruppe. Hierzu zählen Produzenten, Händler, Importeure und Markenunternehmen, die Transportleistungen nachfragen und die zu transportierenden Waren bereitstellen. Ihre Bereitschaft, Frachtsegler in bestehende Lieferketten zu integrieren, ist eine grundlegende Voraussetzung für die wirtschaftliche Tragfähigkeit entsprechender Konzepte. Von besonderem Interesse sind dabei Unternehmen, deren Produkte einen hohen Nachhaltigkeitsbezug aufweisen oder bei denen längere Transportzeiten gegenüber den ökologischen Vorteilen eines emissionsarmen Transports in den Hintergrund treten.

Zwischen Verladern und Reedereien übernehmen Logistik- und Servicedienstleister eine wichtige Vermittlungs- und Integrationsfunktion. Speditionen, Freight Forwarder und weitere Logistikdienstleister organisieren Transporte, bündeln Sendungen unterschiedlicher Kunden und übernehmen Aufgaben wie Dokumentation, Zollabwicklung oder Sendungsverfolgung. Sie tragen wesentlich dazu bei, Frachtsegler in bestehende Transportnetzwerke einzubinden und die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern zu koordinieren. Eine weitere zentrale Rolle kommt den Hafen- und Terminalbetreibern zu. Sie stellen die notwendige Infrastruktur für Umschlag, Lagerung und Weitertransport bereit und gewährleisten die Integration der Frachtsegler in bestehende Hafenprozesse. Insbesondere kleinere und mittelgroße Häfen können dabei interessante Anknüpfungspunkte bieten, da sie häufig über größere Flexibilität bei der Aufnahme neuer Verkehrskonzepte verfügen. Gleichzeitig sind Hafenbehörden und Zollstellen für die Einhaltung regulatorischer Anforderungen und die Abwicklung grenzüberschreitender Warenströme verantwortlich.

Am Ende der Transportkette stehen Importeure, Handelsunternehmen und letztlich die Endkunden. Sie profitieren von den transportierten Gütern und können durch ihre Nachfrage nach nachhaltig produzierten und transportierten Produkten indirekt Einfluss auf die Entwicklung des Marktes für Frachtsegler nehmen. Insbesondere in Marktsegmenten, in denen Nachhaltigkeit als Kaufkriterium an Bedeutung gewinnt, kann die Nutzung von Frachtseglern einen zusätzlichen Wertschöpfungsbeitrag leisten und zur Differenzierung von Produkten beitragen.

Ergänzt wird die eigentliche Wertschöpfungskette durch verschiedene unterstützende Akteure und Institutionen. Hierzu zählen politische Entscheidungsträger und Regulierungsbehörden, die durch gesetzliche Rahmenbedingungen und Förderprogramme die Marktbedingungen beeinflussen. Forschungs- und Bildungseinrichtungen unterstützen die technologische Weiterentwicklung und Bewertung neuer Schiffskonzepte. Verbände und Netzwerke fördern den Wissenstransfer zwischen den beteiligten Akteuren und tragen zur Sichtbarkeit des Themas bei. Darüber hinaus übernehmen Klassifikationsgesellschaften, Zertifizierungsstellen und Versicherungen wichtige Funktionen bei der Gewährleistung von Sicherheit, Compliance und Risikomanagement. Schließlich spielen Banken, Förderinstitute und private Investoren eine entscheidende Rolle bei der Finanzierung von Neubauten und der Skalierung innovativer Geschäftsmodelle.

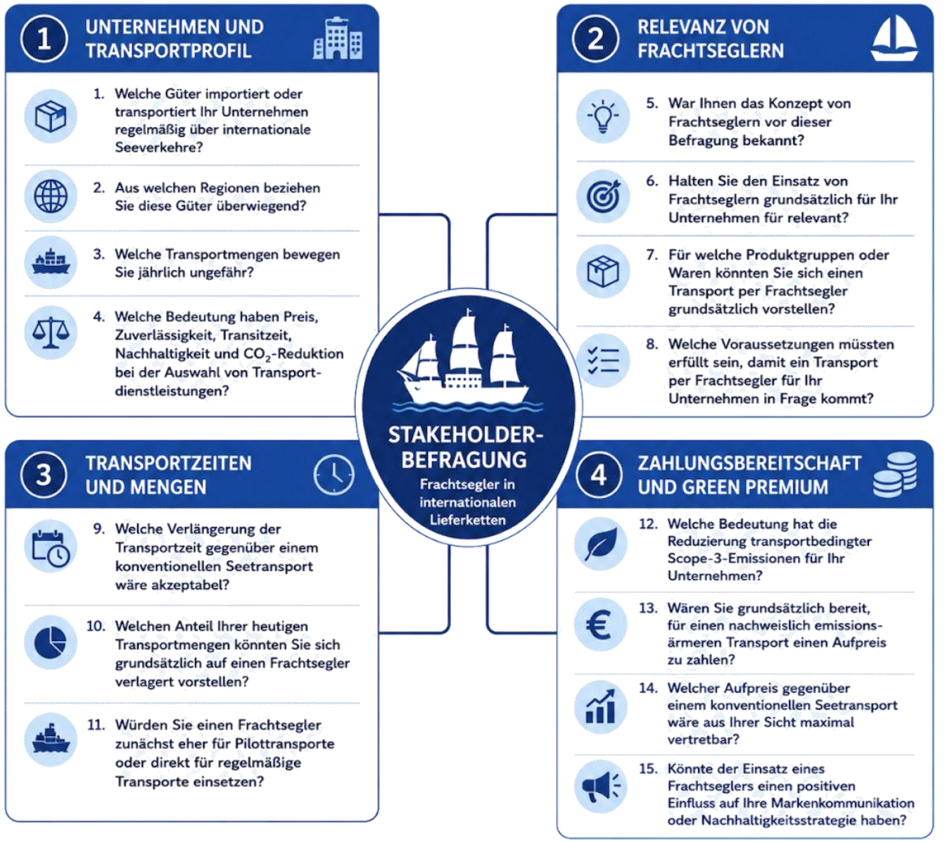
STAKEHOLDER

Darstellung relevanter Stakeholder

Im Rahmen einer weiterführenden Stakeholderanalyse wurden entlang der Wertschöpfungskette von Frachtseglern verschiedene Akteursgruppen identifiziert und systematisch untersucht. Ziel war es, sowohl potenzielle Nutzer von Frachtseglerdiensten als auch Betreiber, Intermediäre und institutionelle Rahmengeber in die Untersuchung einzubeziehen. Hierfür wurde eine Longlist potenzieller Ansprechpartner erstellt und fortlaufend erweitert. Je Stakeholdergruppe wurden mehrere Unternehmen bzw. Organisationen identifiziert und in die Untersuchung einbezogen.

Stakeholdergruppe	Berücksichtigte Akteure
Betreiber und Reedereien	Reederei F. Laeisz, Ahlmann Zerssen, Amadeus Schiffahrts- und Speditions GmbH, Reederei M. Lauterjung (Sunship Schiffahrtskontor KG)
Verlader und Frachteigner	Cooko (Kakao), Sport Thieme (Sportgeräte), Bay City Textilhandel (Bekleidung), Louis Dreyfus Company (Kaffee), Tchibo (Kaffee), Patagonia (Bekleidung)
Logistik- und Servicedienstleister	H.D. Cotterell (Kakao-/Gewürzlagerung und -logistik),
Investoren und Finanzierungsakteure	MPC Capital (Investment Manager)
Verbände und Multiplikatoren	Deutscher Kaffeeverband, Zentralverband Deutscher Schiffsmakler
Hochschulen / Bildungseinrichtungen	Hochschule Emden/Leer

Die entwickelte Fragenlandkarte war in erster Linie auf Unternehmen der verladenden Wirtschaft als potenzielle Nutzer von Frachtseglertransporten ausgerichtet. Aufgrund der unterschiedlichen Rollen der befragten Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette konnten jedoch nicht alle Fragen von sämtlichen Akteuren beantwortet werden. Gründe hierfür waren insbesondere fehlende Relevanz einzelner Themenbereiche für bestimmte Stakeholdergruppen sowie die Vertraulichkeit unternehmensinterner Daten. Daher wurde die Fragenlandkarte im Rahmen der Interviews situationsbezogen angepasst.



STAKEHOLDER

Im nachfolgenden Abschnitt werden die wesentlichen Erkenntnisse aus den durchgeführten Stakeholderinterviews zusammengefasst. Die Auswertung konzentriert sich auf übergreifende Erkenntnisse, die sich aus den Gesprächen mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener Stakeholdergruppen ergeben haben. Die Ergebnisse ermöglichen eine Einordnung gemeinsamer Sichtweisen sowie zentraler technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Anforderungen an den Einsatz von Frachtseglern.

