



**HERBSTSITZUNG 2021
AUSGABE
DER UMFANGREICHEN ANLAGE
DES BESCHLUSSES
2021-II-36**

Straßburg, den 9. Dezember 2021

**Roadmap der ZKR
zur Verringerung der Emissionen in der Binnenschifffahrt**

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	2
1. Ausgangslage.....	4
1.1 Allgemeiner Hintergrund zur Eindämmung des Klimawandels	4
1.2 Hintergrund zur Energiewende in der Binnenschifffahrt.....	5
2. Rolle der ZKR und Zweck der Roadmap	7
3. Vorläufige Begriffsbestimmungen, Ziele, Bewertung der Emissionen	8
3.1 Grundlegende Begriffsbestimmungen.....	8
3.2 Tank-to-Wake-Ansatz (TTW)	9
3.3 Bewertung der Emissionen im Jahr 2015 als Ausgangsbasis	9
3.4 Minderungsziele für Luftschadstoffe und THG.....	10
3.4.1 Vereinbarkeit der Emissionsminderungsziele für die Binnenschifffahrt der ZKR und der EU.....	10
3.4.2 Information über die Emissionsminderungsziele für die anderen Verkehrsträger	11
4. Übergangsszenarien in für die Binnenschifffahrt bis 2035 und 2050	11
4.1 Zweckbestimmung der Übergangsszenarien.....	11
4.2 Berücksichtigte Technologien	12
4.3 Definition des Business-As-Usual-Szenarios (BAU-Szenarios) (2015/2035/2050)	15
4.4 Übergangsszenarien mit dem Horizont 2050.....	19
4.4.1 Konservatives Übergangsszenario bis 2050	20
4.4.2 Innovatives Übergangsszenario bis 2050	23
4.4.3 Weitere Überlegungen zu den Übergangsszenarien	26
4.5 Die finanzielle Herausforderung und die damit verbundenen Investitionen.....	27
4.5.1 Kosten im Zusammenhang mit der Energiewende	27
4.5.2 Können im Rahmen der Energiewende in der Binnenschifffahrt „No-regret- Investitionen“ identifiziert werden?	28
4.5.3 Wie kann die Energiewende finanziell unterstützt werden?.....	28
5. Umsetzungsplan.....	29
6. Nächste Schritte	35
Anlage 1: Abkürzungsverzeichnis und Schiffstypen	36

Zusammenfassung

Gemäß dem Auftrag der Mannheimer Ministererklärung vom 17. Oktober 2018 hat die ZKR eine Roadmap entwickelt, die eine weitgehende Beseitigung der Treibhausgasemissionen und der Luftschadstoffe in der Binnenschifffahrt bis 2050 zum Ziel hat – eine langfristige Vision, die auch von der Europäischen Union (EU) geteilt wird. Diese Energiewende ist als existenzielle Herausforderung für die Rhein- und europäische Binnenschifffahrt zu sehen. Ausgehend vom aktuellen Wissensstand sind in den letzten Jahren zwar vermehrt Innovationen zur Verringerung der Emissionen bestehender und neuer Schiffe entstanden, sie sind aber zunächst auf Pilotprojekte beschränkt, die gleichwohl von maßgeblicher Bedeutung sind, um Kenntnisse über neue Technologien zu gewinnen und wirtschaftliche, finanzielle, technische und verordnungsrechtliche Hindernisse für den Einsatz relevanter Technologien zu beseitigen (siehe Kapitel 1 „*Ausgangslage*“).

Trotz der vorhandenen Unsicherheiten insbesondere hinsichtlich der Entwicklung, Kosten, Marktreife und Verfügbarkeit von Technologien, die zum Übergang zu einer emissionsfreien Binnenschifffahrt beitragen, muss unverzüglich mit der Entwicklung eines mittel- und langfristig tragfähigen Konzepts begonnen werden, um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen. Angesichts dessen sind die Festlegung und Bewertung von Maßnahmen, mit denen sich ein beschleunigter Übergang zur Emissionsfreiheit erreichen lässt (z. B. verordnungsrechtliche Maßnahmen, Überwachung der Emissionen, finanzielle Unterstützung der Energiewende usw.), sowie die Entwicklung technologischer Übergangsszenarien der Flotte maßgebliche Aspekte, die in die Ausgestaltung einer realitätsnahen und tragfähigen Roadmap einfließen müssen. Die vorliegende Roadmap stellt in dieser Hinsicht das wichtigste Instrument der ZKR zur Abmilderung des Klimawandels, zur Förderung der Energiewende und zur Unterstützung der europäischen Binnenschifffahrtspolitik dar. Als solches stützt sie sich insbesondere auf die Endergebnisse der Studie der ZKR über die Energiewende zur emissionsfreien Binnenschifffahrt und ist eng mit den einschlägigen Interessengruppen abgestimmt (siehe Kapitel 2 „*Rolle der ZKR und Zweck der Roadmap*“).

Zur Gewährleistung eines gemeinsamen Verständnisses unter allen an der Energiewende in der Binnenschifffahrt beteiligten Akteuren war es wichtig, sich auf den Umfang dieser Roadmap und auf wesentliche Begriffsbestimmungen zu einigen (siehe Kapitel 3 „*Vorläufige Begriffsbestimmungen, Ziele, Bewertung der Emissionen*“). So wurde insbesondere beschlossen,

- sich auf die Binnenschifffahrt im Sinne des Transports von Gütern und der Beförderung von Fahrgästen mit Binnenschiffen zu konzentrieren. Sportboote, Behördenschiffe und schwimmendes Gerät wurden vorerst nicht berücksichtigt,
- Emissionen als Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (THG) zu definieren, die durch den Betrieb der Schiffsmotoren (Antrieb und Hilfsmotoren) entstehen,
- einen „Tank-to-Wake“-Ansatz als Zwischenlösung zu wählen, bis ein „Well-to-Wake“-Ansatz für die entsprechenden Energieträger verfügbar ist. Die Anwendung dieses Ansatzes setzt gleichwohl voraus, dass idealisierte Annahmen über die vorgelagerten Schritte (erzeugte Emissionen und Brennstoffverfügbarkeit) getroffen werden.

Die Roadmap zielt insbesondere auf die Festlegung zweier Übergangsszenarien für die Flotte (neue und bestehende Schiffe) ab, ein konservativeres Übergangsszenario, das auf bereits ausgereiften, kurzfristig und kosteneffizient umzusetzenden Technologien beruht, aber mit Unsicherheiten hinsichtlich der Verfügbarkeit bestimmter Brennstoffe behaftet ist, und ein innovativeres Übergangsszenario, das auf Technologien setzt, die sich noch in ihrem Anfangsstadium befinden, aber langfristig ein vielversprechenderes Emissionsminderungspotenzial bieten. Dabei wird auch die Bedeutung der verschiedenen technologischen Lösungen bei der Bewältigung der Herausforderung der Energiewende untersucht und deren Eignung in Bezug auf die verschiedenen Flottenfamilien in Europa und die Fahrprofile der Schiffe bewertet. Beide Übergangsszenarien sind ambitioniert genug, um die Ziele der Mannheimer Erklärung zu erreichen. Eine wichtige Schlussfolgerung lautet, dass es keine technologische Patentlösung gibt, die für alle Schiffstypen und Fahrprofile geeignet wäre. Daher erscheint ein technologieneutraler Ansatz für die Energiewende sinnvoll. Es werden auch Überlegungen zu den finanziellen Herausforderungen der Energiewende und zu möglichen „No-regret“-Investitionen angestellt. Die Finanzierungslücke, die zur Erreichung der Emissionsminderungsziele der Mannheimer Erklärung geschlossen werden muss, variiert je nach Szenario erheblich, dürfte aber bei beiden Übergangsszenarien mehrere Milliarden Euro betragen (siehe Kapitel 4 „*Übergangsszenarien in der Binnenschifffahrt bis 2035 und 2050*“).

Um die Herausforderung der Energiewende zur emissionsfreien Binnenschifffahrt zu bewältigen, sind wirtschaftliche, technische, soziale und verordnungsrechtliche Aspekte zu beachten. Wie darauf durch politische Maßnahmen reagiert werden kann, war eine Leitfrage bei der Ausarbeitung des in der Roadmap vorgeschlagenen Umsetzungsplans, der auf die Anregung, Planung und Umsetzung der von der ZKR direkt oder anderweitig zu beschließenden Maßnahmen sowie auf die Überwachung der Zwischen- und Endziele der Mannheimer Erklärung abzielt (siehe Kapitel 5 „*Umsetzungsplan*“). Die ZKR wird sich verpflichten, bis 2025 über die Fortschritte bei der Umsetzung sowie über die Notwendigkeit einer Aktualisierung der Roadmap zu berichten und die Roadmap und den entsprechenden Aktionsplan bis 2030 wenn nötig zu überarbeiten (siehe Kapitel 6 „*Nächste Schritte*“).

Die ZKR hofft, dass die vorliegende Roadmap letztendlich zur Entwicklung einer gemeinsamen Vision der Energiewende und der damit verbundenen Herausforderungen für die Binnenschifffahrt beitragen wird. Die Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren der Energiewende und insbesondere der EU sollte weiter intensiviert werden, um den vorgeschlagenen Aktionsplan gemeinsam umzusetzen und auf die Binnenschifffahrt zugeschnittene Maßnahmen zu gewährleisten.

1. Ausgangslage

1.1 Allgemeiner Hintergrund zur Eindämmung des Klimawandels

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene ist der **Klimawandel** ein **vorrangiges Thema** in der Politik. Im Mittelpunkt steht das Pariser Übereinkommen, das auf die Verlangsamung des Klimawandels (Anstieg der Erderwärmung um maximal 2 °C) durch Reduzierung der Treibhausgas - Emissionen (THG) abzielt.

In der am 17. Oktober 2018 unterzeichneten Mannheimer Erklärung haben die für die Binnenschifffahrt zuständigen Minister der Mitgliedstaaten der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR – Belgien, Deutschland, Frankreich, Niederlande und Schweiz) das Ziel bekräftigt, **THG und andere Schadstoffe bis 2050 weitgehend zu beseitigen**.

Um die ökologische Nachhaltigkeit der Rhein- und Binnenschifffahrt weiter zu verbessern, wurde im Rahmen der Mannheimer Erklärung zudem die ZKR beauftragt, eine **Roadmap** zu entwickeln, um

- THG-Emissionen bis 2035 um 35 % gegenüber 2015 zu reduzieren,
- Schadstoffemissionen bis 2035 um 35 % gegenüber 2015 zu reduzieren,
- THG und andere Schadstoffe bis 2050 weitgehend zu beseitigen.

Auch die Ministererklärung „Inland Navigation in a Global Setting“, die 2018 in Breslau unter der Schirmherrschaft der UNECE verabschiedet wurde, unterstreicht die Bedeutung der Emissionsreduzierung für die Zukunft der Binnenschifffahrt¹.

Am 28. November 2018 legte die Europäische Kommission unter dem Titel „Ein sauberer Planet für alle“² ihre langfristige strategische Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft für den Zeithorizont 2050 vor, in der eine europäische Politik zur Verringerung von THG-Emissionen zur Klimaneutralität bis 2050 für alle Verkehrsträger einschließlich der Binnenschifffahrt gefordert wird. Des Weiteren gibt die Mitteilung „Ein Europa, das schützt: Saubere Luft für alle“ der Europäischen Kommission vom Mai 2018, die auch für den Verkehrssektor³ gilt, den politischen Rahmen für die Senkung von Luftschadstoffemissionen wie NO_x und Partikel vor.

Mit ihrem „Europäischen Grünen Deal“⁴ vom Dezember 2019 und ihrer „Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität“ vom Dezember 2020 hat die Europäische Kommission prioritäre Politikbereiche, darunter die nachhaltige Mobilität, und Maßnahmen festgelegt, die zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 umgesetzt werden müssen. Insbesondere fördert sie die unverzügliche Einführung ehrgeizigerer politischer Maßnahmen zur Verringerung der Abhängigkeit des Verkehrs von fossilen Brennstoffen in Synergie mit Nullverschmutzungs-Ambitionen. Diesbezüglich wurde vor allem Folgendes festgelegt:

- ein Reduktionsziel bei THG-Emissionen bis 2030 von mindestens 50 % und bis zu 55 % gegenüber 1990 (alle Sektoren);
- ein Reduktionsziel bei THG-Emissionen im Verkehr von 90 % bis 2050 (zur Erreichung der Klimaneutralität).

Am 14. Juli 2021 veröffentlichte die Europäische Kommission ihr Gesetzespaket „Fit for 55“⁵, das eine Reihe von Vorschlägen enthält, um die Klima-, Energie-, Landnutzungs-, Verkehrs- und Steuerpolitik der EU so auszurichten, dass die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % unter das Niveau von 1990 gesenkt werden können.

¹ https://www.unece.org/fileadmin/DAM/Poland_Ministerial_declaration_e_002_.pdf

² https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de

³ http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm

⁴ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de

⁵ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de

Zudem wurde im Juni 2021 der Aktionsplan NAIADES III⁶ der Europäischen Kommission veröffentlicht, dessen Hauptziel es ist, mehr Fracht über Europas Flüsse und Kanäle zu befördern und den Übergang zu emissionsfreien Schiffen bis 2050 zu fördern. Einige Leitinitiativen, die sich beispielsweise auf die Beschleunigung von Zertifizierungsprozessen für innovative und emissionsarme Schiffe, auf die Entwicklung multimodaler Knotenpunkte für die Versorgungsinfrastruktur für alternative Brennstoffe und auf die notwendige Unterstützung des Gewerbes und der Mitgliedstaaten bei der Umstellung auf emissionsfreie Schiffe, insbesondere im Hinblick auf die Finanzierung, beziehen, sind von zentraler Bedeutung für die Bewältigung der Herausforderungen der Energiewende.

In diesem Zusammenhang besteht kein Zweifel daran, dass alle Verkehrsträger den Weg zur Emissionsfreiheit einschlagen müssen. Hierzu ist es erforderlich, dass auch der Binnenschifffahrtssektor konkrete Maßnahmen zur Verwirklichung dieses Übergangs entwickelt und zwar sowohl für Luftschadstoffemissionen als auch für THG.

1.2 Hintergrund zur Energiewende in der Binnenschifffahrt

Die Energiewende stellt gegenwärtig eine existenzielle Herausforderung für die Binnenschifffahrt dar. Der Binnenschifffahrt wird nur dann langfristige politische Unterstützung für ihre weitere Entwicklung zuteilwerden, wenn sie bereit ist, den Übergang zu klimaneutralen Antrieben in Angriff zu nehmen. Die Energiewende ist ein vielschichtiger und langfristiger Prozess. Für die nationalen Regierungen, die ZKR und die EU wird die Energiewende auch in Zukunft von Bedeutung sein. Über die Jahre werden jedoch auch weitere wichtige Themen in den Vordergrund treten, wie gerade jetzt die Covid-19-Pandemie zeigt, und die Energiewende möglicherweise in den Hintergrund drängen. Trotz der außerordentlich schwierigen sozio-ökonomischen und gesundheitlichen Verhältnisse aufgrund der Covid-19-Pandemie muss gewährleistet werden, dass die Energiewende ein vorrangiges Thema bleibt. Solche Krisen zeigen, wie eng verflochten die Wirtschaft unserer Länder ist und wie schwerwiegend die globalen Auswirkungen sein können, wenn in einem Bereich eine Katastrophe eintritt. Mehr denn je gilt es deshalb, trotz der vorhandenen Ungewissheiten unverzüglich und mit Nachdruck damit zu beginnen, ein mittel- und langfristig tragfähiges Konzept für Emissionsfreiheit in der Binnenschifffahrt zu entwickeln.

Zudem sind in den letzten Jahren ausgehend vom aktuellen Wissensstand vermehrt Innovationen zur Verringerung der Emissionen bestehender und neuer Schiffe entstanden. Sie sind allerdings zunächst auf Pilotprojekte beschränkt, die aber für die Gewinnung von Kenntnissen über neue Technologien von maßgeblicher Bedeutung sind. Dies hat verschiedene wirtschaftliche, finanzielle, technische und verordnungsrechtliche Ursachen. Generell weisen die Innovationen auch unterschiedliche Reifegrade auf.

Abgesehen von den rein technischen Fragen stellen auch rechtliche Unsicherheiten und langwierige Verwaltungsverfahren erhebliche Probleme dar.