Ergänzend zur übergeordneten Auswertung wurden für ausgewählte Verlader vertiefende Fallstudien erstellt. Diese Case Studies beleuchten unternehmensspezifische Rahmenbedingungen und zeigen exemplarisch auf, unter welchen Voraussetzungen Frachtsegler für einzelne Marktteilnehmer als Transportlösung in Betracht kommen.

Zur Ergänzung der Primärerhebung wurde zudem eine Sekundärrecherche durchgeführt. Hierbei wurden öffentlich verfügbare Aussagen, Pilotprojekte und Anwendungsbeispiele von Unternehmen ausgewertet, die bereits Frachtsegler nutzen, deren Einsatz erproben oder sich öffentlich zu nachhaltigen maritimen Transportlösungen positioniert haben. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind ebenfalls in die Analyse eingeflossen. Eine Übersicht der identifizierten Unternehmen und ihrer zentralen Aussagen findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Unternehmen	Branche	Kernaussage zum Einsatz von Frachtseglern
Café William	Kaffee	Nutzt Frachtsegler zur Reduktion transportbedingter Emissionen und verfolgt das Ziel einer möglichst emissionsfreien Kaffeelogistik.
Origin Coffee	Kaffee	Sieht Segeltransporte als Bestandteil einer verantwortungsvollen und nachhaltigen Beschaffungsstrategie.
Yallah Coffee	Kaffee	Nutzt Frachtsegler, um die Klimawirkung internationaler Transporte zu reduzieren und die Nachhaltigkeit der Lieferkette zu stärken.
Shipped by Sail	Kaffee	Vermarktet per Segelschiff transportierten Kaffee gezielt als nachhaltiges Produktmerkmal.
Belco	Kaffee	Setzt Frachtsegler für Spezialitätenkaffee ein, um die Emissionen des Transports deutlich zu reduzieren.
Expocacer	Kaffee	Nutzt Segeltransporte als Teil eines transparenten und emissionsarmen Exportkonzepts für hochwertigen Kaffee.
Café d'Oriant	Kaffee	Betrachtet Segeltransporte als wirksamen Beitrag zur Verringerung des CO_2-Fußabdrucks von Kaffee.
WAY Gent	Kaffee	Nutzt den Segeltransport als Differenzierungsmerkmal für nachhaltigen Spezialitätenkaffee.
Chocolarder	Schokolade	Verwendet per Segelschiff transportierten Kakao, um die Klimabilanz der Produkte zu verbessern.
Port O'Bristol / Xisto Wines	Wein	Nutzt Frachtsegler, um Wein mit geringeren Transportemissionen nach Europa zu importieren.
New Dawn Traders	Lebensmittel	Verfolgt das Ziel, internationale Handelsströme durch windbetriebene Transporte nachhaltiger zu gestalten.
Cémoi	Kakao	Unterstützt den Einsatz emissionsarmer Seetransporte für hochwertige Kakaoprodukte.
Ethic Drinks	Wein	Nutzt Segeltransporte als Bestandteil einer nachhaltigen Lieferkettenstrategie im Weinhandel.
Longueteau	Spirituosen	Sieht Frachtsegler als Möglichkeit, die Nachhaltigkeit hochwertiger Spirituosen entlang der Lieferkette zu verbessern.
Drappier	Champagne	Nutzt Segeltransporte, um Transportemissionen im Premiumsegment zu reduzieren.
Boisson Delame	Wein	Integriert Segeltransporte in die Logistik, um die Umweltwirkung des Weintransports zu verringern.
Molienda Real	Rohzucker	Erprobt Segeltransporte als emissionsarme Alternative für hochwertige Agrarrohstoffe.
Hennessy	Cognac	Nutzt segelunterstützte Schifffahrt zur Verringerung der transportbedingten CO_2-Emissionen im Exportgeschäft.
Manitou Group	Fahrzeuge	Setzt auf Segelschifffahrt, um die Klimawirkung transatlantischer Transporte zu reduzieren.
Michelin	Reifen	Nutzt segelunterstützte Frachtschiffe als Baustein zur Dekarbonisierung internationaler Lieferketten.

Strukturierte Auswertung der Interviewergebnisse

Die qualitativen Interviews zeigen ein insgesamt konsistentes Bild hinsichtlich der Marktpotenziale und Herausforderungen von Frachtseglern. Über nahezu alle Akteursgruppen hinweg besteht Einigkeit darüber, dass der Dekarbonisierung des Seeverkehrs künftig eine wachsende Bedeutung zukommen wird. Gleichzeitig wird jedoch deutlich, dass Frachtsegler aus heutiger Sicht nicht als Ersatz der konventionellen Seeschifffahrt, sondern vielmehr als ergänzende Lösung für ausgewählte Marktsegmente betrachtet werden. Die Einschätzungen der Interviewpartner lassen sich in die Themenfelder Marktpotenziale, wirtschaftliche Voraussetzungen, betriebliche Anforderungen sowie regulatorische Rahmenbedingungen gliedern.

Frachtsegler werden überwiegend als Nischenlösung betrachtet

Ein zentrales Ergebnis der Interviews ist die weitgehend übereinstimmende Einschätzung, dass Frachtsegler langfristig nur in bestimmten Marktsegmenten wirtschaftlich eingesetzt werden können. Als wesentliche Gründe werden die vergleichsweise geringe Transportkapazität, längere Transportzeiten, eine geringere Fahrplanstabilität sowie höhere Transportkosten gegenüber der konventionellen Seeschifffahrt genannt. Für den Massenmarkt – insbesondere im Containerverkehr sowie im klassischen Bulkgeschäft – werden daher nur geringe Einsatzmöglichkeiten gesehen.

Größere Potenziale werden dagegen für hochwertige Produkte mit hoher Wertschöpfung und geringer Zeitkritikalität gesehen. Häufig genannt werden Kaffee, Kakao, Tee, Wein, Spirituosen, Gewürze, hochwertige Textilien oder Manufakturwaren. In diesen Segmenten kann der Transport selbst Teil des Produktversprechens werden und einen zusätzlichen Mehrwert für Kunden schaffen. Der emissionsarme Transport wird dabei nicht nur als logistische Dienstleistung verstanden, sondern als Bestandteil der Marken- und Nachhaltigkeitskommunikation.

Mehrere Interviewpartner betonen, dass insbesondere Unternehmen mit hoher Endkundennähe eher bereit sein könnten, entsprechende Transportkonzepte zu nutzen. Voraussetzung ist jedoch, dass Endkunden den nachhaltigen Transport wahrnehmen und bereit sind, den daraus entstehenden Mehrwert über höhere Produktpreise mitzutragen.

Zahlungsbereitschaft als entscheidender Erfolgsfaktor

Als zentrale Voraussetzung für einen erfolgreichen Markteintritt wird die Zahlungsbereitschaft der Verlader beziehungsweise Endkunden angesehen. Nahezu alle Gesprächspartner weisen darauf hin, dass Frachtsegler aufgrund ihrer geringeren Skaleneffekte auch langfristig höhere Transportkosten verursachen werden als konventionelle Schiffe. Wirtschaftlich tragfähig werden entsprechende Konzepte daher nur dann, wenn Kunden bereit sind, diesen Mehrpreis für eine nachweislich emissionsärmere Transportlösung zu akzeptieren.

Gleichzeitig besteht Unsicherheit darüber, wie hoch diese tatsächliche Zahlungsbereitschaft am Markt ausfällt. Zwar äußern viele Unternehmen grundsätzlich Interesse an nachhaltigen Transportlösungen, konkrete Aussagen darüber, welche Mehrkosten akzeptiert würden, bleiben jedoch häufig aus. Dies erschwert die Entwicklung belastbarer Geschäftsmodelle und erhöht das Investitionsrisiko für potenzielle Anbieter. Einzelne Unternehmen verfolgen bereits interne Ansätze, Nachhaltigkeitskosten stärker in wirtschaftliche Entscheidungen einzubeziehen, beispielsweise durch ein internes Carbon Pricing. Dadurch könnten emissionsärmere Transportoptionen künftig wirtschaftlich attraktiver werden. Für Frachtsegler wird kurzfristig jedoch nur ein begrenzter Effekt erwartet.

Wirtschaftlichkeit erfordert stabile Transportströme

Mehrfach wurde darauf hingewiesen, dass Investitionen in Frachtsegler oder spezialisierte Schiffskonzepte nur bei langfristig gesicherten Transportvolumina wirtschaftlich vertretbar sind. Insbesondere im Trampschifffahrtsmarkt seien stabile Handelsströme und mehrjährige Transportverträge erforderlich, um die hohen Investitionskosten amortisieren zu können. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass viele Verlader heute integrierte Logistikverträge für die gesamte Transportkette abschließen. Der Einsatz einzelner Frachtsegler lässt sich in solche bestehenden Lieferketten häufig nur schwer integrieren, sofern keine dauerhaft verfügbaren Transportkapazitäten aufgebaut werden.

Anforderungen an Zuverlässigkeit und Logistik

Neben wirtschaftlichen Aspekten wurden betriebliche Anforderungen als wesentliche Herausforderung identifiziert. Für viele industrielle Lieferketten besitzen planbare Ankunftszeiten, hohe Zuverlässigkeit sowie stabile Fahrpläne eine entscheidende Bedeutung. Wetterabhängige Transportzeiten werden daher vielfach als Hemmnis angesehen, auch wenn moderne Wetterrouting-Systeme und hybride Antriebskonzepte einen Teil dieser Unsicherheiten reduzieren können.

Zusätzlich wurden Herausforderungen bei Hafen- und Umschlagprozessen angesprochen. Insbesondere im Containerverkehr könnten Segelanlagen den Umschlag erschweren oder mit bestehenden Hafenanlagen kollidieren. Dagegen werden Vorteile eher im Bulk- und Stückgutbereich gesehen, in dem flexiblere Umschlagprozesse möglich sind und geringere Anforderungen an standardisierte Terminalabläufe bestehen. Auch an die eingesetzten Segelsysteme selbst werden hohe Anforderungen gestellt. Sie müssen den Hafenbetrieb nicht beeinträchtigen, dauerhaft zuverlässig funktionieren, möglichst keinen zusätzlichen Schulungsaufwand für die Besatzung verursachen und eine Lebensdauer erreichen, die der Nutzungsdauer eines Schiffes entspricht.

Windassistenz wird deutlich positiver bewertet als reine Frachtsegler

Während reine Frachtsegler überwiegend als Nischenlösung betrachtet werden, fällt die Bewertung von Windassistenzsystemen deutlich positiver aus. Mehrere Gesprächspartner sehen in Windassistenzkonzepten ein wesentlich größeres Marktpotenzial, da diese bestehende Schiffskonzepte ergänzen und ohne grundlegende Veränderungen der Logistik eingesetzt werden können.

Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass die Skaleneffekte moderner Frachtschiffe erhalten bleiben und gleichzeitig Kraftstoffverbrauch sowie CO_2-Emissionen reduziert werden können. Dennoch wurde darauf hingewiesen, dass einzelne Unternehmen entsprechende Technologien bereits untersucht, aufgrund unzureichender Wirtschaftlichkeit oder technischer Einschränkungen bislang jedoch nicht weiterverfolgt haben.

Regulatorische Rahmenbedingungen bestimmen die Marktentwicklung

Ein weiterer zentraler Befund betrifft die Bedeutung regulatorischer Rahmenbedingungen. Übereinstimmend wird davon ausgegangen, dass sich Frachtsegler nur dann in größerem Umfang am Markt etablieren können, wenn CO_2-arme Transportlösungen regulatorisch deutlich stärker begünstigt werden. Steigende CO_2-Preise, strengere Emissionsvorgaben oder gezielte Förderinstrumente könnten die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Schiffen erheblich verbessern.

Mehrere Gesprächspartner weisen jedoch darauf hin, dass regulatorische Unsicherheiten Investitionsentscheidungen derzeit erschweren. Gleichzeitig könnten externe Ereignisse – etwa geopolitische Krisen, steigende Energiepreise oder Störungen globaler Handelsrouten – die Wirtschaftlichkeit alternativer Antriebskonzepte kurzfristig deutlich verändern und deren Attraktivität erhöhen.

Hohe Offenheit für Pilotprojekte – entscheidend ist die Skalierung

Mehrere Unternehmen berichten von einer grundsätzlich hohen Offenheit gegenüber Pilotprojekten im Bereich emissionsarmer Seetransporte. Solche Demonstrationsvorhaben werden als wichtige Möglichkeit angesehen, praktische Erfahrungen zu sammeln und technologische Entwicklungen zu begleiten. Gleichzeitig wird betont, dass Pilotprojekte allein nicht ausreichen. Entscheidend sei die Überführung erfolgreicher Konzepte in einen dauerhaft wirtschaftlichen Regelbetrieb mit ausreichenden Transportmengen und verlässlichen Geschäftsmodellen.

Gesamtbewertung

Insgesamt zeichnen die Interviews ein differenziertes, aber konsistentes Bild. Das Interesse an emissionsarmen Transportlösungen ist über alle Akteursgruppen hinweg hoch und wird durch steigende Nachhaltigkeitsanforderungen sowie regulatorische Entwicklungen zusätzlich verstärkt. Gleichzeitig bestehen erhebliche Zweifel daran, dass reine Frachtsegler kurzfristig eine relevante Alternative für die konventionelle Seeschifffahrt darstellen können. Als größte Hemmnisse werden die Wirtschaftlichkeit, begrenzte Skalierbarkeit, höhere Transportkosten sowie Anforderungen an Zuverlässigkeit und Integration in bestehende Lieferketten genannt.

Größere Marktchancen werden vor allem im Premiumsegment hochwertiger Konsumgüter sowie in Lieferketten gesehen, in denen Nachhaltigkeit einen erkennbaren Mehrwert für Kunden schafft und der Transport Teil der Produktgeschichte werden kann. Für den breiten Seeverkehr wird dagegen hybriden Konzepten mit Windassistenz derzeit ein deutlich höheres Marktpotenzial zugeschrieben als klassischen Frachtseglern. Langfristig wird die Entwicklung des Marktes maßgeblich davon abhängen, ob regulatorische Anreize geschaffen werden, die Zahlungsbereitschaft der Kunden steigt und es gelingt, aus Pilotprojekten wirtschaftlich tragfähige Transportkonzepte zu entwickeln. Die Abbildung rechts fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen.



Case Study: Sport-Thieme

Sport-Thieme ist ein inhabergeführter deutscher Spezialversandhändler für Sport-, Therapie- und Bewegungsprodukte mit Sitz in Grasleben. Das Unternehmen vertreibt ein breites Sortiment mit globaler Beschaffung und beliefert Kunden international. Die Lieferkette ist stark importorientiert, mit wesentlichen Bezugsquellen in Asien, insbesondere in Indien, Pakistan, China und Taiwan.

Nachhaltigkeit ist strategisch verankert und wird aus einer klar intrinsischen Motivation heraus verfolgt. Ziel ist es, den ökologischen Fußabdruck systematisch zu reduzieren und langfristig klimaneutral zu wirtschaften. Dabei verfolgt Sport-Thieme einen ganzheitlichen Ansatz entlang der gesamten Wertschöpfungskette und analysiert kontinuierlich, in welchen Bereichen die größten Hebel zur Emissionsreduktion liegen.

Der maritime Transport spielt operativ eine relevante Rolle, da jährlich rund 200 TEU importiert werden. Dennoch zeigt die unternehmenseigene CO_2-Bilanz, dass der größte Hebel für Klimaschutz nicht im Bereich Transport liegt, sondern insbesondere in der Produktgestaltung und den eingesetzten Materialien (z. B. Aluminium, Recyclinganteile). Entsprechend liegt der strategische Fokus stärker auf produktbezogenen Maßnahmen als auf Logistikoptimierung.

Gleichzeitig engagiert sich Sport-Thieme aktiv in der Dekarbonisierung des Seetransports. Das Unternehmen ist Teil der „Zero Emission Maritime Buyers Alliance“ (ZEMBA), einer Initiative zur Bündelung von Nachfrage nach emissionsarmen Transportlösungen. Im Rahmen eines gemeinsamen Tenderverfahrens mit weiteren Unternehmen wurde Hapag-Lloyd als Anbieter ausgewählt. Die vereinbarte Lösung basiert auf dem Einsatz von Schiffen, die mit Biomethan betrieben werden und dadurch signifikant geringere Emissionen verursachen. Für Sport-Thieme ist diese Transportoption jedoch mit deutlich höheren Kosten verbunden als konventionelle Seefracht.

Die Nutzung solcher Initiativen ist zudem kommunikativ eingeschränkt. Hintergrund ist die EU-Richtlinie „Empowering Consumers for the Green Transition“ (EmpCo), die strenge Anforderungen an Nachhaltigkeits- und Umweltwerbung stellt. Sport-Thieme nutzt entsprechende Engagements dennoch vorsichtig in der Unternehmenskommunikation, vermeidet jedoch überzogene Marketingaussagen.