Angesichts dessen sind die Festlegung und Bewertung von Maßnahmen, mit denen sich die Wende zur Emissionsfreiheit (Förderung von Forschung und Innovation bei emissionsfreien Technologien, finanzielle Unterstützung zugunsten der Energiewende, strengere Umweltziele usw.) erreichen lässt, zusammen mit der Entwicklung von Übergangsszenarien zur Emissionsfreiheit maßgebliche Aspekte, die in die Ausgestaltung einer realitätsnahen und anpassungsfähigen Roadmap einfließen müssen.

⁶ https://ec.europa.eu/transport/modes/inland/news/2021-06-24-naiades-iii-action-plan_en

Unter den heutigen Bedingungen können Luftschadstoffe mit Verbrennungsmotoren (ICE), die mit modernen Nachbehandlungstechnologien ausgestattet sind, weitgehend reduziert werden, während die Reduzierung der THG-Emissionen die größte Herausforderung darstellt. Neben dem Einsatz neuer Energieträger und Energiewandler als Mittel zur Verringerung der Emissionen ist die Senkung des Energieverbrauchs mit allen möglichen Mitteln ein wichtiger Hebel, um die Emissionsminderungsziele, insbesondere⁷ mit Blick auf die THG-Emissionen, zu erreichen. Dazu gehören zum Beispiel eine bessere Nutzung der Schiffe, eine höhere Effizienz durch moderne Antriebssysteme, eine verbesserte Hydrodynamik der Schiffe, eine "smart navigation" mit weniger Wartezeiten an Schleusen und eine wirksame Einbindung der Binnenschifffahrt in die Logistik der Seehäfen.

Besonderes Augenmerk sollte wo immer möglich auf die Entwicklungen bei anderen Verkehrsträgern wie Straße, Schiene und Küstenschifffahrt gerichtet werden. Aus den Erfahrungen anderer Verkehrsträger im Zusammenhang mit der Energiewende lassen sich zahlreiche Erkenntnisse ableiten. Darüber hinaus ist dem multimodalen Hintergrund Rechnung zu tragen. Wenn die Binnenschifffahrt bei ihrem Übergangsprozess den Anschluss verpasst, könnte die Transportnachfrage sich auf andere Verkehrsträger wie Schiene, Straße oder Küstenschifffahrt verlagern.

Nicht zuletzt bedeutet die relativ geringe Größe des europäischen Binnenschifffahrtmarktes, dass für die Binnenschifffahrt speziell entwickelte technologische Lösungen wirtschaftlich nicht rentabel sind. Es ist daher unwahrscheinlich, dass eine technologische Lösung nur für die Binnenschifffahrt entwickelt wird. Unter diesem Gesichtspunkt sollten Synergien mit Technologien gefunden werden, die für Seeschiffe und für nicht-maritime Anwendungen entwickelt werden, sei es in Europa oder in anderen Teilen der Welt.

Angesichts des oben Ausgeführten ist die Beseitigung von THG- und Luftschadstoffemissionen in der Binnenschifffahrt bis 2050 bei weitem nicht länger eine Option, sondern eine Notwendigkeit, wenn die Binnenschifffahrt ihre Position als wettbewerbsfähiger, nachhaltiger und umweltfreundlicher Verkehrsträger wahren und stärken will. Mit anderen Worten: Die Modernisierung der Flotte und die Energiewende sind Teil der Bekämpfung des Klimawandels durch die Verringerung der THG-Emissionen, die Verringerung von Gesundheitsrisiken durch die Verbesserung der Luftqualität und die Senkung der Betriebskosten (OPEX) des Sektors durch die Steigerung der Effizienz der Binnenschifffahrt.

⁷ Siehe in diesem Zusammenhang den Vorschlag für eine EU-Richtlinie über Energieeffizienz (Neufassung) im Rahmen des Pakets „Fit für 55“, mit dem die Anstrengungen der EU zur Förderung der Energieeffizienz und zur Erzielung von Energieeinsparungen im Rahmen der Bekämpfung des Klimawandels weiter stimuliert werden sollen: https://ec.europa.eu/info/news/commission-proposes-new-energy-efficiency-directive-2021-jul-14_en

2. Rolle der ZKR und Zweck der Roadmap

Über die Hauptverantwortung für die verordnungsrechtliche Tätigkeit für die Rheinschifffahrt hinaus übernimmt die ZKR Aufgaben im technischen, juristischen, wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Bereich. In allen Arbeitsbereichen sind die Effizienz des Transports auf dem Rhein, die Sicherheit, soziale Belange und Umweltschutz die Leitlinien des Handelns der ZKR.

Viele Aktivitäten der ZKR gehen heute über den Rhein hinaus und beziehen sich im weiteren Sinn auf alle europäischen Binnenwasserstraßen, auch wenn die Regelungsbefugnis der ZKR in geographischer und verordnungsrechtlicher Hinsicht auf den Rhein beschränkt ist. Vor diesem Hintergrund arbeitet die ZKR eng mit Vertretern des Gewerbes, den Flusskommissionen und der EU zusammen. In der Mannheimer Erklärung wird die führende und zukunftsweisende Tätigkeit der ZKR als Kompetenzzentrum für die Rhein- und Binnenschifffahrt in Europa hervorgehoben.

Die vorliegende Roadmap ist vorrangig darauf ausgerichtet, die Mannheimer Erklärung aus dem Jahr 2018 umzusetzen und dazu beizutragen, die existenzielle Herausforderung der Energiewende in der Rhein- und europäischen Binnenschifffahrt zu meistern.

Aufbauend auf der Studie der ZKR über die Energiewende zur emissionsfreien Binnenschifffahrt („ZKR-Studie“) stellt diese Roadmap das wichtigste Instrument der ZKR zur Abmilderung des Klimawandels und zur Gestaltung der Energiewende dar. Ziel ist die Emissionen in der Rhein- und Binnenschifffahrt zu verringern, und zwar durch

- die Festlegung von Übergangsszenarien für die Flotte (neue und bestehende Schiffe),
- die Anregung, Planung und Umsetzung von Maßnahmen, die von der ZKR selbst oder anderweitig beschlossen werden,
- die Überwachung der Zwischen- und Endziele der Mannheimer Erklärung.

Selbstverständlich sind zahlreiche Akteure an der Energiewende beteiligt, wie Schiffseigner, Ausrüster, Verloader und Schiffbauer und ebenso Vertreter des Binnenschifffahrtssektors, Klassifikationsgesellschaften, Ausrüstungshersteller, Infrastrukturbetreiber, Dienstleistungsanbieter, Energieerzeuger, Universitäten bzw. Forschungseinrichtungen, europäische Institutionen, internationale Organisationen einschließlich Flusskommissionen, ZKR, EU-Mitgliedstaaten und andere europäische Staaten mit Binnenwasserstraßen. Zusätzlich werden Koordination und Beteiligung am Aktionsplan NAIADES III⁸ der Europäischen Kommission und an laufenden europäischen Projekten zur Energiewende erforderlich sein, wie dem von der Waterborne Technology Platform koordinierten STEERER⁹-Projekt oder dem PLATINA3¹⁰-Projekt. Wie in den letzten Jahren werden seitens der genannten Akteure schon heute und auch künftig im Rahmen koordinierter Maßnahmen erhebliche Anstrengungen unternommen, um Erkenntnisse zu gewinnen und die Übernahme innovativer Lösungen zur Emissionsfreiheit zu testen und zu fördern.

Die ZKR hofft, dass die vorliegende Roadmap zur Entwicklung einer gemeinsamen Vision der Energiewende und der damit verbundenen Herausforderungen für die Binnenschifffahrt beiträgt, gleichzeitig aber auch Unterstützung und Akzeptanz für die damit verbundenen politischen Maßnahmen erzeugt. Die Roadmap könnte dazu dienen, Beschlüsse auf politischer Ebene, insbesondere der Mitgliedstaaten, möglicherweise aber auch der EU zu koordinieren. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, bei der Gestaltung der Roadmap mit möglichst vielen Akteuren zusammenzuarbeiten. Soweit möglich, sind Synergien mit vorhandenen Initiativen zu berücksichtigen oder zu schaffen.

⁸ https://ec.europa.eu/transport/modes/inland/news/2021-06-24-naiades-iii-action-plan_en

⁹ Das von der Europäischen Kommission im Zusammenhang mit dem Programm Horizont 2020 finanzierte und von der Waterborne Technology Platform koordinierte STEERER-Projekt (Structuring Towards Zero-Emission Waterborne Transport) zielt auf die Festlegung von Emissionszielen bis 2050 ab und entwickelt zur Erreichung der vereinbarten Ziele eine strategische Forschungs- und Innovationsagenda, einen Umsetzungsplan und einen Kommunikationsplan. Zur Überwachung und Bewertung der Umsetzung der vereinbarten Strategie wird eine Green Shipping Expert Group eingesetzt, an der das Sekretariat der ZKR mitwirkt.

¹⁰ Das Projekt PLATINA3 zielt auf die Förderung der Umsetzung eines künftigen NAIADES-Programms als Nachfolger der bisherigen Projekte PLATINA und PLATINA2 ab. In diesem Projekt hat die Energiewende einen hohen Stellenwert.

3. Vorläufige Begriffsbestimmungen, Ziele, Bewertung der Emissionen

3.1 Grundlegende Begriffsbestimmungen

In der Mannheimer Erklärung heißt es:

Wir beauftragen die ZKR, zur weiteren Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit der Binnenschifffahrt eine Roadmap zu entwickeln, um die Emissionen von

- *THG bis 2035 um 35 % im Vergleich zu 2015 zu reduzieren,*
- *Schadstoffen bis 2035 um mindestens 35 % im Vergleich zu 2015 zu reduzieren,*
- *THG und sonstigen Schadstoffen bis 2050 weitgehend zu beseitigen.*

Zur Gewährleistung eines gemeinsamen Verständnisses ist es nach Auffassung der ZKR erforderlich, den örtlichen Bezug und den Umfang der Roadmap anhand nachstehender Begriffsbestimmungen klarzustellen. Die Begriffsbestimmungen sind als erster Schritt gedacht und werden von der ZKR in regelmäßigen Abständen angesichts wissenschaftlicher, technischer und politischer Entwicklungen überprüft.

1. „Binnenschifffahrt“: Der Transport von Gütern und die Beförderung von Fahrgästen mit Binnenschiffen. Sportboote¹¹, Behördenschiffe (u. a. für Wasserschutzpolizei, Hafenbetrieb, Abfallsammlung) und schwimmendes Gerät¹² fallen derzeit nicht darunter.

Im weiteren Sinne könnte bei zukünftigen Überarbeitungen der Roadmap der Begriff für andere Arten von Schiffen (schwimmendes Gerät, Behördenschiffe und Sportboote) gelten.

2. „Emissionen“: Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (THG), die durch den Betrieb der Schiffsmotoren (Antrieb und Hilfsmotoren) entstehen¹³.

3. „Luftschadstoffe“: Gasförmige Schadstoffe wie Kohlenmonoxid (CO), Gesamtkohlenwasserstoff (HC) und Stickoxide (NO_x) und Feststoffpartikel, sowie luftverunreinigende Partikel, wie in der Verordnung (EU) 2016/1628¹⁴ genannt.

4. „Treibhausgase“ (THG): Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄)¹⁵.

5. „Weitgehend beseitigen“: Eine Minderung von Treibhausgasen (THG) und Luftschadstoffen bis 2050 **um mindestens 90 %** gegenüber 2015; diese Auslegung schließt eine Reduzierung von mehr als 90 % nicht aus. Wie bei dem Ansatz zur Schätzung der Emissionen kann diese Minderungsambition in einer künftigen Version der Roadmap zugunsten einer anspruchsvolleren Vorgabe revidiert werden.

¹¹ Gemäß Artikel 3 Absatz 2 der [Richtlinie 2013/53/EU](#) bezeichnet „Sportboot“ sämtliche Wasserfahrzeuge – unabhängig von der Antriebsart und unter Ausschluss von Wassermotorrädern – mit einer Rumpflänge von 2,5 m bis 24 m, die für Sport- und Freizeitwecke bestimmt sind.

¹² Gemäß Artikel 1.01 (1.22) ES-TRIN: „eine schwimmende Konstruktion mit auf ihm vorhandenen Arbeitseinrichtungen wie Krane, Bagger, Rammen, Elevatoren;“.

¹³ Nicht eingeschlossen sind folgende Emissionen: Lärmemissionen innerhalb und außerhalb des Schiffes sowie unter Wasser; der Eintrag von Wasserschadstoffen wie Schmiermittel, anwuchsverhindernde Schiffsfarben oder Abwasser; Ladungsabfälle.

¹⁴ Verordnung (EU) 2016/1628 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. September 2016 über die Anforderungen in Bezug auf die Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte, zur Änderung der Verordnungen (EU) Nr. 1024/2012 und (EU) Nr. 167/2013 und zur Änderung und Aufhebung der Richtlinie 97/68/EG.

¹⁵ Das [Kyoto-Protokoll](#) nennt sechs verschiedene Treibhausgase, von denen nur die vier oben genannten für die Binnenschifffahrt von Relevanz sind.

3.2 Tank-to-Wake-Ansatz (TTW)

In der vorliegenden Roadmap wurde insbesondere für die Flottenübergangsszenarien ein Tank-to-Wake-Ansatz (TTW) verwendet. Dieser Ansatz erlaubt es, im Einklang mit anerkannten wissenschaftlichen Methoden¹⁶ sowie den im Ordnungsrahmen genutzten Methoden¹⁷, auch das Potenzial der Kohlenstoffneutralität bestimmter Brennstoffe zu berücksichtigen.

Die Anwendung des TTW-Ansatzes setzt voraus, dass Annahmen über die **vorgelagerten Schritte** getroffen werden. **Die Schätzung der erzeugten Emissionen ist daher vereinfacht und die Verfügbarkeit von Brennstoffen wird in diesem Stadium (für alle Technologien) idealisiert dargestellt.** Die Herkunft der Biobrennstoffe muss zudem gemäß internationalen anerkannten Methoden¹⁶ nachvollziehbar sein.

Die Entscheidung für einen vereinfachten Ansatz lässt sich in mehrfacher Hinsicht begründen. Zum einen wurde in dem veröffentlichten Bericht über die Studie der ZKR zur wirtschaftlichen und technischen Bewertung von Technologien (Untersuchungsfrage C, Ausgabe 2¹⁸) der gleiche Ansatz verwendet. Zum anderen entspricht dieser Ansatz dem Wunsch der ZKR, sich auf ihren Tätigkeitsbereich, die Binnenschifffahrt, zu konzentrieren. Beim Well-to-Wake-Ansatz (WTW) müsste in der Tat die Nachhaltigkeit und Verfügbarkeit der Energieerzeugung berücksichtigt werden. Angesichts der bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich der nachhaltigen Energieerzeugung könnte eine verfrühte Anwendung des WTW-Ansatzes zu einer Vernachlässigung der Vorteile künftiger nachhaltiger Technologien führen und deren Entwicklung bremsen. Zudem könnte dieser Ansatz die Entwicklung der Schifffahrt mit diesen Technologien behindern.

Die ZKR ist sich bewusst, dass der TTW-Ansatz als Vereinfachung gewertet werden kann und Einschränkungen und mögliche Ungenauigkeiten beinhaltet. Sie sieht diesen Ansatz dementsprechend als einen ersten Schritt und verpflichtet sich, den TTW-Ansatz zu einem späteren Zeitpunkt zu überprüfen. Für einen WTW-Ansatz ist es wichtig, zuverlässigere Daten über die Emissionen in der vorgelagerten Produktions- und Lieferkette zu erheben und den Lebenszyklus für alle vorgesehenen Technologien zu berücksichtigen. Ebenso wird den Emissionen im Zusammenhang mit anderen Aspekten des Lebenszyklus der Schiffe und ihrer Antriebssysteme wie Bau, Instandhaltung und Abwrackung besondere Aufmerksamkeit zu widmen sein.

3.3 Bewertung der Emissionen im Jahr 2015 als Ausgangsbasis

Die ZKR hat die Daten zu den von der Binnenschifffahrt im Jahr 2015 auf nationaler Ebene erzeugten Emissionen gesammelt, plausibilisiert und bewertet.

Die von den Mitgliedstaaten übermittelten Daten beziehen sich auf die Emissionen, die von Binnenschiffen auf allen Wasserstraßen des betreffenden ZKR-Mitgliedstaats erzeugt werden. Diese Daten ermöglichen keine eindeutige Identifizierung der Rheinschifffahrt. Die Daten bedürfen der eingehenderen Überprüfung, um beispielsweise Doppelzählungen von Wasserstraßen in Grenzgebieten zu vermeiden. Definitionsgemäß werden Daten anderer europäischer Binnenwasserstraßen nicht berücksichtigt.

Die Sammlung der Daten erfolgt nach den Richtlinien für die offiziellen Inventarberichte im Rahmen der Klimakonvention und des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, allerdings verfahren die einzelnen Mitgliedstaaten nach unterschiedlichen Berechnungsmethoden. Die von den zuständigen einzelstaatlichen Behörden jeweils entwickelten Modelle lassen sich nicht ohne Weiteres harmonisieren.

¹⁶ Weltklimarat (IPCC), Leitlinien für nationale Treibhausgasinventare von 2006, Band 2, Kapitel 3, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf. Die im IPCC festgelegte Grundlage wurde auch in die Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen aufgenommen.

¹⁷ Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>

¹⁸ Untersuchungsfrage C, Ausgabe 2, abrufbar unter folgendem Link: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/EtudesTransEner/Deliverable_RQ_C_Edition2.pdf. Weitere Informationen zur ZKR-Studie über die Energiewende zur emissionsfreien Binnenschifffahrt sind hier erhältlich: <https://www.ccr-zkr.org/12080000-de.html>.

Die Plausibilität der Emissionsdaten (d. h. die Frage der Zuverlässigkeit der Daten und der Konsistenz mit anderen verfügbaren Daten) lässt sich auf verschiedene Weise überprüfen, beispielsweise indem die von den Mitgliedstaaten gemeldeten Emissionsdaten mit anderen Daten aus der Binnenschifffahrt verglichen werden (z. B. Transportmengen pro Land oder Anzahl beförderter Fahrgäste).

Die folgende Tabelle fasst die von der Binnenschifffahrt im Jahr 2015 auf allen Wasserstraßen der ZKR-Mitgliedstaaten erzeugten Emissionen zusammen.

Tabelle 1: Zusammenfassende Tabelle der Luftschadstoff- und THG-Emissionen der Binnenschifffahrt im Jahr 2015

<i>Emissionen</i>	Gesamt (kt)
Kohlenstoffdioxid (CO₂)	4149,2
Kohlenmonoxid (CO)	38,2
Methan (CH₄)	0,2
Stickoxide (NO_x)	60,9
PM10 (Partikel)	2,0

Quelle: ZKR

Ungeachtet der unterschiedlichen Methoden zur Datenerhebung in den Mitgliedstaaten, sind die Zahlen mit den Ergebnissen einer aktuellen Studie vergleichbar, die anhand einer anderen Berechnungsweise auf der Grundlage des Brennstoffverbrauchs gewonnen wurden¹⁹.

Für die ZKR war auch die Frage relevant, ob das Jahr 2015 repräsentativ für die durch den Binnenschifffahrtssektor verursachten Emissionen ist. Eine besondere Herausforderung besteht darin, zu prüfen, ob die Transportmengen und die Verkehrsleistung eventuell durch wirtschaftliche Schwierigkeiten oder durch Niedrigwasserperioden beeinträchtigt wurden. In der Marktbeobachtung der ZKR (2019) wird bestätigt, dass das Jahr 2015 als repräsentativ angesehen werden kann, da in diesem Zeitraum keine größeren Schwankungen der Transportmengen (Mt) oder der Verkehrsleistung (tkm) zu beobachten waren. Insbesondere wurde die Emissionsintensität (kt pro tkm) in diesem Zeitraum gemessen, um eine mögliche Zunahme des Brennstoffverbrauchs (und der damit verbundenen Emissionen) aufgrund einer Niedrigwasserperiode zu erkennen.

3.4 Minderungsziele für Luftschadstoffe und THG

3.4.1 Vereinbarkeit der Emissionsminderungsziele für die Binnenschifffahrt der ZKR und der EU

Wie in Teil 1.1 ausgeführt, haben ZKR und EU gleichermaßen anspruchsvolle Emissionsminderungsziele vorgegeben.

ZKR und EU verfolgen beide langfristig mit der „treibhausgasfreien Binnenschifffahrt bis 2050“ dieselbe Vision. Die Emissionsminderungsziele unterscheiden sich jedoch in Bezug auf den sachlichen Anwendungsbereich (gesamter Verkehrssektor / nur Binnenschifffahrt) und die Referenzwerte. Darüber hinaus bestehen nach wie vor erhebliche Unterschiede in Bezug auf die mittelfristigen Ziele (die diesbezüglichen Minderungsziele der EU liegen für alle Sektoren zusammen ungefähr doppelt so hoch wie die der ZKR für den Binnenschifffahrtssektor).

Diese Feststellung ist wichtig, denn daraus lässt sich ableiten, dass die meisten Maßnahmen aus der vorliegenden Roadmap über den Rhein hinaus von Belang sind. Gleiches gilt auch für das Spektrum der in den Übergangsszenarien berücksichtigten Technologien. Allerdings müssen die Intensität der Maßnahmen (einschließlich der finanziellen Unterstützung) und die Geschwindigkeit der Weiterentwicklungen der Technologien und Brennstoffe erhöht werden, um ehrgeizigere mittelfristige Ziele zu erreichen.

¹⁹ ZKR-Studie, von der Schweiz in Auftrag gegebenen Untersuchungsfrage C, Ausgabe 1: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/EtudesTransEner/Deliverable_RQ_C_Edition1.pdf

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei den Luftschadstoffen im Unterschied zu den Ambitionen der Mannheimer Erklärung seitens der EU außer für den Straßenverkehrssektor derzeit keine Ziele vorgesehen sind.

3.4.2 Information über die Emissionsminderungsziele für die anderen Verkehrsträger

Bezüglich der Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität²⁰ der EU sind 20 % der THG-Emissionen im Verkehrsbereich dem Straßenverkehr zuzuschreiben. Die EU-Ziele für den Straßenverkehr sind auf 15 % Verringerung ab 2025 und 30 % ab 2030 gegenüber dem EU-Durchschnitt im Bezugszeitraum²¹ festgelegt. Straßenverkehr und Binnenschifffahrt weisen erhebliche Unterschiede bezüglich der Möglichkeiten zur Modernisierung oder durchgreifenden Erneuerung der Flotten auf. Die Fahrzeuge im Straßenverkehr können schneller angepasst werden und liegen in einer niedrigeren Kostenkategorie, der Lebenszyklus der Binnenschiffe ist wesentlich länger, wie sich am Durchschnittsalter der rheinischen Flotte ablesen lässt²². Darüber hinaus profitiert der Straßenverkehr von einer viel größeren (Serien-)Produktion, die höhere Investitionen in Forschung und Entwicklung und niedrigere Kosten für fortschrittliche Technologien ermöglicht (Größenvorteile).

Im Bereich der Seeschifffahrt hat die Internationale Seeschifffahrtsorganisation (IMO) im April 2018 eine Strategie²³ zur Verringerung der THG-Emissionen verabschiedet. Ziel ist hier, in der internationalen Seeschifffahrt THG-Emissionen in diesem Jahrhundert baldmöglichst schrittweise zu eliminieren. Die Strategie enthält zwei Zwischenziele. Das erste besteht darin, bis 2030 die THG-Emissionen pro Transportaktivität um mindestens 40 % zu senken und die Bemühungen im Hinblick auf eine Minderung um 70 % bis 2050 gegenüber 2008 weiterzuführen. Das zweite Zwischenziel besteht darin, das Gesamtvolumen der jährlichen THG-Emissionen bis 2050 um mindestens 50 % gegenüber 2008 zu verringern. 2023 soll eine überarbeitete Strategie verabschiedet werden.

4. Übergangsszenarien in für die Binnenschifffahrt bis 2035 und 2050

4.1 Zweckbestimmung der Übergangsszenarien

Derzeit werden verschiedene Szenarien geprüft, da es für die Energiewende noch keine Patentlösung gibt. So hängt die Wahl der geeigneten Technologie für die Verringerung von Emissionen beispielsweise nicht nur vom Fahrprofil der Schiffe und dem Marktsegment ab, das sie bedienen, sondern auch von den damit verbundenen technischen Anforderungen. Es ist davon auszugehen, dass verschiedene (modulare) Optionen für emissionsfreie Antriebe im Rahmen eines breiten Energieträger-/Brennstoffmix von Bedeutung sein werden, um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen. Angesichts der Unsicherheiten hinsichtlich der Entwicklung bestimmter Technologien und des Wissens, das aus laufenden Forschungsprojekten über neue technologische Möglichkeiten gewonnen werden könnte, sollten derzeit keine Technologien oder Lösungen ausgeschlossen werden. Die Realisierung der Energiewende in der Binnenschifffahrt sollte so technologieneutral wie möglich sein. Eine regelmäßige Bewertung der möglichen Übergangsszenarien ist daher unerlässlich. Darüber hinaus sind Sicherheitsaspekte, einschließlich betrieblicher Fragen und Umweltverschmutzungsrisiken durch Unfälle, im Zusammenhang mit möglichen neuen technologischen Entwicklungen gleichermaßen wichtig und sollten ebenfalls einer regelmäßigen Bewertung unterzogen werden.

Die Übergangsszenarien dienen der Beschreibung der erwarteten zeitlichen Entwicklung der gesamten Flotte mit einer Aufschlüsselung nach den Technologien zur Erreichung der Zwischen- und Endziele (Energieträger und -wandler). Berücksichtigt werden dabei sowohl **der Bau neuer als auch die Nachrüstung bestehender Schiffe**. Der Austausch älterer und umweltschädlicherer Motoren trägt ebenfalls zur Senkung der Emissionen bei.

²⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>

²¹ Bezugszeitraum: 1. Juli 2019 bis 30. Juli 2020 https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en

²² 50 % der Flotte ist mehr als 50 Jahre alt.

²³ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/250_IMO%20submission_Talanoa%20Dialogue_April%202018.pdf

Diese Faktoren wirken sich auf die Zusammensetzung der Binnenschiffahrtsflotte und die damit verbundenen Emissionen aus. Zu diesem Zweck ist die „ZKR-Studie“ in die Roadmap eingeflossen.

Die Übergangsszenarien stellen unter Berücksichtigung der Endergebnisse der „ZKR-Studie“ und anderer Forschungsarbeiten eine Vorausschau auf die Flotte in den kommenden Jahren dar, wobei vor allem folgende Elemente in die Ausarbeitung einfließen: Wirtschaftliche Variablen, Marktreife und Verfügbarkeit von Technologien, Anteil Neubauten, Abwrackungen, Alter der Schiffe und Umrüstung bestehender Schiffe. Die Übergangsszenarien können die Ausgestaltung politischer Maßnahmen erleichtern, so insbesondere zu

- Finanzierungsmaßnahmen (in welche Technologie, für welchen Flottentyp und wann mit Schwerpunkt auf „No-regret“-Investitionen),
- verordnungsrechtlichen Maßnahmen (z. B. Zertifizierung neuer Technologien oder Verbot der umweltschädlichsten Technologien, die nicht mit den langfristigen Emissionsminderungszielen bis 2050 vereinbar sind),
- logistischen und infrastrukturbezogenen Maßnahmen (Beschaffungskette und Bunkeranlagen) und
- Anreizen auf der Grundlage der möglichen Einführung eines Umwelt- und Klimaschutzlabels.

Die ZKR wird die Entwicklung und die Emissionen der Flotte regelmäßig beobachten und die Übergangsszenarien angesichts der wissenschaftlichen, technischen und politischen Entwicklungen gegebenenfalls regelmäßig anpassen.

Es ist ausdrücklich zu betonen, dass die Entwicklung solcher Übergangsszenarien und der Transformationsprozess, den das Binnenschiffahrtsgewerbe hin zur Emissionsfreiheit bis 2050 vollziehen muss, mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet sind. Diese Unsicherheiten beziehen sich vor allem auf die Preise, die Verfügbarkeit von Brennstoffen und die technologische Entwicklung.

4.2 Berücksichtigte Technologien

Die für diese Roadmap ausgewählten Technologien spiegeln den aktuellen Wissensstand wider. Es wurde beschlossen, sich auf eine Reihe von Technologien mit einem technologischen Reifegrad (TRL) von 5 und höher zu konzentrieren. Einige wurden als nicht ausgereift genug angesehen, um eingesetzt zu werden, insbesondere angesichts der aktuellen Kostenprognosen. **Allerdings sollten zum jetzigen Zeitpunkt keine Technologien ausgeschlossen werden.** So könnten beispielsweise andere technologische Optionen wie Lithium-Luft-Batterien, LOHC (Liquid Organic Hydrogen carrier, flüssige organische Wasserstoffträger), Ameisensäure (Hydrozin) oder grünes Ammoniak in Kombination mit Brennstoffzelle (FC) oder Verbrennungsmotoren (ICE) in späteren Phasen der Energiewende eine Rolle spielen. Ammoniak zum Beispiel ist ein ernsthafter Kandidat als Energieträger für Seeschiffe, wirft aber noch wichtige Sicherheitsfragen auf, die in der Binnenschiffahrt geprüft werden müssen. Schließlich könnten in den nächsten Jahrzehnten auch andere, heute noch nicht bekannte Technologien zum Einsatz kommen.

Wie in *Kapitel 1* dieser Roadmap erläutert, ist es aufgrund der geringen Größe des Binnenschiffahrtssektors erforderlich, mögliche Technologien aus der Seeschiffahrt und anderen Industriezweigen zu berücksichtigen. Dies wurde auch bei den hier betrachteten Übergangsszenarien berücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wurden bei den Übergangsszenarien die folgenden Technologien berücksichtigt:

Tabelle 2: Technologien, TRL und Emissionsminderungspotenzial

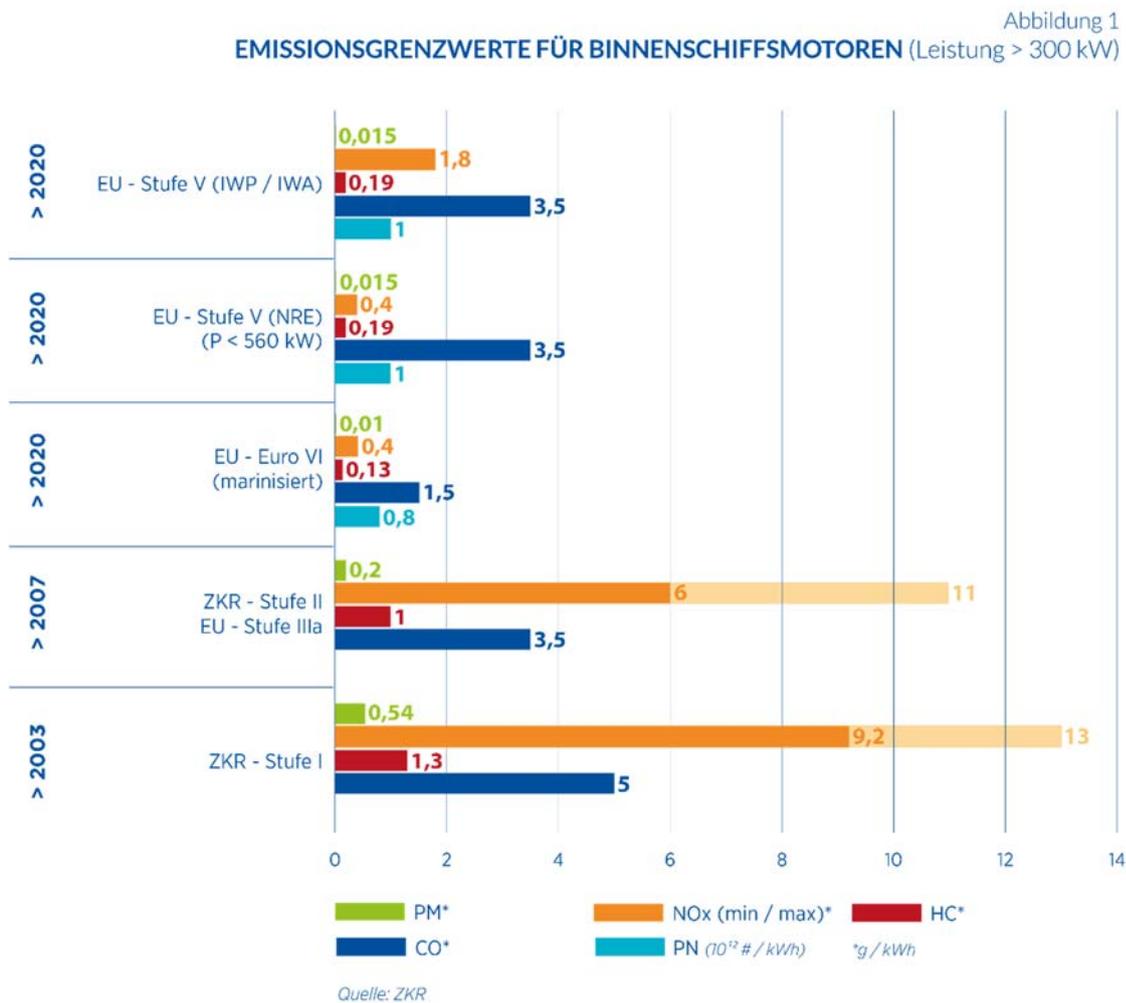
Berücksichtigte Technologien	Beschreibung	TRL (1-9) Schiffsanwendung	TRL (1-9) Brennstoff / Energie -erzeugung und Lieferung	Emissionsminderungspotenzial (bei einer idealen vorgelagerten Kette)		
				THG / CO _{2e}	NO _x	Partikel
ZKR 2 oder darunter, Diesel	Fossiler Diesel in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte nach ZKR II erfüllt, oder einem älteren Motor.	9	9	0%	0%	0%
ZKR 2 + SCR, Diesel	Fossiler Diesel in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte nach ZKR II erfüllt und zusätzlich mit einem selektiven katalytischen Reduktionssystem ausgestattet ist.	9	9	0%	82%	54%
Stufe V, Diesel	Fossiler Diesel in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte der EU-Stufe V erfüllt.	9	9	0%	82%	92%
LNG	Verflüssigtes Erdgas in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte der EU-Stufe V erfüllt.	9	9	10%	81%	97%
Stufe V, HVO	HVO in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte der EU-Stufe V erfüllt.	9	9	100%	82%	92%
	HVO subsumiert Hydrierte Pflanzenöle (ohne Beimischung fossiler Brennstoffe) und alle vergleichbaren Drop-in-Biobrennstoffe (einschließlich E-Brennstoffe) sowie synthetischen Diesel, der mit abgeschiedenem CO ₂ und nachhaltigem Strom hergestellt wird.					
LBM	Verflüssigtes Biomethan (oder Bio-LNG) in einem Verbrennungsmotor, der die Emissionsgrenzwerte der EU-Stufe V erfüllt.	9	8	100%	81%	97%
Batterie	Batterieelektrische Antriebssysteme, mit fest eingebauten oder austauschbaren Batteriesystemen.	8	7	100%	100%	100%
H ₂ , FC	Wasserstoff als Flüssigkeit oder Gas gespeichert und in Brennstoffzellen verwendet.	7	7	100%	100%	100%
H ₂ , ICE	Wasserstoff als Flüssigkeit oder Gas gespeichert und in Verbrennungsmotoren verwendet.	5	7	100%	82%	92%
MeOH, FC	Methanol in Brennstoffzellen verwendet.	7	6	100%	100%	100%
MeOH, ICE	Methanol in Verbrennungsmotoren verwendet.	5	6	100%	82%	92%

Quelle: ZKR

In Übereinstimmung mit dem in Teil 3.2 gewählten Ansatz gehen alle in diesen Übergangsszenarien verwendeten Technologien von einer idealen vorgelagerten Produktions- und Lieferkette aus.

Anmerkung 1: Was den Energiewandler anbelangt, so werden in den Übergangsszenarien zur Energiewende Motoren mit Einstoffbetrieb (Monokraftstoff) berücksichtigt. In der Praxis könnten auch Dual-Fuel-Motoren eingesetzt werden, so z.B. Motoren, welche mit LNG und Gasöl betrieben werden können, aber deutlich höhere THG-Emissionen aufweisen. Dies könnte auch für MeOH- und H₂-Motorengelten, sobald diese auf den Markt kommen.

Anmerkung 2: Die ZKR-Stufe 2 bezieht sich auf die in dem Beschluss ZKR 2005-II-20 festgelegten Emissionsgrenzwerte. Die EU-Stufe V bezieht sich auf die in der Verordnung (EU) 2016/1628 festgelegten Emissionsgrenzwerte für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (Klassen IWP, IWA, NRE oder marinisierte EURO-VI-Motoren für Lkw). Die verbindlichen Grenzwerte für Luftschadstoffemissionen sind in Abbildung 1 zusammengefasst:

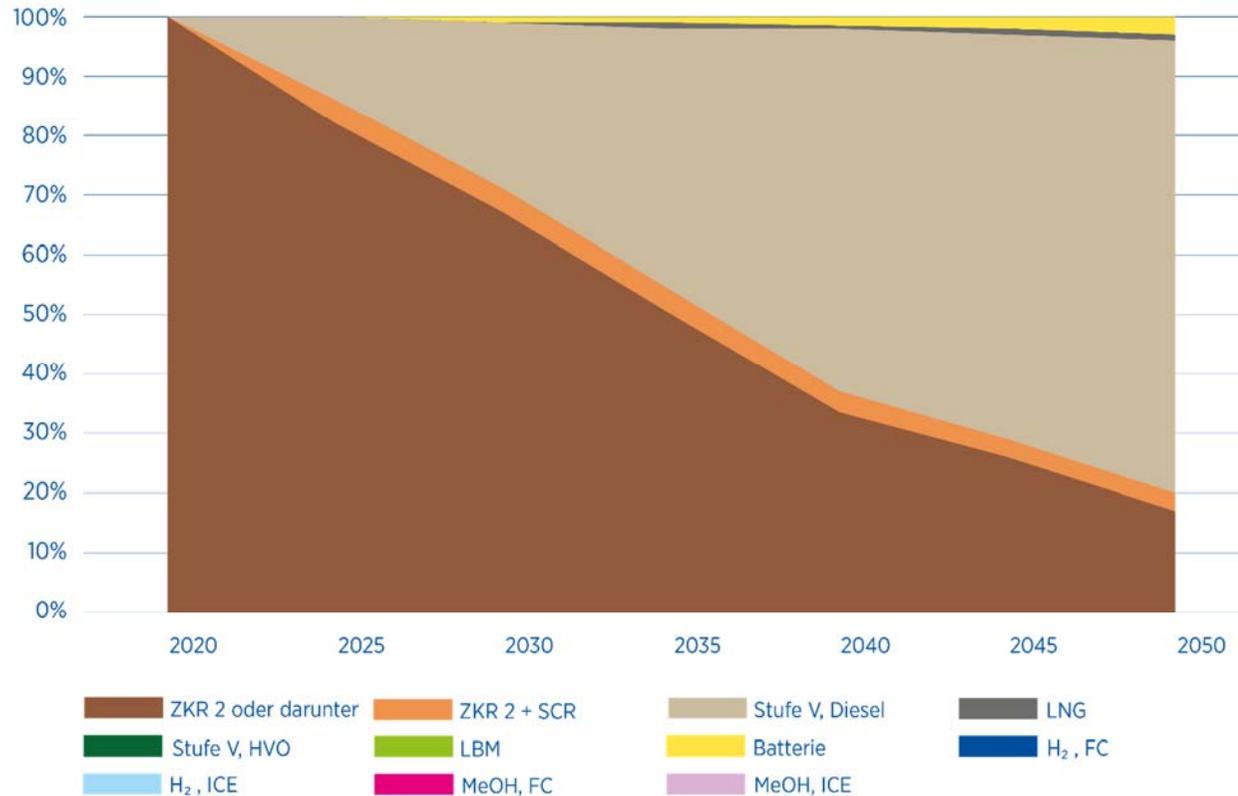


Alle Abkürzungen sind in Anlage 1 im Einzelnen definiert.

4.3 Definition des Business-As-Usual-Szenarios (BAU-Szenarios) (2015/2035/2050)

In nachstehender Abbildung 2 ist die Entwicklung der Technologien von 2020 bis 2050 bezogen auf die gesamte Flotte für das BAU-Szenario im Überblick dargestellt. Laut diesem Szenario fahren bis 2050 über 96 % der Schiffe weiterhin mit fossilen Brennstoffen. Dieses Szenario geht auch von einem leichten Gesamtanstieg der Verwendung von Biobrennstoffen in der gesamten Flotte aus, der sich aus den von den Brennstofflieferanten bereitgestellten

Abbildung 2
BAU-SZENARIO - ENTWICKLUNG DER TECHNOLOGIEN BIS 2050



Quelle: ZKR

Dieselmischungen aus Biobrennstoff und fossilem Diesel ergibt. Ausgehend von 0 % im Jahr 2015 wird angenommen, dass dieser Anteil linear auf maximal 7 % des gesamten Dieserverbrauchs im Jahr 2050 ansteigt. Optimistischere Annahmen deuten jedoch auf höhere Anteile hin. Während der Anteil von Biodiesel für nicht für den Straßenverkehr bestimmte Motoren heute noch bei nur 7 % liegt, wird davon ausgegangen, dass der Anteil von Biobrennstoffen und erneuerbaren Brennstoffen bis 2035 auf 10 % und bis 2050 auf 20 % ansteigen wird²⁴.

²⁴ Laut Europäischem Verband der Verbrennungsmotorenhersteller (EUROMOT).

Um Übergangsszenarien mit dem Horizont 2035 und 2050 zu entwickeln, ist es notwendig zu bestimmen, wie viel Emissionsminderung bereits von einem BAU-Szenario erwartet werden kann.

Im Rahmen dieser Roadmap geht das BAU-Szenario von dem aktuellen Rechtsrahmen aus und umfasst bestehende Rechtsvorschriften und Interventionsmaßnahmen. Es schließt daher alle Interventionsmaßnahmen aus, die noch offen und unsicher sind und noch nicht beschlossen wurden.

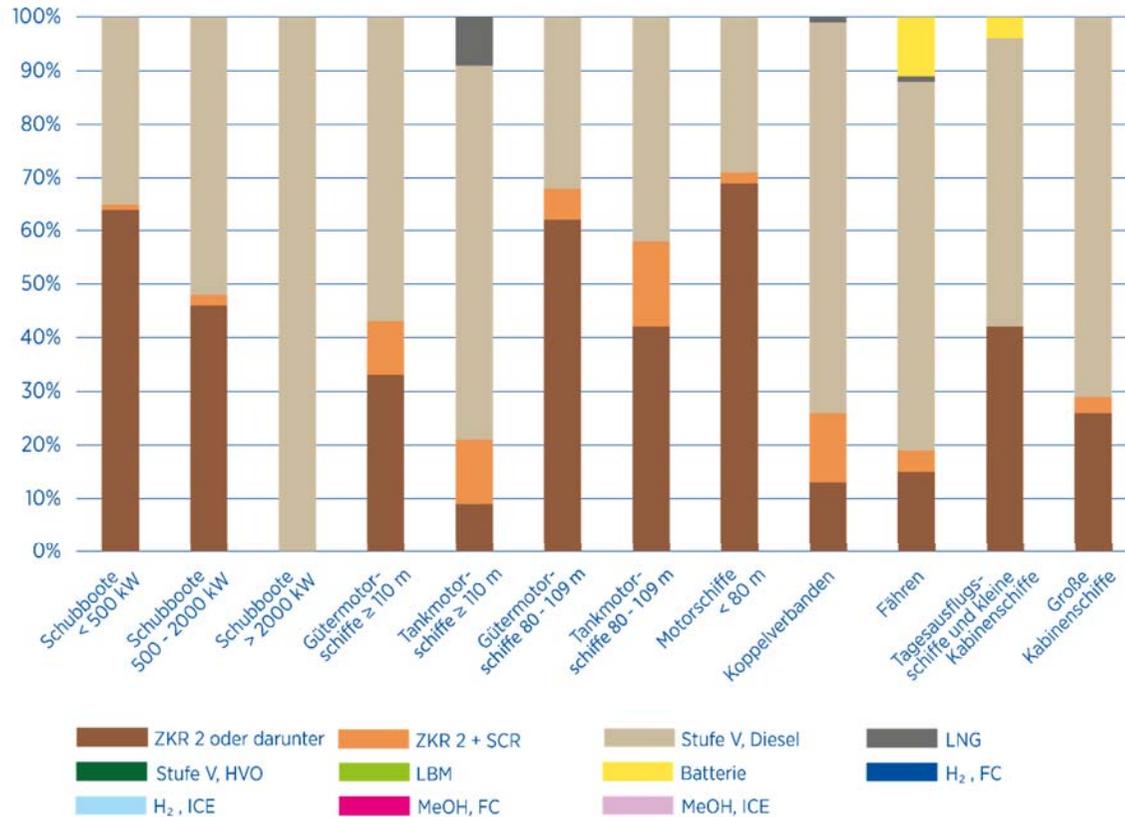
Das BAU-Szenario wird auf der Grundlage von Faktoren erstellt, die das Emissionsniveau bestimmen. Dies betrifft Faktoren wie die Transportnachfrage, die Entwicklung der Binnenschiffahrtsflotte, die Entwicklung des Energieverbrauchs eines Schiffs, die Entwicklung der Transport- und Logistikeffizienz sowie die Entwicklung des Emissionsprofils eines Schiffs. Für jeden Faktor wurden Annahmen getroffen, die es ermöglichen, ein BAU-Szenario in Bezug auf die in der Mannheimer Erklärung festgelegten wichtigen Meilensteine 2015, 2035 und 2050²⁵ zu bestimmen.

In diesem BAU-Szenario ist im Jahr 2015 in allen Flottenfamilien die Mehrzahl der Schiffe mit Motoren der ZKR-Stufe 2 oder darunter ausgerüstet, wobei angenommen wird, dass die Motoren mit herkömmlichem Dieselmotoren (EN 590) betrieben werden.

Die verwendeten Schiffstypen sind in Anlage 1 im Einzelnen definiert.

²⁵ Die Parameter dieses BAU-Szenarios wurden im Rahmen der Studie der ZKR über die Energiewende detailliert festgelegt (insbesondere im Rahmen der Untersuchungsfrage C): <https://www.ccr-zkr.org/12080000-de.html>

Abbildung 3
BAU-SZENARIO PRO FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2035



Quelle: ZKR

Im Vergleich zum Jahr 2015 kann mit einem BAU-Szenario im Jahr 2035 folgendes Emissionsminderungspotenzial erreicht werden:

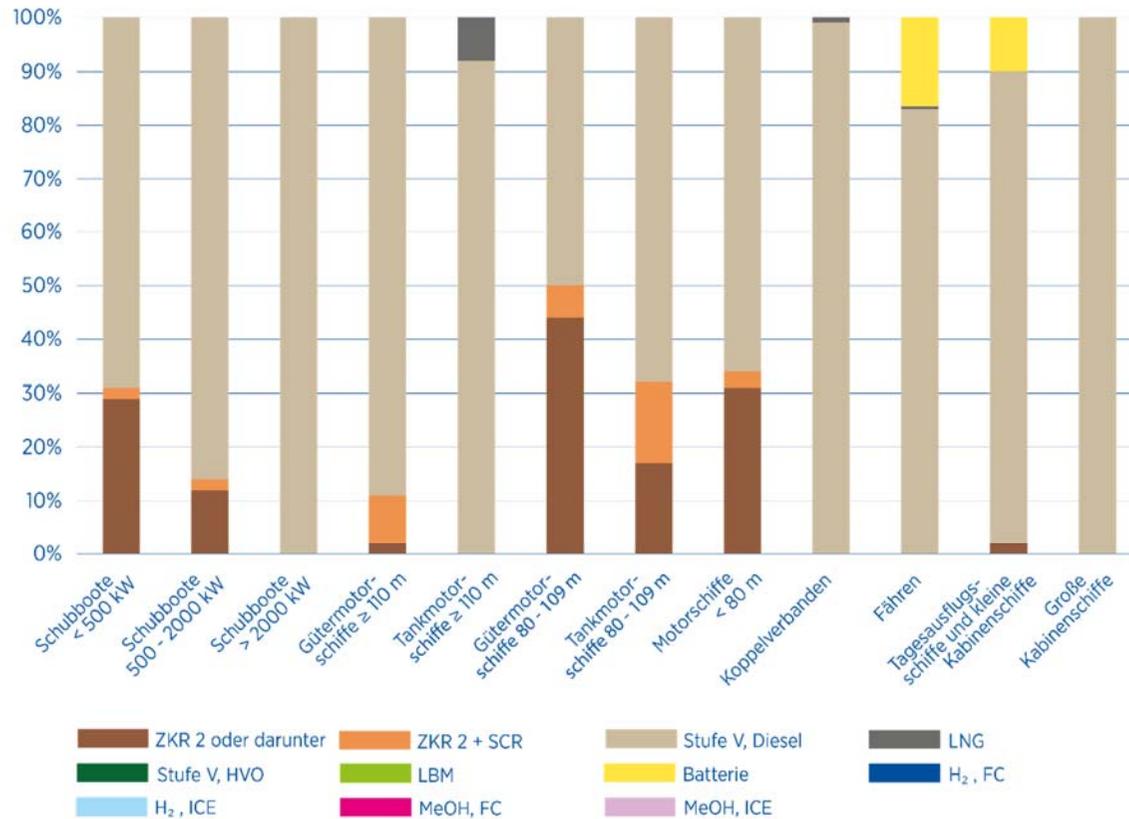
THG: -14 %

NOx: -57 %

Partikel: -63 %

In diesem BAU-Szenario wird für das Jahr 2035, sofern in der Abbildung 3 nichts anderes angegeben ist, davon ausgegangen, dass die Schiffsmotoren mit einer Brennstoffmischung aus konventionellem Diesel und 4 % Biobrennstoff betrieben werden. Es ist festzuhalten, dass in diesem BAU-Szenario die in der Mannheimer Erklärung vorgesehenen Luftschadstoffziele (NOx und Partikel) im Jahr 2035 erreicht werden können. Um das THG-Reduktionsziel einer 35%igen Reduzierung gegenüber 2015 zu erreichen, müssten jedoch aktive Schritte unternommen werden.