Die Rolle von Frachtseglern wird vor diesem Hintergrund differenziert bewertet. Grundsätzlich könnten sie einen Beitrag zur vollständigen Emissionsreduktion im Seetransport leisten, insbesondere für nicht zeitkritische Warenströme. Allerdings ist das Transportvolumen relativ begrenzt, und nur wenige Produkte im Sortiment weisen eine hohe Zahlungsbereitschaft oder besondere ökologische Sensibilität auf, die den Einsatz teurer, Transportlösungen rechtfertigen würden.

Ein Beispiel sind Sportbälle, die teilweise Fairtrade-zertifiziert sind und bei denen Nachhaltigkeit eine größere Rolle spielt. Allerdings liegt der Fokus hier vor allem auf den Produktionsbedingungen (z. B. Herstellung in Pakistan) und weniger auf dem Transport. Auch diese Produktgruppe wird derzeit nicht als geeignet für den Einsatz von Frachtseglern eingeschätzt.

Der Fall Sport-Thieme zeigt, dass selbst bei hoher Nachhaltigkeitsorientierung der Einsatz emissionsfreier Transportlösungen wie Frachtsegler stark von wirtschaftlichen, produktspezifischen und regulatorischen Rahmenbedingungen abhängt. Während das Unternehmen durch Initiativen wie ZEMBA aktiv zur Transformation des Seetransports beiträgt, liegen die größten He-bel zur Emissionsreduktion aktuell in der Materialwahl und Produktgestal-tung statt im maritimen Transport.

Informationen basieren auf einem Interview mit Wolfram Nimmerrichter, CSR-Manager bei Sport-Thieme, geführt am 24.03.2026.

Case Study: Tchibo

Tchibo zählt zu den größten Kaffeeunternehmen Europas und verbindet das traditionelle Kaffeegeschäft mit einem breit aufgestellten Non-Food-Sortiment. Das Unternehmen importiert jährlich rund 7.000 bis 8.000 TEU Rohkaffee, der überwiegend über internationale Seeverkehre nach Europa transportiert wird. Als großer Verlader ist Tchibo auf leistungsfähige und gleichzeitig wirtschaftliche Logistiklösungen angewiesen. Gleichzeitig verfolgt das Unternehmen ambitionierte Nachhaltigkeitsziele und betrachtet insbesondere die Dekarbonisierung seiner Transportketten als einen wesentlichen Hebel zur Reduktion der Scope-3-Emissionen.

Vor diesem Hintergrund engagiert sich Tchibo bereits seit der Gründung der Zero Emission Maritime Buyers Alliance (ZEMBA) im Jahr 2023 als Gründungsmitglied. Ziel der Allianz ist es, die Nachfrage großer Verlader nach emissionsarmen Seetransporten zu bündeln und dadurch Investitionen der Reedereien in alternative Kraftstoffe und neue Antriebstechnologien anzureizen. Im Rahmen der ersten ZEMBA-Ausschreibung wurde Hapag-Lloyd als Transportpartner ausgewählt. Tchibo und seine Partner beziehen hier über ein Book-and-Claim-System zertifizierte Emissionsminderungen aus biomethanbasierten Seetransporten, ohne ihre bestehenden Logistikprozesse grundlegend verändern zu müssen.

Das Engagement von Tchibo geht jedoch weit über die Teilnahme an ZEMBA hinaus. Das Unternehmen beschäftigt sich intensiv mit der Frage, wie Logistik nicht nur heute, sondern auch in zehn oder zwanzig Jahren wirtschaftlich betrieben werden kann. Aus Sicht des Unternehmens werden steigende Energiepreise, zunehmende CO_2-Bepreisung und verschärfte regulatorische Anforderungen die Wirtschaftlichkeit internationaler Lieferketten künftig erheblich beeinflussen. Deshalb verfolgt Tchibo die Strategie, neue Technologien und Transportkonzepte frühzeitig kennenzulernen und praktische Erfahrungen mit ihnen zu sammeln, anstatt erst auf regulatorischen Druck zu reagieren.

Ziel ist es, aktiv Impulse im Markt zu setzen und die Entwicklung nachhaltiger Transportlösungen mitzugestalten.

Dabei beschränkt sich das Unternehmen nicht auf den Seeverkehr. Auch im Landverkehr werden alternative Antriebe und emissionsarme Logistiklösungen erprobt. Gleichzeitig arbeitet Tchibo gezielt mit Start-ups und Technologieunternehmen zusammen, um innovative Ansätze frühzeitig zu bewerten. Ein Beispiel hierfür ist die Kooperation mit CargoKite, dessen Zugdrachen-Technologie den Treibstoffverbrauch konventioneller Frachtschiffe durch Windunterstützung reduzieren soll. Solche Technologien werden als pragmatische Möglichkeit angesehen, bestehende Schiffe kurzfristig effizienter und klimafreundlicher zu betreiben, ohne vollständig neue Schiffskonzepte entwickeln zu müssen.

Grundsätzlich zeigt sich Tchibo auch offen gegenüber Projekten im Bereich Frachtsegler. Das Unternehmen bewertet entsprechende Initiativen positiv, da sie zur Diversifizierung nachhaltiger Transportoptionen beitragen können. Gleichzeitig wird jedoch betont, dass viele Projekte derzeit den Charakter einzelner Demonstrations- oder Pilotvorhaben besitzen. Aus Sicht von Tchibo besteht die eigentliche Herausforderung darin, aus erfolgreichen Pilotprojekten verlässliche, regelmäßig verfügbare und wirtschaftlich tragfähige Transportangebote zu entwickeln. Als wesentliche Herausforderungen für Frachtsegler werden vor allem die vergleichsweise geringe Geschwindigkeit und die längeren Transportlaufzeiten genannt. Für zeitkritische Lieferketten oder standardisierte Containerverkehre stellen diese Faktoren gegenwärtig noch erhebliche Einschränkungen dar. Darüber hinaus wurde im Interview die Einschätzung geäußert, dass von Seiten vieler etablierter Reedereien bislang noch zu wenig Initiative ausgehe, alternative Schiffskonzepte aktiv voranzutreiben. Aus Sicht von Tchibo wären stärkere Investitionen und mehr Innovationsbereitschaft der Schifffahrtsbranche erforderlich, um nachhaltige Transportlösungen schneller in den Markt zu bringen.

Innerhalb des Unternehmens wird derzeit außerdem ein internes Carbon Foot Pricing entwickelt. Ziel dieses Ansatzes ist es, Transportkosten künftig nicht ausschließlich anhand monetärer Kriterien zu bewerten, sondern zusätzlich die verursachten CO_2-Emissionen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzubeziehen. Emissionsärmere Transportoptionen erhalten dadurch einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber konventionellen Lösungen. Nach Einschätzung des Unternehmens eröffnet dieses Instrument insbesondere für alternative Landverkehrslösungen z. B. Elektro-Lkw bereits heute zusätzliche Einsatzmöglichkeiten. Für Frachtsegler dürfte dieser Effekt aufgrund der derzeit noch begrenzten Verfügbarkeit, längeren Laufzeiten und höheren Kosten zunächst geringer ausfallen. Dennoch sieht Tchibo perspektivisch Einsatzmöglichkeiten in spezialisierten Nischen, etwa für hochwertige Produkte, Marketingtransporte oder ausgewählte nachhaltigkeitsorientierte Lieferketten, sofern ein verlässlicher Linienbetrieb aufgebaut werden kann.

Insgesamt zeigt sich, dass Tchibo nachhaltige Seetransporte nicht als kurzfristiges Marketingthema, sondern als strategische Zukunftsaufgabe versteht. Das Unternehmen verfolgt bewusst einen technologieoffenen Ansatz und unterstützt unterschiedliche Lösungen von alternativen Kraftstoffen über Windassistenzsysteme bis hin zu neuen Schiffskonzepten. Voraussetzung für eine breite Marktdurchdringung bleibt aus Sicht des Unternehmens jedoch, dass innovative Ansätze den Übergang vom Pilotprojekt zu wirtschaftlich tragfähigen und dauerhaft verfügbaren Logistiklösungen schaffen.

Informationen basieren auf einem Interview mit Peter Maltzahn (Senior Prozessmanager iLogistik / Supply Chain Management bei Tchibo), geführt am 26.06.2026.

.