Abbildung 4
BAU-SZENARIO PRO FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2050



Quelle: ZKR

Im Vergleich zum Jahr 2015 kann mit einem BAU-Szenario im Jahr 2050 folgendes Emissionsminderungspotenzial erreicht werden:

THG: -22 %

NOx: -76 %

Partikel: -83 %

In diesem BAU-Szenario wird für das Jahr 2050, sofern in der Abbildung 4 nichts anderes angegeben ist, davon ausgegangen, dass die Schiffsmotoren mit einer Brennstoffmischung aus konventionellem Diesel und 7 % Biobrennstoff betrieben werden. Es ist zu beobachten, dass in diesem BAU-Szenario die in der Mannheimer Erklärung vorgesehenen Emissionsziele für Luftschadstoffe und THG im Jahr 2050 nicht erreicht werden können. Um diese Ziele zu erreichen, müssten aktive Schritte unternommen werden.

4.4 Übergangsszenarien mit dem Horizont 2050

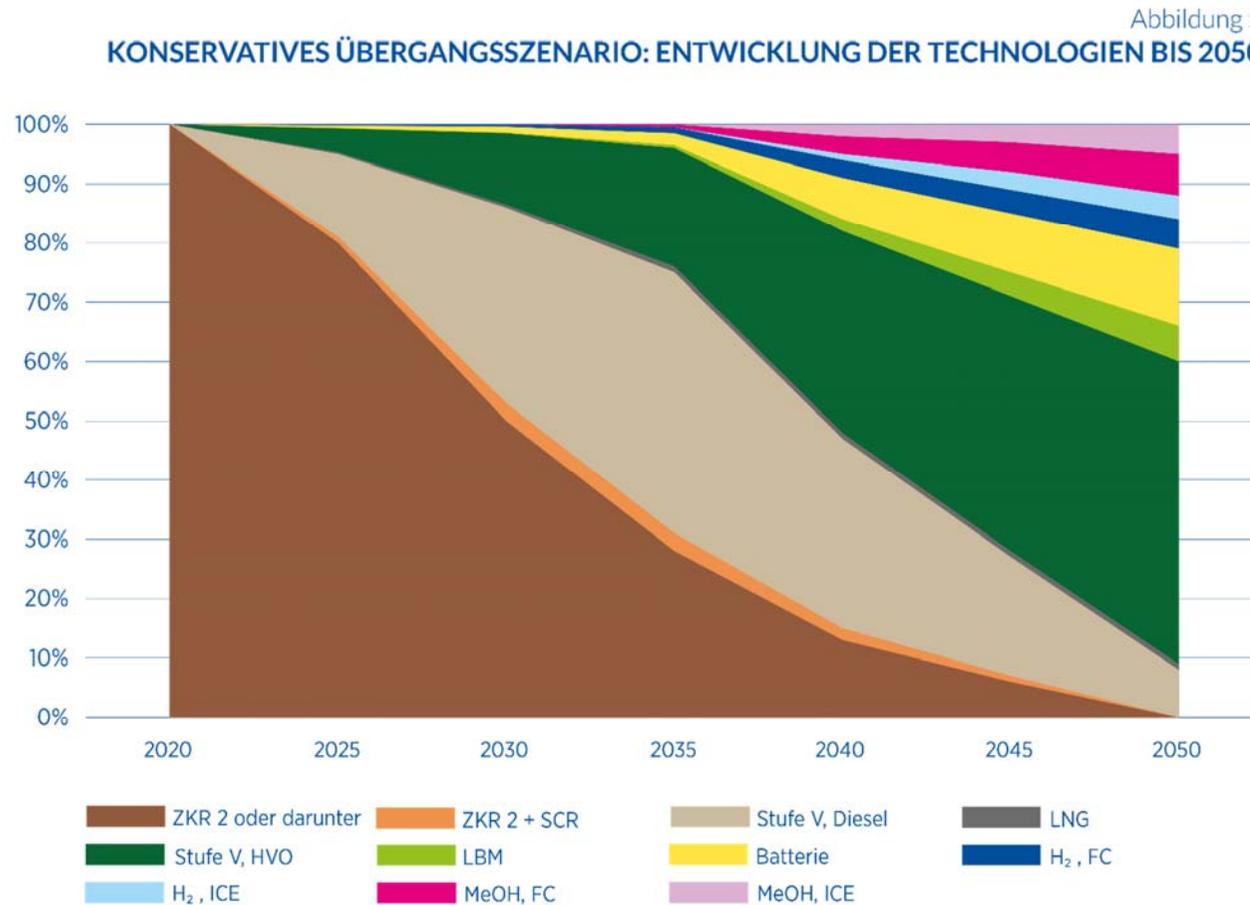
Um die in der Mannheimer Erklärung vorgesehenen Ziele für die Emissionen von Luftschadstoffen und THG in den Jahren 2035 und 2050 zu erreichen, wurden für jeden Meilenstein zwei Übergangsszenarien entwickelt: ein konservatives und ein innovatives Übergangsszenario.

Die Entscheidung, zwei Übergangsszenarien zu bearbeiten, ist maßgeblich den zahlreichen Unsicherheiten in Bezug auf ihre Entwicklung geschuldet. Die Unsicherheiten stehen mit verschiedenen Aspekten im Zusammenhang, z. B. den technologischen Entwicklungen, den mit den Technologien verbundenen Kosten, der Marktreife und der Verfügbarkeit bis 2050. Auch die Energiequellen selbst (Wasserstoff, Strom, Biobrennstoffe) sind mit Unsicherheiten behaftet, insbesondere im Hinblick auf ihre Verfügbarkeit in ausreichender Menge und zu einem für die Binnenschifffahrt erschwinglichen Preis.

Das konservative Übergangsszenario steht dabei für eine eher pessimistische Einschätzung der technologischen Entwicklung, bei der in der Binnenschifffahrt innovativ ausgerichtete Technologien nur in geringem Maß entwickelt werden (vor allem weil sie unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für die Binnenschifffahrt zu keiner Zeit in Frage kamen). Das innovative Übergangsszenario geht hingegen von einer optimistischeren Einschätzung der Entwicklung aus, bei der innovative Technologien ihren Platz auf dem Markt gefunden haben (vor allem weil die geringe Verfügbarkeit und die starke Erhöhung der Preise für Biobrennstoffe die Wettbewerbsfähigkeit der innovativen Technologien erhöht haben). Der Ansatz mit zwei einander ergänzenden Übergangsszenarien ermöglicht es, die mit der Vorausschau auf die Entwicklung der Flotte bis 2050 verbundenen Unsicherheiten zu einzugrenzen. In der Praxis liegt die tatsächliche Entwicklung der Flotte dann wahrscheinlich zwischen den beiden Übergangsszenarien, die beide Vor- und Nachteile mit sich bringen.

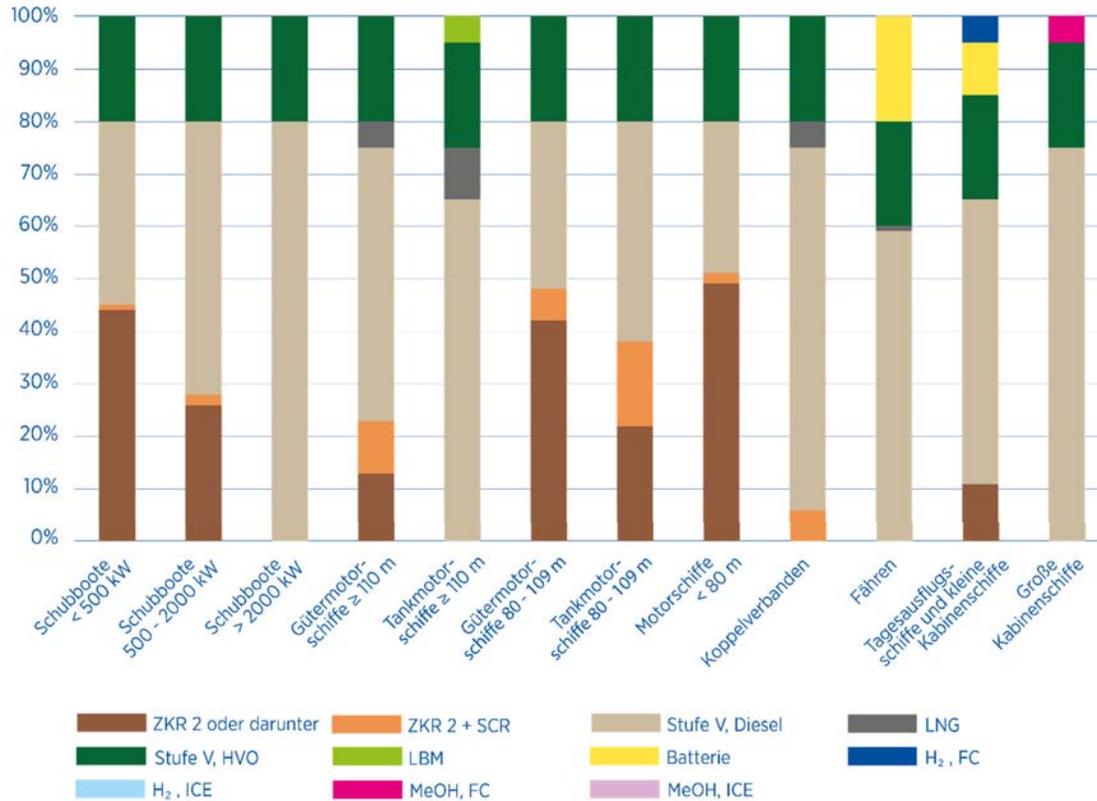
4.4.1 Konservatives Übergangsszenario bis 2050

Das konservative Übergangsszenario bedeutet ein Vorgehen, bei dem die in Betracht zu ziehenden alternativen Brennstoffe und Technologien relativ einfach und kosteneffizient in kurzer Frist umzusetzen sind. Als Alternativen würden sich z. B. fortschrittlicher Biodiesel für den Einsatz in bestehenden Dieselmotoren oder flüssiges Biomethan (LBM) bei Gasmotoren anbieten. Dabei handelt es sich um Brennstoffe und Technologien, die einen relativen hohen TRL aufweisen und bereits auf dem Markt verfügbar sind.



In nachstehender Abbildung 5 sind die mögliche Entwicklung der Technologien von 2020 bis 2050 bezogen auf die gesamte Flotte und die möglicherweise darauf entfallenden Anteile für das konservative Übergangsszenario im Überblick dargestellt.

Abbildung 6
**KONSERVATIVES ÜBERGANGSSZENARIO: TECHNOLOGIEANTEIL
 FÜR JEDE FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2035**



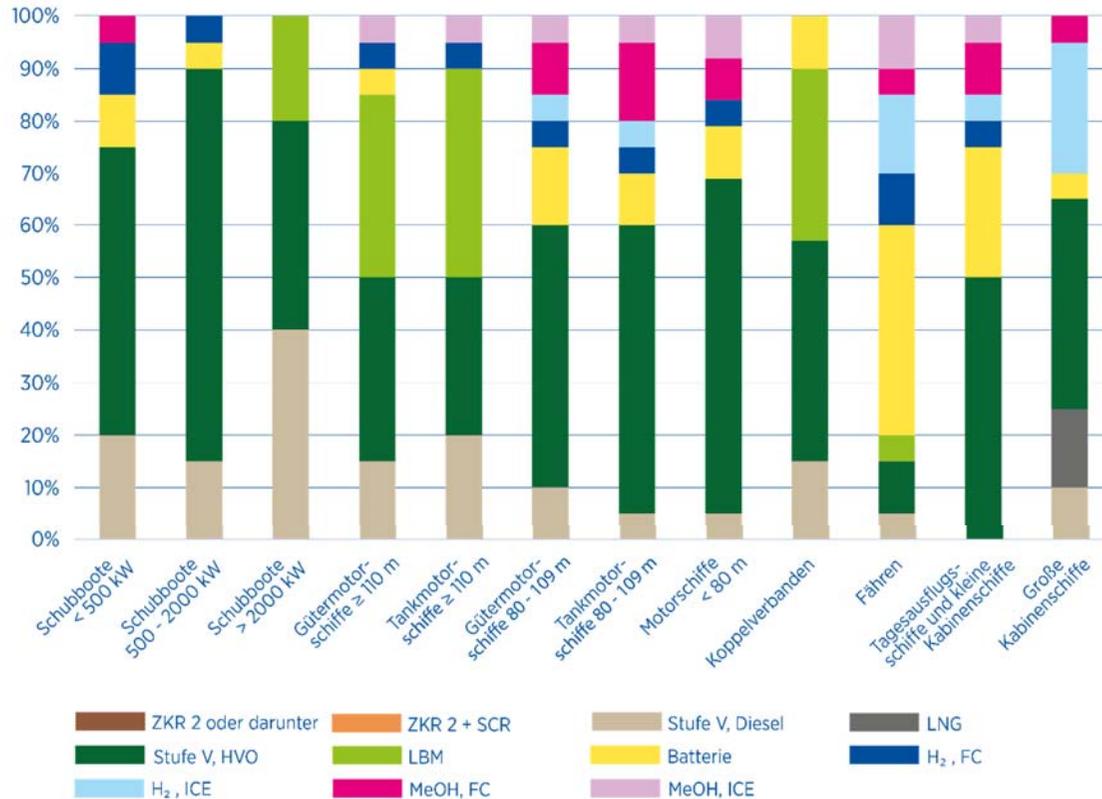
Quelle: ZKR

Technologieanteil für die einzelnen Flottenfamilien im Jahr 2035

Wie in Abbildung 6 dargestellt, spielt bei einer 35 %igen Reduzierung bis zum Jahr 2035 auf dem konservativen Übergangsszenario der Verbrennungsmotoren (ICE) in großen Teilen der Flotte immer noch eine Rolle.

In den Berechnungen wird jedoch zusätzlich zum konventionellen Diesel von einem größeren Anteil an HVO ausgegangen. Dieser Anteil an HVO ist ausreichend, sodass im konservativen Übergangsszenario die Ziele der Mannheimer Erklärung mit einem vergleichsweise geringen Anteil an fortschrittlichen Technologien wie FC und Batterien erreicht werden könnten.

Abbildung 7
KONSERVATIVES ÜBERGANGSSZENARIO: TECHNOLOGIEANTEIL FÜR JEDE FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2050



Quelle: ZKR

Technologieanteil für die einzelnen Flottenfamilien im Jahr 2050

Bis zum Jahr 2050 ermöglicht das konservative Übergangsszenario, das in Abbildung 7 dargestellt ist, das folgende Emissionsminderungspotenzial im Vergleich zum Jahr 2015:

THG: -91 %

NOx: -90 %

Partikel: -96 %

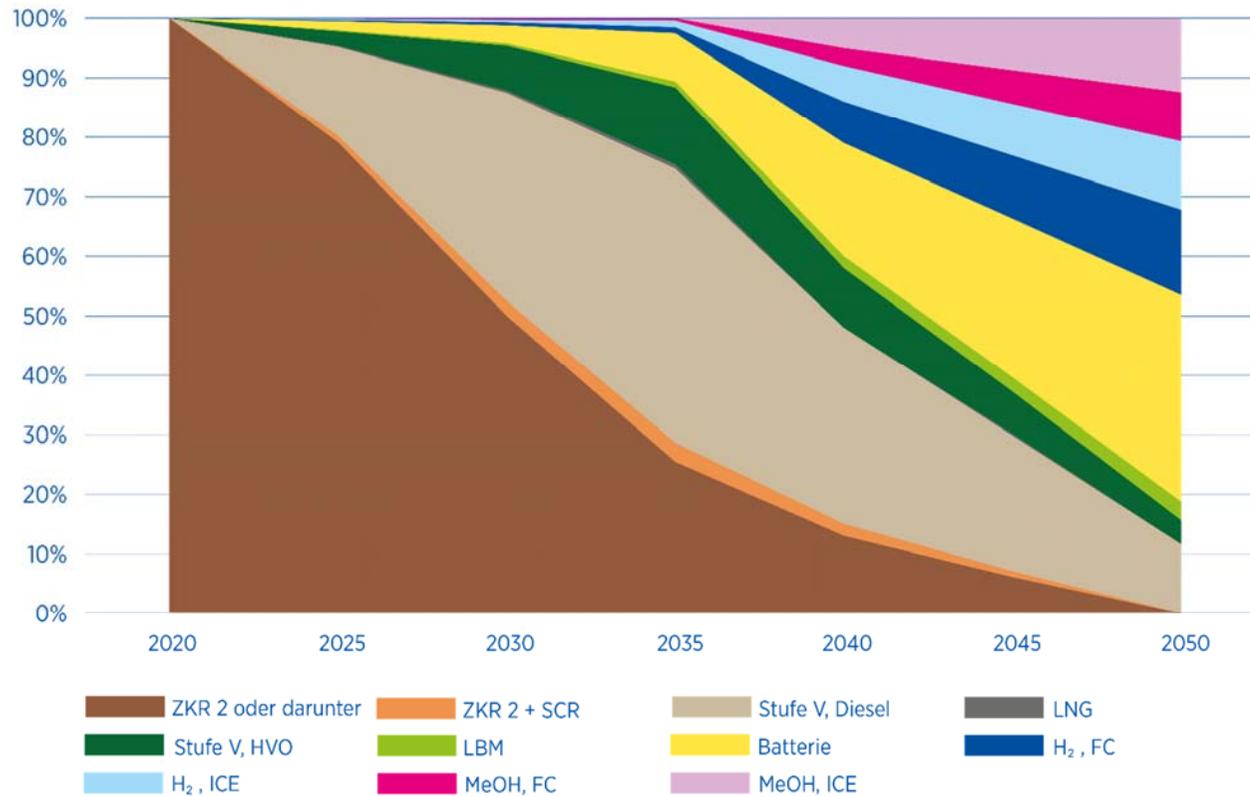
Die drop-in-fähigen Brennstoffe HVO und LBM verfügen dann über einen relativ großen Anteil, insbesondere in den Flottenfamilien, die eine verhältnismäßig große installierte Leistung haben. Schiffe aus diesen Flottenfamilien werden für andere Alternativen wie z. B. Batterien eher weniger geeignet sein.

4.4.2 Innovatives Übergangsszenario bis 2050

Das innovative Übergangsszenario setzt stärker auf neuere Entwicklungen, bei denen sich die in Betracht zu ziehenden Brennstoffe und Technologien derzeit noch in ihrem Anfangsstadium befinden (niedriger TRL) und im Vergleich zu fortschrittlichem Biodiesel und LBM deutlich teurer sind. Dies betrifft Alternativen wie batterieelektrische und wasserstoffbetriebene Antriebssysteme, die lokal emissionsfrei sind. Es wird davon ausgegangen, dass sie in den nächsten Jahren ausgereifter werden.

Abbildung 8

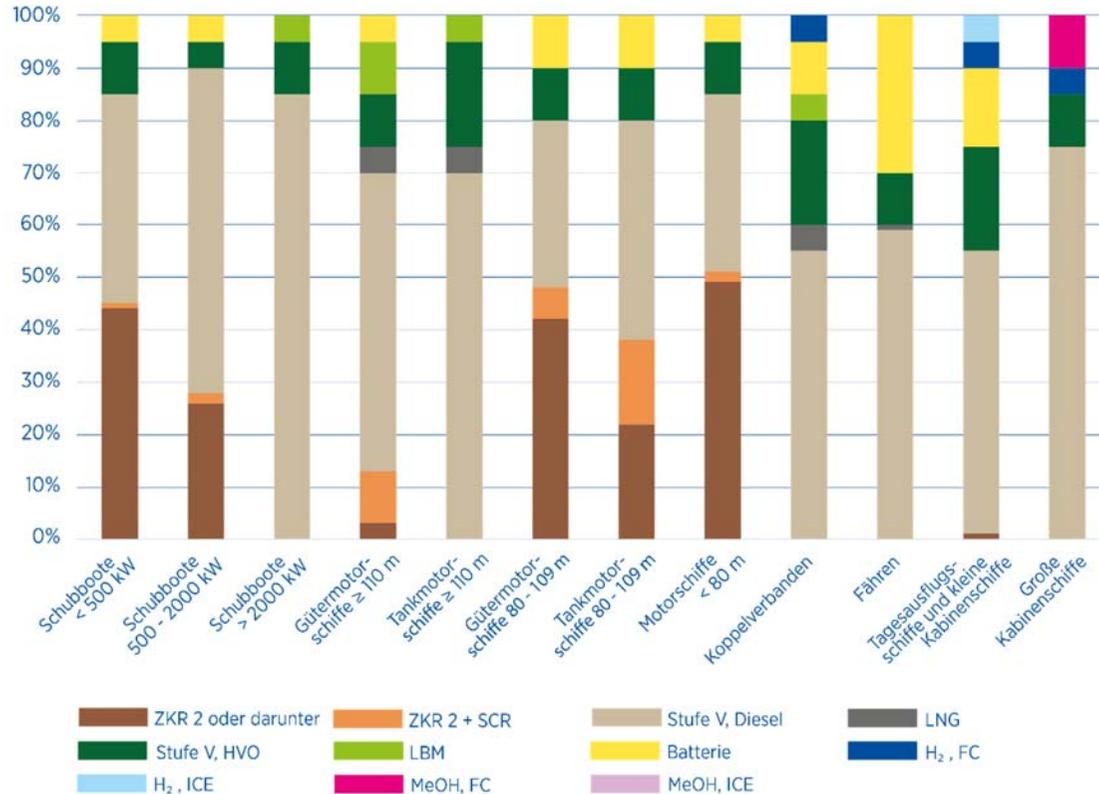
INNOVATIVES ÜBERGANGSSZENARIO: ENTWICKLUNG DER TECHNOLOGIEN BIS 2050



Quelle: ZKR

In nachstehender Abbildung 8 sind die mögliche Entwicklung der Technologien von 2020 bis 2050 bezogen auf die gesamte Flotte und die möglicherweise darauf entfallenden Anteile für das innovative Übergangsszenario im Überblick dargestellt.

Abbildung 9
INNOVATIVES ÜBERGANGSSZENARIO: TECHNOLOGIEANTEIL FÜR JEDE FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2035

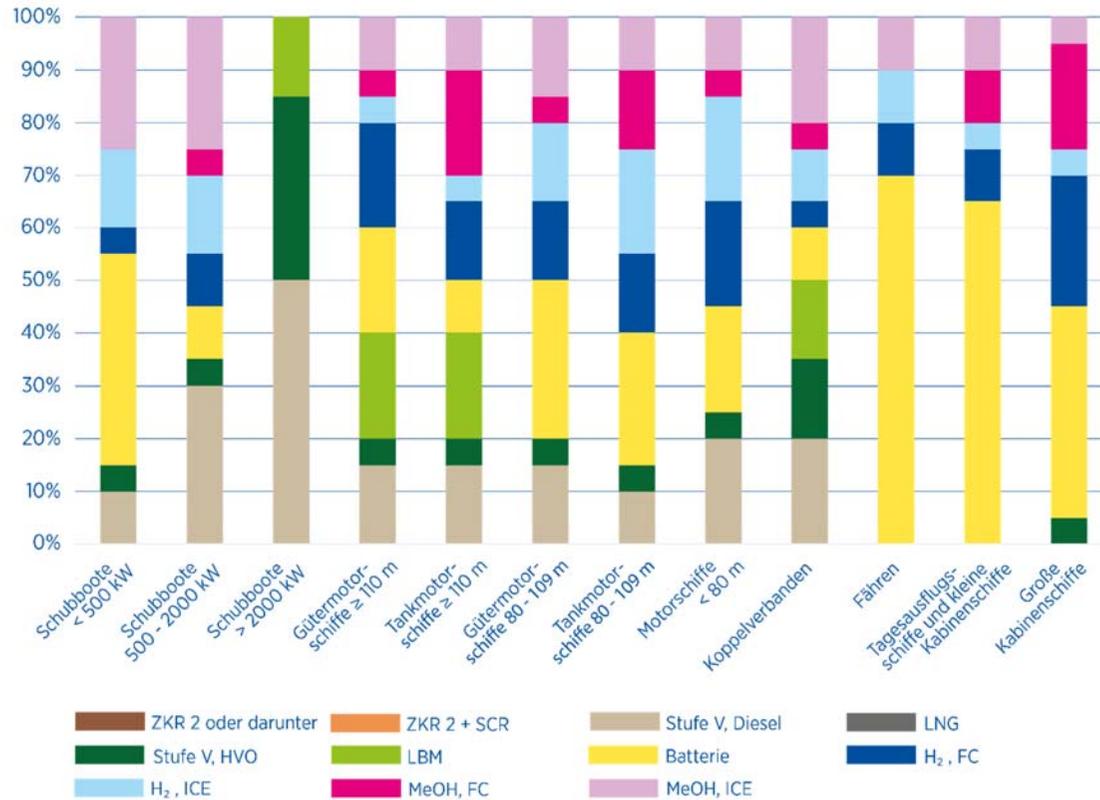


Quelle: ZKR

Technologieanteil für die einzelnen Flottenfamilien im Jahr 2035

Bei einem innovativen Übergangsszenario wird, wie in Abbildung 9 dargestellt, bereits 2035 eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien für alle Teile der Flotte eingesetzt, wobei der batterieelektrische Antrieb sowie der MeOH- oder Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb die wichtigsten sind. Der Anteil von HVO fällt im Vergleich zum konservativen Übergangsszenario entsprechend geringer aus.

Abbildung 10
**INNOVATIVES ÜBERGANGSSZENARIO: TECHNOLOGIEANTEIL
 FÜR JEDE FLOTTENFAMILIE IM JAHR 2050**



Quelle: ZKR

Technologieanteil für die einzelnen Flottenfamilien im Jahr 2050

Im Jahr 2050 ermöglicht das innovative Übergangsszenario das folgende Emissionsminderungspotenzial im Vergleich zum Jahr 2015:

- THG: -91 %
- NOx: -94 %
- Partikel: -98 %

Aus der Abbildung 10 ist ersichtlich, dass sich der Anteil der Technologien in Richtung batterieelektrischer Antrieb sowie Wasserstoff und MeOH verschiebt. In all diesen Fällen handelt es sich um Technologien, die im Vergleich zu HVO und LBM ein relativ niedriges TRL-Niveau aufweisen.

Eine Ausnahme bildet die Flottenfamilie der größten Schubschiffe (> 2000 kW). Diese Schiffe zeichnen sich durch eine hohe installierte Leistung, einen hohen Brennstoffverbrauch (im Schnitt der branchenhöchste), und eine eventuell begrenzte Eignung für alternative Technologien / Brennstoffe aus. Zum Beispiel könnten Batterien hier weniger geeignet sein, da sie sich angesichts des erforderlichen Volumens und Gewichts der Batterien nachteilig auf das Schiff auswirken könnten.

4.4.3 Weitere Überlegungen zu den Übergangsszenarien

Obwohl sich die in der Mannheimer Erklärung festgelegten Zielsetzungen in beiden Übergangsszenarien (nach dem TTW-Ansatz „Tank-to-Wake“) – wie in Abschnitt 3.2 erläutert – erreichen lassen, ist anhand der ersten Einschätzungen zu erkennen, dass beim innovativen Übergangsszenario die zu schließende Finanzierungslücke²⁶ je nach unterlegtem Preisszenario um einen Faktor von 1,6 bis 2,9 im Vergleich zum konservativen Übergangsszenario höher ist. Dieser Unterschied hat erhebliche Auswirkungen auf die Höhe der benötigten öffentlichen und privaten Finanzmittel für die Energiewende sowie für die damit verbundenen Kosten, die das Gewerbe (sowohl in Form von Investitionskosten (CAPEX) als auch von Betriebskosten (OPEX)) zu tragen hat. Diese Kostenunterschiede sind in erster Linie auf den geringeren Anteil teurerer Technologien wie H₂, FC und Batterien im konservativen Übergangsszenario im Vergleich zum innovativen Übergangsszenario zurückzuführen. Dies führt (angesichts der geschätzten Preise der verschiedenen Energiearten und der geringeren Wartungskosten) in der Tat zu deutlich niedrigeren CAPEX und OPEX im konservativen Übergangsszenario. Langfristig sinken jedoch die OPEX in beiden Übergangsszenarien, insbesondere im innovativen Übergangsszenario.

Allerdings bestehen hinsichtlich der Biobrennstoffe erhebliche Unsicherheiten:

- Über den Umfang (bis zu 100 %) der Beimischung von Biobrennstoffen kann nur spekuliert werden (je höher der verbleibende Anteil an fossilem Diesel/Gas ist, desto höher sind die Emissionen).
- Die Verfügbarkeit von Biobrennstoffen aus nachhaltiger Produktion ist auch ein Problem, insbesondere aufgrund der begrenzten Erzeugungskapazitäten (die Verfügbarkeit des Rohstoffs für die Erzeugung von HVO ist ein einschränkender Faktor). Es sei darauf hingewiesen, dass solche Unsicherheiten hinsichtlich der Verfügbarkeit auch für andere alternative Brennstoffe gelten, die auf erneuerbarem Strom basieren, wie z. B. durch Elektrolyse erzeugter Wasserstoff.
- Auch die Konkurrenz zu anderen Verkehrsträgern und anderen Industriesektoren bei der Verteilung und Verwendung dieser Biobrennstoffe ist zu berücksichtigen. Zum Beispiel werden die meisten Biobrennstoffe wahrscheinlich letztlich mehrheitlich der Luft- oder der Seeschifffahrt zugewiesen werden, wenn für diese Sektoren keine andere Technologie geeignet ist.
In solchen Situationen könnten die Kosten für die Biobrennstoffe deutlich ansteigen. Damit würde auch die wirtschaftliche Attraktivität des konservativen Übergangsszenarios deutlich gemindert.

Zudem werden, selbst wenn die Biobrennstoffe bei Berücksichtigung der gesamten Produktionskette als kohlenstoffneutral gelten, bei der Verbrennung von Biobrennstoffen für den Schiffsantrieb zumindest lokal THG und Luftschadstoffe ausgestoßen. Wenn dann in einschlägigen Verordnungen „Nullemissions-Gebiete“ ausgewiesen werden, wie es beispielsweise für die von europäischen Metropolen geplant ist, dürften eventuell Schiffe, die mit Biobrennstoffen betrieben werden, dort nicht mehr fahren. Auch in diesem Fall würde die Attraktivität des konservativen Übergangsszenarios gemindert. Auch muss die **Herkunft der Biobrennstoffe nachvollziehbar** sein (siehe 3.2).

Die bei den innovativen Technologien erwarteten Fortschritte bringen voraussichtlich Vorteile in Bezug auf die Energieeffizienz der Antriebssysteme (im Verhältnis zu konventionellen Dieselmotoren) und in Bezug auf geringere Wartungskosten, insbesondere mit Blick auf den elektrischen Antrieb, mit sich. Aufgrund dessen ist für das innovative Übergangsszenario eine Verringerung der OPEX nach 2035 zu erhoffen, dies zeigt den langfristigen Vorteil solcher Investitionen.