Case Study: Cooko.co

Cooko.co ist ein junges, werteorientiertes Unternehmen im Premium-Kakaosegment mit einem klaren Fokus auf Transparenz, Nachhaltigkeit und Qualität. Das Unternehmen arbeitet eng mit Produzenten im Ursprungsland, insbesondere in Kamerun, zusammen und verfolgt einen integrierten An-satz entlang der gesamten Lieferkette. Hierzu gehören die Verarbeitung von frischem Kakao direkt vor Ort zu lager- und transportfähigem Trockenkakao, der Aufbau umfassender Rückverfolgbarkeitssysteme sowie die Sicherstellung hoher ökologischer und sozialer Standards. Cooko positioniert sich damit gezielt im wachsenden Markt hochwertiger und nachhaltig produzierter Rohstoffe für kleine und mittelständische Premium-Chocolatiers in Europa und perspektivisch auch in Nordamerika. Die Zielgruppe besteht überwiegend aus qualitätsorientierten Manufakturen, die neben exzellenten Produkteigenschaften auch Wert auf Herkunft, Transparenz und glaubwürdige Nachhaltigkeitskonzepte legen.

Vor diesem Hintergrund spielt die Gestaltung nachhaltiger Lieferketten für Cooko eine zentrale Rolle. Der Transport wird dabei nicht ausschließlich als logistischer Prozess betrachtet, sondern als integraler Bestandteil der Unternehmens- und Markenidentität. Aspekte wie CO_2-Reduktion, transparente Lieferketten und nachvollziehbare Nachhaltigkeitsleistungen gewinnen insbesondere im Premiumsegment zunehmend an Bedeutung. Entsprechend wird auch der Einsatz alternativer Transportkonzepte wie Frachtsegler aufmerksam verfolgt. Aus Sicht des Unternehmens können emissionsarme Transportlösungen einen zusätzlichen Mehrwert schaffen und als glaubwürdiges Differenzierungsmerkmal gegenüber Kunden kommuniziert werden. Grundsätzlich besteht bei Cooko Interesse am Einsatz von Frachtseglern. Potenzielle Anwendungsfelder werden insbesondere im Premiumsegment gesehen, bei Kunden mit einer ausgeprägten Nachhaltigkeitsagenda und einer höheren Zahlungsbereitschaft für CO_2-reduzierte Transportlösungen. Dies betrifft vor allem europäische Absatzmärkte,

perspektivisch aber auch Nordamerika. Darüber hinaus wird der Einsatz von Frachtseglern nicht ausschließlich für Kakao, sondern auch für andere hochwertige Genussmittel wie Rum oder vergleichbare Premiumprodukte als denkbare Option betrachtet. Gleichzeitig werden jedoch erhebliche praktische und wirtschaftliche Herausforderungen gesehen. Kakao ist ein sensibles Naturprodukt, dessen Qualität wesentlich von den Transportbedingungen beeinflusst wird. Temperatur, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit sowie die Gesamtdauer des Transports stellen kritische Einflussgrößen dar. Insbesondere längere Transitzeiten, wie sie bei Frachtsegelkonzepten häufig auftreten, können das Risiko von Qualitätsverlusten erhöhen. Aus Sicht von Cooko stellt die Gewährleistung gleichbleibender Produktqualität daher eine zentrale Voraussetzung für den Einsatz alternativer Transportlösungen dar.

Hinzu kommen logistische Herausforderungen. Der internationale Kakaohandel ist weitgehend standardisiert und basiert überwiegend auf containerisierten Transporten. Die Ware wird typischerweise in Säcken gehandelt, während Beschaffung und Bündelung der Mengen häufig über spezialisierte Händler erfolgen. Für kleinere Sendungsmengen gestaltet sich eine wirtschaftliche Konsolidierung oftmals schwierig. Gleichzeitig verfügen viele bestehende Frachtsegelkonzepte bislang nur eingeschränkt über die Möglichkeit, standardisierte Containertransporte abzuwickeln. Daraus ergeben sich zusätzliche Anforderungen hinsichtlich Umschlag, Ladungssicherung und Qualitätserhalt. Aus Unternehmenssicht müssten zukünftige Frachtsegler daher größere Transportkapazitäten bereitstellen, containerfähig sein und stabile Transportbedingungen gewährleisten, um eine ernsthafte Alternative zu konventionellen Transportlösungen darzustellen.

Ein weiteres wesentliches Hemmnis betrifft die Wirtschaftlichkeit und das damit verbundene Risiko. Der Warenwert eines einzelnen Containers kann bei hochwertigen Kakaoprodukten bis zu 100.000 Euro betragen. Da Zahlungen häufig erst nach erfolgreicher Ankunft der Ware erfolgen, führen längere Transportzeiten unmittelbar zu einer höheren Kapitalbindung. Die derzeit hohen Kakaopreise verstärken diesen Effekt zusätzlich. Vor diesem Hintergrund müssen potenzielle Mehrkosten eines Frachtsegeltransports klar durch ökologische Vorteile, Marketingeffekte oder eine entsprechende Zahlungsbereitschaft der Kunden kompensiert werden.

Der Fall Cooko.co verdeutlicht damit exemplarisch die Chancen und Grenzen von Frachtseglern im Premiumsegment der Agrar- und Genussmittelbranche. Einerseits bieten Frachtsegler ein erhebliches Potenzial für glaubwürdiges Nachhaltigkeitsmarketing, Storytelling und die Reduktion transportbedingter Emissionen. Andererseits stehen einer breiteren Anwendung derzeit noch technische, logistische und wirtschaftliche Herausforderungen entgegen. Insbesondere lange Transportzeiten, begrenzte Skalierbarkeit, Qualitätsrisiken sowie fehlende Containerfähigkeit vieler Konzepte schränken die praktische Einsetzbarkeit aktuell ein.

Insgesamt zeigt die Fallstudie, dass grundsätzlich ein Marktinteresse an Frachtseglern vorhanden ist, insbesondere bei hochwertigen Produkten mit ausgeprägtem Nachhaltigkeitsbezug. Ein breiterer Einsatz erscheint jedoch erst dann realistisch, wenn moderne Frachtsegler containerfähige Transportlösungen anbieten, wettbewerbsfähige Transitzeiten erreichen und gleichzeitig verlässliche Qualitätsstandards gewährleisten können. Unter diesen Voraussetzungen könnte sich langfristig ein attraktiver Nischenmarkt entwickeln, in dem nachhaltiger Transport selbst zu einem Bestandteil des Produktwertes und der Markenkommunikation wird.

Informationen basieren auf einem Interview mit Silke Elwer (Cooko.co), geführt am 25.03.2026.

Case Study: Reederei Laeisz

Die Reederei F. Laeisz ist eine international tätige Hamburger Reederei mit Schwerpunkten in den Bereichen Bulk Carrier, Gastanker und Spezialschifffahrt. Das Unternehmen verfolgt eine Nachhaltigkeitsstrategie mit dem Ziel, die Emissionen der Flotte durch Effizienzmaßnahmen, Flottenmodernisierung sowie den Einsatz alternativer Kraftstoffe zu reduzieren.

Im Gespräch wurde deutlich, dass Nachhaltigkeit für die Reederei und ihre Kunden zunehmend an Bedeutung gewinnt. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, dass das neue IMO Net-Zero Framework die Marktentwicklung zuletzt gebremst habe, da die regulatorischen Rahmenbedingungen und daraus resultierenden Investitionsentscheidungen zunächst abgewartet würden. Der strategische Fokus der Reederei liegt derzeit weniger auf Frachtseglern als vielmehr auf alternativen Antriebskonzepten und Kraftstoffen, insbesondere Ammoniak.

Für Windantriebssysteme besteht grundsätzlich eine hohe Offenheit. Als realistische Lösung werden insbesondere Windassistenzsysteme wie Flettner-Rotoren oder starre Segel angesehen, die je nach Einsatzgebiet Kraftstoffeinsparungen von etwa 15 bis 20 % ermöglichen könnten. Besonders geeignet erscheinen Transatlantikverkehre mit günstigen Windverhältnissen, beispielsweise für den Transport von Ammoniak. Dabei müssen die eingesetzten Systeme höchsten Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Eignung für den Transport gefährlicher Güter genügen. Reine Frachtsegler werden hingegen eher kritisch bewertet und als Nischenlösung eingeschätzt. Ein wirtschaftlicher Einsatz wird vor allem für Güter mit hoher Wertschöpfung beziehungsweise hoher Zahlungsbereitschaft der Kunden gesehen, etwa für nachhaltig erzeugten Kaffee oder Kakao sowie perspektivisch für grüne Energieträger. Als potenziell aufgeschlossene Kundengruppen wurden Unternehmen mit hoher Endkundennähe, beispielsweise aus dem Getreidehandel oder der Automobilindustrie, genannt. Dagegen wird bei klassischen B2B-Massengütern wie Kohle nur eine geringe Nachfrage nach entsprechenden Transportlösungen erwartet.

Als entscheidender Erfolgsfaktor wurde die Zahlungsbereitschaft der Kunden hervorgehoben. Zusätzliche Investitionen in Windtechnologien müssten sich über höhere Frachtraten refinanzieren lassen. Gleichzeitig stellen die Skaleneffekte der konventionellen Schifffahrt einen wesentlichen Wettbewerbsnachteil für Frachtsegler dar, da diese aufgrund ihrer geringeren Transportkapazitäten wirtschaftlich nur schwer mit großen Massengutschiffen konkurrieren können. Hinsichtlich der technischen Anforderungen an Windassistenzsysteme wurde betont, dass diese den regulären Schiffsbetrieb weder auf See noch im Hafen beeinträchtigen dürfen. Insbesondere dürfen Hafenkräne und Umschlagprozesse nicht eingeschränkt werden. Darüber hinaus sollten die Systeme nur einen geringen zusätzlichen Qualifikationsbedarf für die Besatzung verursachen und eine Lebensdauer erreichen, die der eines Schiffes von rund 25 Jahren entspricht.

Abschließend wurde darauf hingewiesen, dass F. Laeisz häufig als Tonnageprovider beziehungsweise Vercharterer agiert und die Treibstoffkosten in vielen Fällen vom Charterer getragen werden. Dadurch bestehen für die Reederei nur begrenzte direkte wirtschaftliche Anreize für Investitionen in kraftstoffsparende Technologien. Aktuell stehen daher vor allem schrittweise Effizienzmaßnahmen wie Retrofits bestehender Schiffe oder optimierte Rumpfbeschichtungen zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs im Vordergrund.

Informationen basieren auf einem Interview mit Hannes Thiede (Managing Director. Reederei F. Laeisz), geführt am 08.07.2026.

SWOT-Analyse

Die vorangegangenen Analysen zeigen, dass Frachtsegler weder als Ersatz der konventionellen Seeschifffahrt noch als universelle Dekarbonisierungslösung zu bewerten sind. Vielmehr handelt es sich um ein spezialisiertes Transportkonzept mit klar abgegrenzten Einsatzfeldern. Die SWOT-Analyse fasst die Ergebnisse der Marktanalyse, der Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbewertung sowie der Stakeholderbefragung zusammen.

Die SWOT-Analyse auf der Folgeseite verdeutlicht, dass die größten Wettbewerbsvorteile von Frachtseglern weniger in klassischen Kosten- oder Produktivitätskriterien liegen, sondern vor allem in ihrer ökologischen Leistungsfähigkeit und ihrem kommunikativen Mehrwert. Gleichzeitig zeigen die Analysen, dass die Wirtschaftlichkeit gegenwärtig nur unter spezifischen Marktbedingungen erreicht werden kann. Das größte Marktpotenzial besteht daher in ausgewählten Nischenmärkten, in denen Nachhaltigkeit einen messbaren Mehrwert schafft und längere Transportzeiten akzeptiert werden. Langfristig wird die Marktentwicklung maßgeblich durch regulatorische Rahmenbedingungen, die Zahlungsbereitschaft der Verlader sowie die erfolgreiche Skalierung heutiger Pilotprojekte bestimmt. Diese Einschätzung deckt sich mit den Ergebnissen der qualitativen Stakeholderinterviews, in denen Frachtsegler überwiegend als spezialisierte Ergänzung der bestehenden Seeschifffahrt bewertet wurden.

Ableitung adressatenspezifischer Handlungsempfehlungen

Aus den Ergebnissen der SWOT-Analyse lassen sich adressatenspezifische Handlungsempfehlungen ableiten.

Reedereien und Betreiber

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Frachtsegler unter den heutigen Marktbedingungen kurzfristig keine wettbewerbsfähige Alternative für den volumenorientierten Massenmarkt darstellen. Betreiber sollten ihre Geschäftsmodelle daher konsequent auf Marktsegmente ausrichten, in denen Nachhaltigkeit einen zusätzlichen wirtschaftlichen Mehrwert schafft und Kunden bereit sind, längere Transportzeiten sowie höhere Frachtraten zu akzeptieren. Besonders geeignet erscheinen hochwertige Agrarprodukte, Premiumkonsumgüter sowie ausgewählte Stückgut- und Projektladungen, bei denen der klimafreundliche Transport Teil der Marken- und Nachhaltigkeitsstrategie werden kann.

Um die Wirtschaftlichkeit entsprechender Konzepte zu verbessern, empfiehlt sich der Aufbau stabiler Linienverkehre auf wenigen, windgünstigen Relationen mit wiederkehrenden Transportströmen. Langfristige Kooperationen mit Verladern und Frachteignern können dabei die notwendige Planungssicherheit schaffen und Investitionsrisiken reduzieren. Gleichzeitig sollten bestehende Pilotprojekte frühzeitig in dauerhaft wirtschaftlich tragfähige Transportangebote überführt werden, um Skaleneffekte zu erzielen und das Vertrauen potenzieller Kunden zu stärken. Darüber hinaus sollten Betreiber moderne digitale Wetterrouting- und Flottenmanagementsysteme konsequent einsetzen, um die Wetterabhängigkeit zu reduzieren, die Fahrplanstabilität zu verbessern und die Auslastung der Schiffe zu optimieren. Ebenso wichtig ist eine transparente Erfassung und Kommunikation der erzielten Emissionsminderungen. Nachweisbare CO_2-Einsparungen und eine nachvollziehbare Nachhaltigkeitsberichterstattung können einen wesentlichen Beitrag zur Vermarktung der Transportleistungen leisten und insbesondere Unternehmen mit ambitionierten Scope-3-Reduktionszielen als Kunden gewinnen.

STAKEHOLDER

STÄRKEN

- Sehr geringe CO_2-Emissionen und hoher Anteil erneuerbarer Energie (Wind)
- Geringe Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und Kraftstoffpreisen
- Attraktiver Nachhaltigkeits- und Marketingeffekt, insbesondere für Premiumprodukte
- Unterstützt die Reduktion von Scope-3-Emissionen und ESG-Strategien von Unternehmen
- Hohe Eignung für hochwertige Agrarprodukte, Premiumgüter und ausgewählte Stückgutverkehre
- Technische Machbarkeit moderner Frachtsegler inzwischen nachgewiesen

SCHWÄCHEN

- Begrenzte Transportkapazität gegenüber konventionellen Schiffen
- Längere und wetterabhängige Transportzeiten
- Eingeschränkte Fahrplanstabilität und geringere Zuverlässigkeit
- Höhere Transportkosten gegenüber etablierten Massentransporten
- Begrenzte Skalierbarkeit aufgrund kleiner Transportmengen
- Eingeschränkte Integration in standardisierte Containerlogistik und Hafenprozesse
- Noch geringe Betriebserfahrung sowie begrenzte Marktverfügbarkeit



CHANCEN

- Steigende regulatorische Anforderungen an die Dekarbonisierung des Seeverkehrs (IMO, EU)
- Wachsende Bedeutung von Scope-3-Emissionen und CSRD-Berichterstattung
- Zunehmende Nachfrage nach emissionsarmen Premiumtransporten und nachhaltigen Lieferketten
- Aufbau neuer Geschäftsmodelle über Green Premiums, langfristige Partnerschaften und Markenkommunikation
- Pilotprojekte erleichtern Markteintritt, schaffen Vertrauen und liefern operative Erfahrungen
- Mögliche Förderprogramme und politische Anreizsysteme auf EU- und nationaler Ebene
- Krisenbedingte Energiepreissteigerungen können die Wettbewerbsfähigkeit verbessern

RISIKEN

- Ausbleibende oder abgeschwächte Regulierung reduziert Zahlungsbereitschaft und Marktanreize
- Alternative Dekarbonisierungspfade (E-Fuels, Methanol, Windassistenz) entwickeln sich schneller
- Kostenvorteile großer Containerschiffe bleiben bestehen
- Fehlende kritische Transportmengen verhindern wirtschaftlichen Regelbetrieb und Skalierung
- Hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit industrieller Lieferketten begrenzen Einsatzmöglichkeiten
- Unsicherheit bei Finanzierung, Investitionsbereitschaft und Rendite
- Technologische Risiken sowie Unsicherheiten hinsichtlich Hafenintegration und Betrieb

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die weitere Entwicklung windbasierter Antriebstechnologien. Die Stakeholderbefragung deutet darauf hin, dass insbesondere Windassistenzsystemen derzeit ein größeres Marktpotenzial zugeschrieben wird als reinen Frachtseglern. Zugleich befindet sich der technologische und regulatorische Rahmen weiterhin in Entwicklung. Betreiber sollten diese Entwicklungen daher kontinuierlich verfolgen und prüfen, welche Bedeutung der Windantrieb künftig für unterschiedliche Schiffstypen und Einsatzprofile gewinnen kann.