Wenn die Emissionsminderungsziele bis 2050 mehr als 90 % betragen sollen, sind mit den im innovativen Übergangsszenario maßgeblich berücksichtigten Technologien größere Chancen auf Erreichen der zusätzlichen Minderung verbunden.

²⁶ Bezieht sich auf die gesamten kumulierten Gesamtbetriebskosten (TCO) (insgesamt 30 Jahre zwischen 2020 und 2050). Bei einem Mindestpreisszenario ist die finanzielle Lücke beim innovativen Übergangsszenario doppelt so hoch wie beim konservativen Übergangsszenario, bei einem Durchschnittspreisszenario um den Faktor 3 höher und bei einem Höchstpreisszenario um den Faktor 1,5 höher.

4.5 Die finanzielle Herausforderung und die damit verbundenen Investitionen²⁷

4.5.1 Kosten im Zusammenhang mit der Energiewende

Die finanzielle Herausforderung zur Erreichung des Nullemissionsziels bis 2050 ist beträchtlich. Je nach Übergangsszenario ist die finanzielle Lücke, die zur Erreichung der Emissionsminderungsziele der Mannheimer Erklärung geschlossen werden muss, sehr unterschiedlich, beträgt aber in jedem Szenario mehrere Milliarden Euro.

Die „ZKR-Studie“ kommt zu dem Schluss, dass die mit der Energiewende verbundenen Kosten die finanziellen Möglichkeiten des schiffahrtstreibenden Gewerbes übersteigen werden, sodass das Gewerbe nur einen Teil der für die Energiewende erforderlichen Kosten tragen kann. Beispielsweise sind derzeit nur sehr wenige Schiffseigner in der Lage, überhaupt „nur“ den ersten Schritt zur Investition in einen elektrischen Antriebsstrang zu finanzieren.

Um diese Lücke zu schließen und um die Übergangsszenarien für das Binnenschiffahrtsgewerbe, die Energieversorger und die Betreiber der landseitigen Infrastruktur wirtschaftlich tragfähig zu machen, sind beträchtliche Zuschüsse erforderlich. Eine starke öffentliche Unterstützung (auf europäischer und nationaler Ebene) ist daher erforderlich. Zusätzlich zu Pilotprojekten sollten Investitionen in die Umweltfreundlichkeit sowohl für Neubauten als auch für die bestehende Flotte (Nachrüstung) unterstützt werden.

Die finanzielle Lücke wurde durch Berechnung der Differenz zwischen den Gesamtbetriebskosten (TCO = CAPEX + OPEX) des BAU-Szenarios und den TCO der beiden (oben beschriebenen) Übergangsszenarien ermittelt.

Die finanzielle Gesamtlücke beim konservativen Übergangsszenario, das den Zeitraum 2020-2050 abdeckt, beträgt etwa

- 2,43 Mrd. € im Mindestpreis-Szenario,
- 2,65 Mrd. € im Szenario mit Durchschnittspreisen,
- 6,38 Mrd. € im Höchstpreis-Szenario.

Die finanzielle Gesamtlücke beim innovativen Übergangsszenario, das den Zeitraum 2020-2050 abdeckt, beträgt etwa

- 5,26 Mrd. € im Mindestpreis-Szenario,
- 7,80 Mrd. € im Szenario mit Durchschnittspreisen,
- 10,19 Mrd. € im Höchstpreis-Szenario.

Die finanzielle Lücke zwischen dem BAU-Szenario und den beiden Übergangsszenarien lässt sich hauptsächlich durch die höheren CAPEX in den beiden Übergangsszenarien erklären. Diese sind auf die höheren CAPEX für die innovativsten Technologien (insbesondere FC und Batterien) zurückzuführen. Es ist auch wichtig festzustellen, dass die OPEX bei beiden Übergangsszenarien langfristig sinken und das gleiche oder sogar ein niedrigeres Niveau als die OPEX beim BAU-Szenario erreichen dürften. Dies lässt sich hauptsächlich durch die Annahmen erklären, die bei der Bestimmung der Kosten der beiden Übergangsszenarien getroffen wurden, d. h. 30 % Energieeinsparung zwischen 2020 und 2050 bei den Übergangsszenarien gegenüber 15 % Energieeinsparung zwischen 2020 und 2050 beim BAU-Szenario. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die OPEX auch durch einen verbesserten technologischen Reifegrad gesenkt werden können (d. h. niedrigere Wartungskosten, insbesondere für Batterien, die derzeit bei den innovativsten Technologien höher sind, oder durch Vorteile in Bezug auf die Energieeffizienz des Antriebssystems).

Es wurde jedoch keine Situation gefunden, in der Einsparungen bei den OPEX die zusätzlichen CAPEX, die mit Investitionen in neue Technologien verbunden sind, decken können. Folglich ist für den Schiffseigner und -ausrüster im Allgemeinen keine Investitionsrendite für (nahezu) emissionsfreie Technologien im Vergleich zu BAU zu erwarten.

²⁷ Dieser Teil wurde weitgehend der Studie der ZKR über die Energiewende entnommen, die unter <https://www.ccr-zkr.org/12080000-en.html> abrufbar ist.

4.5.2 Können im Rahmen der Energiewende in der Binnenschifffahrt „No-regret-Investitionen“ identifiziert werden?²⁸

Zwar ist es angesichts der vielen Unwägbarkeiten der Energiewende in der Binnenschifffahrt schwierig, mit Sicherheit vorherzusagen, welche Investitionen für die gesamte Flotte als „no-regret-Investitionen“ betrachtet werden können, doch gibt es für einige Flottenfamilien bereits verlässliche Hinweise.

Unabhängig vom gewählten Übergangsszenario ist davon auszugehen, dass **Fähren und Tagesausflugschiffe** überwiegend **Batterien** einsetzen können. Im Allgemeinen können Schiffe, die lokal (insbesondere in dicht besiedelten Gebieten) mit einem begrenzten Energiebedarf und einer festen Fahrstrecke betrieben werden, von niedrigen Energiekosten für Elektrizität aus dem Netz profitieren.

Große Schubboote können mit ihrem hohen Energiebedarf, dem Rund-um-die-Uhr-Betrieb und der hohen Motorauslastung als das andere Extrem betrachtet werden. Sie werden voraussichtlich noch mehrere Jahrzehnte lang auf Verbrennungsmotoren (ICE) angewiesen sein. In diesem Fall könnte die **Investition in saubere und effiziente Verbrennungsmotoren (ICE)** (nach den neuesten Standards) als zukunftssicher gelten. Für die Donauschifffahrt ist dies besonders relevant, da auf der Unteren und Mittleren Donau fast 60 % des Binnenschiffsverkehrs auf Schubboote mit hoher Kapazität (bis zu 15 000 Tonnen) entfallen. Bei diesen Schiffen wird die Optimierung der Energieeffizienz ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil der Energiewende sein. Der Kohlenstoff-Fußabdruck kann durch den schrittweisen Einsatz von kompatiblen Drop-in-Brennstoffen (z. B. HVO oder LBM) verringert werden, wenn diese Brennstoffe die in Abschnitt 3.2 genannten Anforderungen erfüllen.

Je nach Fahrprofil können **elektrische Antriebsstränge** (Generator mit Verbrennungsmotoren (ICE) und Elektromotor) ebenfalls als „No-regret-Investition“ betrachtet werden, sowohl für neue als auch für nachgerüstete Schiffe. Solche Investitionen ermöglichen einen **modularen Systemansatz, bei dem die Energiequelle an Bord in einem zweiten Schritt ersetzt wird**, da die Integration von Batterien oder FC-Systemen voraussetzt, dass das Schiff mit einem elektrischen Antriebsstrang ausgestattet ist.

4.5.3 Wie kann die Energiewende finanziell unterstützt werden?

Um die Energiewende in der Binnenschifffahrt zu unterstützen, hält es die ZKR **für angebracht, den Vorschlag eines europäischen Finanzierungsinstruments für die Energiewende in der Binnenschifffahrt zu verfolgen, das auf gemischten Finanzierungsquellen (öffentlich und privat) basiert und einen Beitrag des Gewerbes einschließt.**

Um Wettbewerbsgleichheit zu gewährleisten, sollte ein solches europäisches Förder- und Finanzierungsinstrument auch den EU-Mitgliedsländern sowie Rhein- und Donauanrainerstaaten, die nicht Mitglied der EU sind (insbesondere der Schweiz, Serbien, Moldawien und der Ukraine), offen stehen. Ein einfacher Zugang zu einem solchen Instrument ist ebenso wie eine unkomplizierte Verwaltung von größter Bedeutung.

Bevor ein solches Instrument umgesetzt werden kann, müssen jedoch noch einige wirtschaftliche, technische, rechtliche und praktische Fragen der Machbarkeit von den zuständigen Organisationen geklärt werden. Dies spiegelt sich auch im nächsten Abschnitt (Umsetzungsplan) und im Beschluss 2021-I-6 der ZKR wider, der die Veröffentlichung der endgültigen Studienergebnisse²⁹ vorgibt und am 2. Juni 2021 angenommen wurde.

²⁸ Quelle: ZKR-Studie, Untersuchungsfrage C, Ausgabe 2.

²⁹ <https://www.ccr-zkr.org/files/documents/resolutions/ccr2021-I-6.pdf>

5. Umsetzungsplan

Bei der Umsetzung der Energiewende zur emissionsfreien Binnenschifffahrt sind wirtschaftliche, technische, soziale und verordnungsrechtliche Aspekte zu beachten. Im Rahmen der Ausarbeitung des Umsetzungsplans wurde die Aufmerksamkeit auf diese Hindernisse und die Frage gerichtet, wie darauf durch politische Maßnahmen reagiert werden kann.

Wirtschaftliche Hindernisse

Aktuell gibt es im Allgemeinen keinen positiven Business Case, mit dem sich Investitionsentscheidungen der Schiffseigner/Ausrüster zugunsten von Technologien begründen lassen, die zur Emissionsfreiheit beitragen. Für die Anrechnung der Kosten für die Emissionsminderung auf die Transportkosten bedarf es zudem der Akzeptanz seitens der Verlager und der gesamten Transportkette.

Darüber hinaus besteht aufgrund der langen Lebensdauer von Schiffen und Schiffsantriebssystemen sowie der geringen Größe des Binnenschifffahrtsmarktes seitens der Motor- und Technologielieferanten eher geringes Interesse an der Entwicklung und dem Anbieten neuer Motoren und Energielösungen speziell für Binnenschiffe, was sich in vergleichsweise höheren Kosten für solche Lösungen niederschlägt. Die womöglich höheren TCO für umweltfreundliche Technologien stellen auch Risikofaktoren für die Schiffseigner dar.

Auch kann die Investitionskapazität der Schiffseigner je nach Sektor (Flüssiggüter / Trockengüter / Container / Fahrgäste) aufgrund des derzeitigen Binnenschifffahrtsmarktes recht begrenzt sein.

Technische Hindernisse

Lösungen für die Energiewende sind inzwischen vorhanden, die meisten der emissionsfreien Technologien befinden sich allerdings derzeit noch im Versuchsstadium und sind deshalb noch nicht auf einem Entwicklungsniveau, das einen Einsatz im großen Umfang ermöglicht. Diesbezüglich stellen sich zahlreiche Herausforderungen, z. B. (1) mehr F&E, um Innovationen bei umweltfreundlichen Technologien und alternativen Brennstoffen zu beschleunigen, (2) mehr signifikante Investitionen, um vorhandene Technologien zur Marktreife zu entwickeln und/oder sie weiterzuentwickeln, und (3) Einsatz der neuen innovativen bzw. marktreifen Technologien und Brennstoffe auf den Schiffen.

Pilotanwendungen sind nach wie vor wichtige erste Schritte, um die technischen Hindernisse aufzuzeigen und anzugehen, die dem Einsatz emissionsfreier Technologien entgegenstehen. Entsprechende Anwendungen sollten auch die Klärung der Frage der CAPEX und OPEX ermöglichen sowie einen tragfähigen Business Case aufzeigen.

Zudem muss parallel dazu die geeignete Infrastruktur für das Bunkern alternativer Brennstoffe geschaffen werden (Investitionen in neue Infrastrukturen und in die Anpassung vorhandener Infrastrukturanlagen).

Menschliche/soziale Hindernisse

Der Weg zur Emissionsfreiheit bedarf auch der Akzeptanz bei den Beschäftigten in der Binnenschifffahrt. Durch Schulung (Erstausbildung und Fortbildung) kann entsprechende Akzeptanz geschaffen und auch der Einsatz emissionsfreier Technologien auf Binnenschiffen aktiv gefördert werden. Grundsätzlich muss beim Einsatz neuer Technologien ein hohes Maß an Sicherheit und Zuverlässigkeit gewährleistet sein, damit diese gesellschaftlich akzeptiert werden und das Vertrauen erhalten bleibt.

Verordnungsrechtliche Hindernisse

Der derzeit für die Binnenschifffahrt geltende Ordnungsrahmen bietet nicht die notwendige Rechtssicherheit, um Investitionen zu gewährleisten, erste Schritte anzuregen und allgemein ausreichende Anreize für emissionsfreie Technologien zu schaffen. Anhand von Verbesserungen des Gesetzesrahmens sollte die regelmäßige Verwendung von alternativen Brennstoffen und Batterien auf Binnenschiffen ermöglicht werden. Verordnungsrechtlich geht es insbesondere um die Schiffstechnik, die Besatzung, die schifffahrtspolizeilichen Anforderungen sowie den Gefahrguttransport.

Der nachstehende Umsetzungsplan enthält eine Liste möglicher Umsetzungsmaßnahmen. Dabei werden regulatorische, freiwillige und finanzielle Maßnahmen unterschieden.

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	Erforderliche Aktivitäten	Akteure	Vorgehensweise, Instrumente und möglicher Beitrag der ZKR sowie Zeitplan (falls verfügbar)!
			(Was)	(Wer)	(Wie und wann)
R1a	Geeigneter Rechtsrahmen für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien (Schiffbau)	verbindliche Regelung	Entwicklung von Standards und Anforderungen für den Bau von Binnenschiffen, für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien an Bord	CESNI, ZKR-Mitgliedstaaten, Flusskommissionen ³⁰ , UNECE, EU, CEN, GERC	Normen und Vorschriften, welche auf der Grundlage der Erfahrungen mit Pilotprojekten sowie bestehender Normen aus dem maritimen Bereich und anderen Industriebereichen entwickelt wurden.
R1b	Geeigneter Rechtsrahmen für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien (Besatzung)	verbindliche Regelung	Entwicklung von Standards und Anforderungen für die Besatzung für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien an Bord von Binnenschiffen.	CESNI, ZKR-Mitgliedstaaten, Flusskommissionen, UNECE, EU	Zeitplan CESNI: Das Arbeitsprogramm 2022-2024 des CESNI enthält mehrere Aufgaben im Zusammenhang mit alternativen Brennstoffen.
R1c	Geeigneter Rechtsrahmen für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien (Schiffsbetrieb)	verbindliche Regelung	Entwicklung von Standards und Anforderungen für den Betrieb der Schiffe (schiffahrtspolizeiliche Vorschriften) für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien an Bord von Binnenschiffen.	ZKR-Mitgliedstaaten, Flusskommissionen, UNECE	Die technischen Vorschriften für Brennstoffzellen und Methanol sollen bis Ende 2022 verabschiedet werden. Die Vorschriften für die Speicherung von Wasserstoff dürften kurz darauf folgen.
R1d	Geeigneter Rechtsrahmen für die Verwendung alternativer Brennstoffe und Batterien (Transport gefährlicher Güter)	verbindliche Regelung	Entwicklung von Standards und Anforderungen für den Transport von alternativen Brennstoffen.	UNECE, ZKR	Mit der Ausarbeitung von Befähigungsstandards für die Nutzung relevanter alternativer Brennstoffe, Batterien und elektrischer Antriebssysteme wird 2022-2023 begonnen.
R1e	Geeigneter Rechtsrahmen für die Verwendung alternativer Brennstoffe (Definition, Brennstoffmerkmale, Beimischung und Lieferung)	verbindliche Regelung	Entwicklung von Standards und Anforderungen zur Erleichterung der Verwendung alternativer Brennstoffe (Definition, Brennstoffmerkmale, Beimischung und Lieferung), insbesondere von Biobrennstoffen. Koordinierung der Umsetzung von Instrumenten wie der EU-Richtlinie über erneuerbare Energien.	ZKR-Mitgliedstaaten, EU	Das Arbeitsprogramm 2022-2023 der ZKR sieht die Aufnahme von Arbeiten am verordnungsrechtlichen Rahmen für den Schiffsbetrieb vor.