Zentrale Handlungsempfehlungen für Reedereien und Betreiber

- Geschäftsmodelle konsequent auf Nischenmärkte ausrichten, insbesondere hochwertige Agrarprodukte, Premiumkonsumgüter sowie Stückgut- und Projektladungen mit geringer Zeitkritikalität und hoher Zahlungsbereitschaft.
- Langfristige Kooperationen mit Verladern und Frachteignern aufbauen, um stabile Transportmengen, Planungssicherheit und Investitionssicherheit zu schaffen.
- Pilotprojekte in einen wirtschaftlich tragfähigen Regelbetrieb überführen und stabile Linienverkehre auf geeigneten, windgünstigen Relationen etablieren.
- Betriebliche Effizienz steigern durch den Einsatz digitaler Wetterrouting- und Flottenmanagementsysteme sowie eine kontinuierliche Optimierung der Auslastung und Fahrplanstabilität.
- Nachhaltigkeitsvorteile transparent dokumentieren und vermarkten, insbesondere durch die nachvollziehbare Darstellung der CO_2-Einsparungen als Beitrag zur Erreichung von Scope-3- und ESG-Zielen der Kunden.
- Technologische Entwicklungen kontinuierlich beobachten und neben reinen Frachtseglern auch hybride Konzepte mit Windassistenz als langfristige Entwicklungsperspektive berücksichtigen.

Verlader und Frachteigner

Für Verlader und Frachteigner eignen sich Frachtsegler vor allem als ergänzende Option innerhalb bestehender Transportketten. Sie sollten nicht als vollständiger Ersatz konventioneller Seefracht betrachtet werden, sondern gezielt dort eingesetzt werden, wo Transportzeit eine untergeordnete Rolle spielt und ökologische Vorteile einen zusätzlichen Nutzen für Unternehmen, Marke oder Endkunden erzeugen. Besonders geeignet sind Produktgruppen mit hoher Nachhaltigkeitsrelevanz, guter Kommunizierbarkeit und ausreichender Wertdichte, etwa hochwertige Agrarprodukte, Premiumkonsumgüter oder ausgewählte Spezial- und Projektladungen.

Ein sinnvoller Einstieg kann über Pilottransporte einzelner Produktlinien oder ausgewählter Chargen erfolgen. Dadurch können Unternehmen praktische Erfahrungen mit Laufzeiten, Planbarkeit, Kostenstrukturen, Schnittstellen zur bestehenden Logistik sowie internen Abstimmungsprozessen sammeln, ohne unmittelbar größere Teile der Lieferkette umstellen zu müssen. Solche Pilotverkehre eignen sich besonders für Produkte, bei denen der emissionsarme Transport glaubwürdig in die Produktgeschichte eingebunden werden kann.

Darüber hinaus können Frachtsegler einen Beitrag zur Reduktion transportbedingter Scope-3-Emissionen leisten. Voraussetzung hierfür ist, dass die erzielten Emissionsminderungen transparent erfasst, methodisch belastbar dokumentiert und in bestehende Nachhaltigkeitsberichte integriert werden können. Für Unternehmen mit ambitionierten Klimazielen kann der Einsatz von Frachtseglern daher nicht nur eine operative Logistikmaßnahme, sondern auch ein Bestandteil der ESG- und Dekarbonisierungsstrategie sein. Zugleich sollten Verlader die kommunikativen Potenziale emissionsarmer Transporte gezielt nutzen. Der Transport per Frachtsegler kann insbesondere bei konsumnahen Produkten einen zusätzlichen Markenwert schaffen, wenn er nachvollziehbar, glaubwürdig und nicht rein symbolisch eingesetzt wird.

Entscheidend ist, dass Nachhaltigkeitskommunikation und tatsächliche Emissionswirkung konsistent miteinander verbunden werden. Um wirtschaftliche Tragfähigkeit und verlässliche Kapazitäten zu ermöglichen, sollten Verlader nach Möglichkeit langfristige Transportvereinbarungen mit Betreibern abschließen. Solche Vereinbarungen schaffen Planungssicherheit auf beiden Seiten: Betreiber können Auslastung und Investitionen besser kalkulieren, während Verlader frühzeitig Transportkapazitäten sichern und Anforderungen an Reporting, Laufzeiten und Lieferkettenintegration definieren können.

Zentrale Handlungsempfehlungen für Verlader und Frachteigner

- Frachtsegler gezielt als Ergänzung bestehender Transportketten einsetzen, insbesondere für nicht zeitkritische, hochwertige und nachhaltig positionierte Produkte.
- Pilottransporte mit ausgewählten Produktlinien oder Chargen durchführen, um praktische Erfahrungen mit Laufzeiten, Kosten, Schnittstellen und internen Prozessen zu sammeln.
- Frachtsegler zur Reduktion von Scope-3-Emissionen nutzen, sofern Emissionsminderungen transparent gemessen und belastbar dokumentiert werden können.
- Emissionsarme Transporte in Nachhaltigkeits- und Markenkommunikation integrieren, insbesondere bei Produkten, bei denen Herkunft, Transparenz und klimafreundliche Logistik einen Kundennutzen schaffen.
- Langfristige Transportvereinbarungen mit Betreibern abschließen, um Planungssicherheit, Kapazitätsverfügbarkeit und wirtschaftliche Tragfähigkeit zu unterstützen.
- Zunächst mit kleineren Transportvolumina starten und den Einsatz schrittweise ausweiten, sobald operative Erfahrungen, Kundennachfrage und interne Bewertungsmechanismen vorliegen.

Politik und institutionelle Akteure

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die zukünftige Marktentwicklung von Frachtseglern maßgeblich von den regulatorischen Rahmenbedingungen abhängt. Unter den heutigen Marktbedingungen können Frachtsegler ihre ökologischen Vorteile wirtschaftlich häufig nicht vollständig in Wettbewerbsvorteile umsetzen. Ursache hierfür ist, dass die gesellschaftlichen Kosten von CO_2-Emissionen im Seeverkehr bislang nur teilweise in den Transportkosten abgebildet werden. Ohne geeignete politische Anreize wird sich der Einsatz von Frachtseglern daher voraussichtlich auf wenige Nischenmärkte beschränken.

Politische Maßnahmen sollten sich dabei nicht auf die Förderung einzelner Schiffstechnologien konzentrieren, sondern technologieoffen emissionsarme Transportleistungen unterstützen. Entscheidend ist, dass regulatorische Instrumente Anreize schaffen, tatsächliche Emissionsminderungen wirtschaftlich zu honorieren und Investitionssicherheit für innovative Transportkonzepte zu schaffen. Dadurch können neben Frachtseglern auch andere emissionsarme Lösungen gleichermaßen von verbesserten Rahmenbedingungen profitieren. Darüber hinaus besteht insbesondere in der aktuellen Marktphase ein Bedarf an gezielten Fördermaßnahmen für Demonstrations- und Skalierungsprojekte. Während die technische Machbarkeit moderner Frachtsegler bereits nachgewiesen wurde, stellt der Übergang vom Pilotbetrieb zu einem dauerhaft wirtschaftlichen Regelbetrieb weiterhin eine zentrale Herausforderung dar. Öffentliche Förderprogramme können dazu beitragen, Investitionsrisiken zu reduzieren, praktische Betriebserfahrungen zu sammeln und erste tragfähige Geschäftsmodelle zu etablieren.

Ein weiterer Handlungsbedarf besteht beim Ausbau geeigneter Hafen- und Umschlaginfrastrukturen. Moderne Frachtsegler und windgestützte Schiffskonzepte stellen teilweise neue Anforderungen an Hafenanlagen und Umschlagprozesse. Durch eine frühzeitige Berücksichtigung entsprechender Anforderungen können infrastrukturelle Hemmnisse reduziert und die Integration in bestehende Logistikketten erleichtert werden.

Gleichzeitig sollte die Entwicklung standardisierter Methoden zur Bilanzierung und Zertifizierung von Emissionsminderungen weiter vorangetrieben werden. Einheitliche und nachvollziehbare Bewertungsverfahren erhöhen die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Transportlösungen und schaffen die notwendige Transparenz für Unternehmen, Investoren und Förderinstitutionen. Dies erleichtert zugleich die Anerkennung emissionsarmer Transporte im Rahmen von Nachhaltigkeitsberichterstattung und Klimastrategien. Schließlich kommt Forschung, Bildung und Wissenstransfer eine wichtige Rolle zu. Die Weiterentwicklung windgestützter Schifffahrt erfordert interdisziplinäre Kompetenzen in den Bereichen Schiffbau, Nautik, Logistik, Digitalisierung und Energietechnik. Durch die Förderung von Forschungsprojekten und Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft können Innovationen beschleunigt und die Voraussetzungen für einen langfristigen Markthochlauf verbessert werden.

Zentrale Handlungsempfehlungen für Politik und institutionelle Akteure

- Technologieoffene regulatorische Anreize schaffen, die emissionsarme Transportleistungen unabhängig von der eingesetzten Technologie wirtschaftlich begünstigen.
- CO_2-orientierte Marktmechanismen weiterentwickeln, um die Klimavorteile emissionsarmer Seetransporte stärker in den Transportkosten abzubilden.
- Demonstrations- und Skalierungsprojekte gezielt fördern, um den Übergang von Pilotvorhaben zu dauerhaft wirtschaftlichen Geschäftsmodellen zu unterstützen.
- Geeignete Hafen- und Umschlaginfrastrukturen weiterentwickeln, damit innovative Schiffskonzepte effizient in bestehende Logistiksysteme integriert werden können.
- Standardisierte Verfahren zur Bilanzierung und Zertifizierung von Emissionsminderungen etablieren, um Transparenz, Vergleichbarkeit und die Integration in ESG- und Scope-3-Berichterstattung zu verbessern.
- Forschung, Ausbildung und Wissenstransfer stärken, um technologische Innovationen zu fördern und die langfristige Entwicklung windgestützter Schifffahrt zu unterstützen.

Gesamtfazit

Die Studie zeigt, dass Frachtsegler unter den heutigen Marktbedingungen kein Ersatz für die konventionelle Seeschifffahrt sind. Ihr realistisches Einsatzfeld liegt vielmehr in klar definierten Nischenmärkten, in denen ökologische Vorteile einen wirtschaftlichen Mehrwert erzeugen können. Insbesondere hochwertige Agrarprodukte, Premiumkonsumgüter und ausgewählte Stückgutverkehre weisen hierfür geeignete Voraussetzungen auf. Entscheidend für eine erfolgreiche Marktentwicklung sind weniger weitere technologische Fortschritte als vielmehr stabile regulatorische Rahmenbedingungen, ausreichende Zahlungsbereitschaft der Verlader sowie der Übergang von einzelnen Pilotprojekten zu dauerhaft wirtschaftlichen Geschäftsmodellen.

AUTOREN



PROF. DR. JAN NINNEMANN
Projektleiter

+49 40 1817 5408

ninnemann@move-4ward.de



TORSTEN TESCH, MBA
Projektmitarbeit

+49 40 1817 5407

tesch@move-4ward.de

QUELLENVERZEICHNIS

1. Allekotte, M. et al. / Umweltbundesamt (2025): Aktualisierung TREMOD 2024, UBA Texte 125/2025, Dessau-Roßlau.
2. Biemann, K. et al. / Umweltbundesamt (2024): Treibhausgasemissionen im Transportsektor – Leitfaden zur ISO 14083, Dessau-Roßlau.
3. European Environment Agency (2023): EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 – Navigation (Shipping), Copenhagen.
4. European Environment Agency: Rail and waterborne – best for low-carbon motorised transport, Copenhagen.
5. European Commission, DG Climate Action: EU Emissions Trading System – Maritime Transport, Brüssel, Abruf 11.08.2026.
6. European Commission, DG MOVE: FuelEU Maritime, Brüssel, Abruf 11.08.2026.
7. European Union (2022): Directive (EU) 2022/2464 – Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD).
8. European Union (2024): Directive (EU) 2024/825 – Empowering Consumers for the Green Transition.
9. International Maritime Organization (2020): Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020, London.
10. International Windship Association (2026): Wind Propulsion Installation List / Vessel List, Q1 2026, London.
11. Smart Freight Centre: Global Logistics Emissions Council (GLEC) Framework, aktuelle Fassung, Amsterdam.
12. Statistisches Bundesamt (Destatis): GENESIS-Online – Seeverkehrsstatistik, Statistik 46331; Außenhandelsstatistik, Statistik 51000, Daten 2018–2024, Wiesbaden, Abruf 11.08.2026.
13. Zero Emission Maritime Buyers Alliance (ZEMBA): Veröffentlichungen zu Nachfragebündelung und Ausschreibungen für emissionsarme Seeverkehre, Abruf 11.08.2026.
14. Hapag-Lloyd (2024): Informationen zur Umsetzung des ersten ZEMBA-Tenders für emissionsreduzierte Seetransporte.
15. NEOLINE: Neoliner Origin – Vessel Specifications and Freight Transport, Nantes, Abruf 11.08.2026.
16. NEOLINE: Informationen zu Finanzierung und Bau des Neoliner Origin, Abruf 11.08.2026.
17. ArianeGroup: Informationen zum Segelfrachtschiff Canopée und zum Transport von Ariane-6-Komponenten, Abruf 11.08.2026.
18. Lloyd's Register (2024): Applying wind-assisted propulsion to ships. Retrofit Research Programme, Lloyd's Register, London, August 2024.

Die dargestellten Kosten-, Erlös-, Auslastungs- und Betriebsparameter sind szenariobasierte Modellannahmen der Studie. Sie basieren auf Branchenbenchmarks, Projektinformationen und Expertengesprächen und dienen der vergleichenden Wirtschaftlichkeitsanalyse; sie stellen keine Marktpreisprognose dar.

MOVE4WARD INNOVATIVE TRANSPORT SOLUTIONS

Management- und Strategieberatung für Corporates und Start-ups - Expertise für den öffentlichen Sektor, Politik und Verbände

Transforming Transport Together

Innovation & Weitblick liegt in unserer DNA

Unser Anspruch? Fundiert und innovativ.
MOVE4WARD, gegründet von Prof. Dr. Jan Ninnemann und Torsten Tesch, vereint langjährige Beratungserfahrung mit wissenschaftlicher Methodenkompetenz, um innovative Lösungen für die Herausforderungen von morgen zu entwickeln. Gemeinsam gestalten wir die Zukunft von Häfen, Hinterland und urbanen Zentren durch fundierte Analysen und fortschrittliche Strategien.

Unsere Kunden? Öffentlich und privat.
Wir setzen Maßstäbe in der Konzeption und Realisierung zukunftsweisender Verkehrs- und Infrastrukturprojekte für öffentliche Auftraggeber. Zugleich bieten wir spezialisierte Strategie- und Managementberatung für private Unternehmen im Transport- und Logistiksektor.

Unsere Arbeitsweise? Vernetzt und kollaborativ.
Wir sind überzeugt, dass die besten Lösungen im Dialog entstehen. Bei MOVE4WARD entwickeln wir maßgeschneiderte, innovative Konzepte, die genau auf Ihre Anforderungen abgestimmt sind. Offenheit, Agilität und kooperative Entwicklung sind für uns mehr als nur Begriffe – sie sind Teil unserer täglichen Arbeit.

MOVE4WARD



MOVE4WARD FOLGT AUF HTC

Mit Wirkung zum 1. Januar 2025 hat die MOVE4WARD Innovative Transport Solutions UG die Geschäftsaktivitäten der HTC Hanseatic Transport Consultancy übernommen. HTC wurde 2008 mit dem Ziel gegründet, individuelle und kundenorientierte Beratungslösungen im Verkehrs- und Logistikbereich anzubieten – eine Philosophie, die wir als MOVE4WARD mit neuer Dynamik fortsetzen. Unter der bewährten Führung von Prof. Dr. Jan Ninnemann und Torsten Tesch bietet unser Team weiterhin herausragende Fachkompetenz in allen Fragen rund um die Bereiche Transport, Verkehr und Logistik.



IMPRESSUM

UNTERNEHMEN

MOVE4WARD Innovative Transport Solutions UG
Schopenstehl 15 (Miramar-Haus)
20095 Hamburg

Tel +49 (0)40 18175408
Web www.move-4ward.de

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung von MOVE4WARD.

GESCHÄFTSFÜHRUNG

Prof. Dr. Jan Ninnemann, Torsten Tesch

Registriert beim Finanzamt Hamburg-Mitte
Ust-Id-Nr. DE355879576

Registernummer HRB 176681