³⁰ Mit „Flusskommissionen“ sind die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, die Donaukommission, die International Sava River Basin Commission und die Moselkommission gemeint.

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	Erforderliche Aktivitäten	Akteure	Vorgehensweise, Instrumente und möglicher Beitrag der ZKR sowie Zeitplan (falls verfügbar)!
			(Was)	(Wer)	(Wie und wann)
R1f	Überprüfung und ggf. Anpassung der Sicherheitsanforderungen und der gesetzlichen Anforderungen an das Bunkern alternativer Brennstoffe in der Binnenschifffahrt	verbindliche Regelung	Es muss sichergestellt werden, dass keine Sicherheits- oder andere Bestimmungen zur Bunkerinfrastruktur das Bunkern alternativer Brennstoffe verhindern.	ZKR, EU	<p>Bericht</p> <p>Identifizierung relevanter Gesetze und Anforderungen sowie von Lücken in der Gesetzgebung gemeinsam mit den für die Bunkerinfrastruktur zuständigen einzelstaatlichen Behörden.</p> <p>Das Arbeitsprogramm 2022-2023 der ZKR sieht die Behandlung dieses Themas vor.</p>
R2	Möglicher Ausstieg aus den umweltschädlichsten Technologien, die nicht mit den langfristigen Emissionsminderungszielen der ZKR und der EU vereinbar sind	verbindliche Regelung	Schaffung eines auf vorhandene Schiffe ausgerichteten verordnungsrechtlichen Rahmens für einen möglichen Ausstieg aus den umweltschädlichsten Technologien, mit denen die langfristigen Emissionsminderungsziele der ZKR und der EU nicht erreicht werden können, der sowohl auf THG als auch auf Schadstoffemissionen ausgerichtet ist.	ZKR, EU	<p>Branchendialog, Studie, Berichte, Vorschriften</p> <p>Das Label (siehe V1) könnte als Kriterium verwendet werden.</p> <p>Übermotorisierung bei der Nachrüstung bestehender Schiffe sollte verhindert werden, um eine effektive Verbesserung der Energieeffizienz zu gewährleisten (unter Berücksichtigung der vom Schiffskonstrukteur festgelegten optimalen Antriebsleistung).</p>
R3	Anforderungen an eine Infrastruktur für alternative Brennstoffe und für Strom für den Antrieb	verbindliche Regelung	Sicherstellen, dass dem Bedarf der Binnenschifffahrt an Infrastruktur für alternative Brennstoffe insbesondere bei der Überarbeitung der AFID-Richtlinie Rechnung getragen wird und dass die Interoperabilität mit allen Binnenschiffstypen gewährleistet ist.	ZKR, EU	Richtlinie, Bericht, Interoperabilitätsstandards

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	Erforderliche Aktivitäten	Akteure	Vorgehensweise, Instrumente und möglicher Beitrag der ZKR sowie Zeitplan (falls verfügbar)!
			(Was)	(Wer)	(Wie und wann)
R4	Prüfung der Möglichkeit eines Beitrags des Gewerbes im Rahmen eines europäischen Förder- und Finanzierungsinstruments.	verbindliche Regelung	Prüfung der steuerlichen Privilegien der Rhein-/Binnenschifffahrt unter rechtlichen, wirtschaftlichen und politischen Gesichtspunkten vor Eintritt in die Diskussion über die Internalisierung der externen Kosten im Bereich der Binnenschifffahrt	ZKR	Über die vorbereitenden Arbeiten im Rahmen der „ZKR-Studie“ (Untersuchungsfragen G und H) hinausgehend, Prüfung der Vereinbarkeit eines Beitrags des Gewerbes insbesondere mit der Mannheimer Akte; Berücksichtigung der Umweltauswirkungen anderer Verkehrsträger und des Modalsplits Zeitplan ZKR: 2022-2023
V1	Umwelt- und Klimaschutzlabel	freiwillig	Entwicklung eines Umwelt- und Klimaschutzlabels	CESNI, ZKR, EU	Studie, technischer Standard, Leitfaden für die Berechnung und Messmethode Zusammenarbeit mit der EU im Rahmen von PLATINA3, insbesondere zur Messmethodik. Zeitplan PLATINA3: Vorschlag für eine Methodik 2022 Zeitplan ZKR: Bewertung der Möglichkeiten und Entwicklung eines Kennzeichnungssystems bis 2023

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	Erforderliche Aktivitäten	Akteure	Vorgehensweise, Instrumente und möglicher Beitrag der ZKR sowie Zeitplan (falls verfügbar)!
			(Was)	(Wer)	(Wie und wann)
V2	Kohlenstoff-Ausgleichsmaßnahmen (Kohlenstoff-Ausgleich)	freiwillig	Bewerten der Möglichkeiten und öffentlichen Akzeptanz von Kohlenstoff-Ausgleichsmaßnahmen als Brückenlösung für die Treibhausgasverringerung bis 2035 ³¹ .	ZKR, EU, IPCC	Leitfaden für die Anwendbarkeit bestehender Emissionsausgleichsmaßnahmen in der Binnenschifffahrt (und ggf. neue Vorschläge)
V3	Pilotversuche mit Schiffen (alle Schiffstypen)	freiwillig	Verfolgen, Zulassen und Unterstützen von Pilotversuchen mit Schiffen und Veröffentlichung wichtiger Ergebnisse	ZKR, CESNI, EU, GERC	Zusammenarbeit zwischen der ZKR und der EU bei der Umsetzung der Leitinitiative 3 von NAIADES III, welche die Frage der Beschleunigung der Zertifizierung von Schiffen für Pilotversuche behandelt. Zeitplan ZKR: 4 Sitzungen der Arbeitsgruppe Untersuchungsordnung pro Jahr zur Prüfung der Anträge auf Abweichungen für Pilotschiffe
V4	Innovative Schiffe	freiwillig	Erstellen einer Datenbank zu innovativen Schiffen	CESNI, Forschungseinrichtungen	Regelmäßige Aktualisierung mindestens einmal pro Jahr
V5	Innovationspreis	freiwillig	Auszeichnung von besonderen Innovationen für die Energiewende der Binnenschifffahrt	Flusskommissionen	Alle zwei Jahre Zeitplan ZKR: Erste Ausgabe 2025
V6	Lageberichte	freiwillig	Regelmäßige Analyse des Stands der Verringerung von Emissionen und der Wirksamkeit der Maßnahmen. Dies beinhaltet die Sammlung, Plausibilitätsprüfungen und Bewertung der Daten .	ZKR	Zeitplan ZKR: Lagebericht alle 5 Jahre (2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050)

³¹ Ein Kohlenstoff-Ausgleich kann als Möglichkeit beschrieben werden, Emissionen, die an anderer Stelle entstehen, durch die Finanzierung oder Durchführung einer gleichwertigen Kohlendioxideinsparung an anderer Stelle auszugleichen.

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	Erforderliche Aktivitäten	Akteure	Vorgehensweise, Instrumente und möglicher Beitrag der ZKR sowie Zeitplan (falls verfügbar)!
			(Was)	(Wer)	(Wie und wann)
F1	Prüfung eines europäischen Förder- und Finanzierungsinstruments zur Unterstützung der Energiewende in der Binnenschifffahrt	finanzielle Förderung	Konzipieren, Bewerten und Umsetzen eines Europäischen Förder- und Finanzierungsinstruments	EU, Europäische Investitionsbank (EIB), ZKR, einzelstaatliche Banken, EBU, ESO	Veröffentlichung der ZKR-Studie im Jahr 2021 Zusammenarbeit der ZKR und EU zur Umsetzung der Leitinitiative 8 von NAIADES III, innerhalb von PLATINA3 zu entwickeln. Zeitplan PLATINA3: Bericht 2022 Das Arbeitsprogramm 2022-2023 der ZKR sieht die Bewertung und Umsetzung der Vorschläge der oben genannten Studie vor (Aufgabe ECO-22-3)
F2	EU-Taxonomie – Einrichtung eines EU-Klassifizierungssystems für nachhaltige Aktivitäten	Finanzielle Förderung	Bessere Berücksichtigung der Binnenschifffahrt und ihre Besonderheiten in der Taxonomieverordnung und den damit verbundenen delegierten Rechtsakten	EU	Beitrag und Vorschlag im Rahmen der Taxonomieverordnung
F3	Stimulierung von Forschung und Entwicklungsprojekten	Finanzielle Förderung	Unterstützung von Pilotprojekten, die zur Verbesserung des Wissens und der Erfahrung in Bezug auf emissionsfreie Technologien im Binnenschifffahrtssektor beitragen	EU, Flusskommissionen, EBU, ESO, Forschungseinrichtungen	Beitrag und Teilnahme an wichtigen F&E-Foren und Initiativen, die für den Binnenschifffahrtssektor relevant sind

6. Nächste Schritte

Die ZKR verpflichtet sich,

- über die Fortschritte bei der Umsetzung sowie die Notwendigkeit einer Aktualisierung der Roadmap bis 2025 zu berichten,
- bis spätestens 2025 die Zweckmäßigkeit einer Überarbeitung der „ZKR-Studie“ insbesondere zur wirtschaftlichen und technischen Bewertung von Technologien zu prüfen,
- den TTW-Ansatz bei einer künftigen Überarbeitung der Roadmap zu überprüfen,
- bis 2025 eine mögliche Ausdehnung des Umfangs der Roadmap z. B. auf andere Treibhausgase wie N₂O oder auf Emissionen im Zusammenhang mit anderen Aspekten des Lebenszyklus eines Schiffes, mit der Herstellung und Entsorgung von Antriebssystemen, mit anderen Schiffstypen oder mit der Sicherheit von Technologien zu prüfen,
- die Roadmap und den entsprechenden Aktionsplan bis 2030 wenn nötig zu überarbeiten.

Anlage 1: Abkürzungsverzeichnis und Schiffstypen

BAU	Business-As-Usual
CAPEX	Investitionskosten (<i>Capital Expenditures</i>)
FC	Brennstoffzelle (<i>Fuel Cell</i>)
FAME	Fettsäuremethylester
THG	Treibhausgas (<i>Greenhouse Gas</i>)
HVO	Hydriertes Pflanzenöl (<i>Hydrotreated Vegetable Oil</i>)
H ₂	Wasserstoff
ICE	Verbrennungsmotor (<i>Internal Combustion Engine</i>)
IWT	Binnenschifffahrt (<i>Inland Waterway Transport</i>)
IPCC	Weltklimarat (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
LBM	Flüssiges Biomethan (CH ₄) (<i>Liquefied Bio Methane</i>)
LNG	Verflüssigtes Erdgas (<i>Liquefied Natural Gas</i>)
MCV	Trockengüter-Motorschiff (<i>Motor vessel dry cargo</i>)
MeOH	Methanol (oder CH ₃ OH)
MT	Tank-Motorschiff (<i>Motor tanker cargo</i>)
MV	Gütermotorschiff (<i>Motor cargo vessel</i>)
OPEX	Betriebskosten (<i>Operational Expenditures</i>)
PM/PN	Partikel (<i>Particulate Matters</i>)
SCR	Selektive katalytische Reduktion (<i>Selective Catalytic Reduction</i>)
TCO	Gesamtbetriebskosten (<i>Total Cost of Ownership</i>)
TRL	<i>Technology Readiness Level</i> ist der Technologie-Reifegrad mit einer Skala, die als Mittel zur Messung oder Angabe des Reifegrads einer bestimmten Technologie verwendet wird und von 1 (Einhaltung der Grundprinzipien) bis 9 (tatsächliches System, das sich in der Betriebsumgebung bewährt hat (wettbewerbsfähige Herstellung im Falle von Schlüsseltechnologien) reicht. Im Allgemeinen durchlaufen viele Produkte in ihrem Lebenszyklus die verschiedenen Stufen der TRL-Skala.
TTW	Tank-to-Wake
WTW	Well-to-Wake

Begriffsbestimmung der Schiffstypen, die bei den Übergangsszenarien eine Rolle spielen

- Trockengüter-Motorschiff (MCV) ≥ 110 m: Ein Schiff mit einer Länge von 110 m oder mehr, das für den Transport von Trockengütern und Containern bestimmt und so gebaut ist, dass es mit eigener Motorkraft fahren kann;
- Tank-Motorschiff (MT) ≥ 110 m: Ein Schiff mit einer Länge von 110 m oder mehr, das für den Transport von Gütern in festverbundenen Tanks bestimmt und so gebaut ist, dass es mit eigener Motorkraft fahren kann;
- Trockengüter-Motorschiff 80-109 m: Ein Schiff mit einer Länge zwischen 80 und 109 m, das für den Transport von Trockengütern bestimmt und so gebaut ist, dass es mit eigener Motorkraft fahren kann;
- Tank-Motorschiff 80-109 m: Ein Schiff mit einer Länge zwischen 80 und 109 m, das für den Transport von Gütern in festverbundenen Tanks bestimmt und so gebaut ist, dass es mit eigener Motorkraft fahren kann;
- Gütermotorschiff (MV) < 80 m: Ein Schiff mit einer Länge von weniger als 80 m, das für den Transport aller Arten von Gütern bestimmt und so gebaut ist, dass es mit eigener Motorkraft fahren kann;
- Schubboot mit $P^{32} < 500$ kW: Ein Schiff, das speziell für den Antrieb eines Schubverbandes gebaut wurde und mit einer Gesamtantriebsleistung von weniger als 500 kW ausgestattet ist;
- Schubboot mit $500 < P < 2000$ kW: Ein Schiff, das speziell für den Antrieb eines Schubverbandes gebaut wurde und mit einer Gesamtantriebsleistung von mehr als 500 kW aber weniger als 2000 kW ausgestattet ist;

³² P = installierte Leistung gesamt.

- Schubboot mit $P > 2000$ kW: Ein Schiff, das speziell für den Antrieb eines Schubverbandes gebaut wurde und mit einer Gesamtantriebsleistung von mehr als 2000 kW ausgestattet ist;
- Koppelverband: Ein Schiff (im Allgemeinen länger als 95 m), das mit einem oder mehreren Leichtern betrieben wird;
- Fähre: Ein Schiff, das das Überqueren von Wasserstraßen als Dienstleistung anbietet;
- Großes Kabinenschiff: Ein Fahrgastschiff mit einer Länge von mehr als 86 m und mit Übernachtungskabinen für Fahrgäste;
- Tagesausflugsschiff und kleines Kabinenschiff: Ein Fahrgastschiff für Tagesausflüge sowie ein Fahrgastschiff mit Übernachtungskabinen, jedoch mit einer Länge von weniger als 86 m.

Bemerkungen:

Die Flottenfamilien wurden auf der Grundlage der Ergebnisse des Horizont-2020-Projekts „PROMINENT“ ausgewählt – D1.1 *List of operational profiles and fleet families* (2016); IVR-Schiffsdatenbank; ES-TRIN 2021/1; ZKR-Studie, Untersuchungsfrage C, Ausgabe 1, und ergänzt durch die Flottenfamilien der Fahrgastschiffe.

Bei den Güterschiffen erfolgte die Klassifizierung nach Größe und Art der Ladung (trocken oder flüssig). Die Größen für die Flottenfamilien liegen unter 80 m, zwischen 80 und 110 m und über 110 m. Es gibt auch eine zusätzliche Flottenfamilie, die Schiffe umfasst, die als Koppelverband fahren können, da diese Schiffe eine wesentlich höhere installierte Leistung haben, um einen oder mehrere zusätzliche Leichter mitführen zu können.

Die Flottenfamilie „Tagesausflugsschiffe und kleine Kabinenschiffe“ wurde aus der PROMINENT-Flottenfamilie „Fahrgastschiffe (Kabinen-/Kreuzfahrtschiffe)“, die sich aus allen Arten von Fahrgastschiffen (außer Fähren) zusammensetzt, durch Ausgliederung der Flottenfamilie „Große Kabinenschiffe“ gebildet. Diese Kategorisierung wurde unter anderem vorgeschlagen, um den erheblichen Unterschieden hinsichtlich Alter, installierter Leistung und Energiebedarf zwischen den kleineren und den größeren „Fahrgastschiffen“ Rechnung tragen zu können. Diese Unterschiede wirken sich in beträchtlichem Maße auf die Eignung der in Frage kommenden Technologien aus.
