

PROTOKOLL 9

Klimawandel und Rheinschifffahrt

Beschluss

Die Zentralkommission,

unter Bezugnahme auf ihre Beschlüsse 2008-I-12, 2009-I-5 und 2009-II-8 sowie die diesen Beschlüssen zugrundeliegenden Berichten,

das Ziel bekräftigend,

- die Treibhausgasemissionen der Rheinschifffahrt im Einklang mit den Emissionsminderungszielen ihrer Mitgliedstaaten zu senken und
- die notwendigen Anpassungen der Wasserstraße Rhein und der logistischen Ketten der Binnenschifffahrt vorzunehmen, so dass die Rheinschifffahrt auch weiterhin ihre Verkehrsleistung zuverlässig und wirtschaftlich erbringen und damit zum Erhalt wichtiger Industriestandorte beitragen kann,

nach Kenntnisnahme des beigefügten Berichts ihres Untersuchungsausschusses, Ständigen Technischen Ausschusses und Wirtschaftsausschusses,

stellt fest, dass

- die Binnenschifffahrt über das Potential verfügt, ihre Treibhausgasemissionen auch bei einer steigenden Transportleistung deutlich zu reduzieren und damit ihrer Verantwortung zum Schutz des Klimas gerecht zu werden,
- gestützt auf den heutigen Wissensstand für die Wasserstraße Rhein in naher Zukunft (bis 2050) keine eindeutigen Veränderungen der Wasserstände gegenüber heute zu erkennen sind,
- ab 2050 stärkere Auswirkungen des Klimawandels auf die Funktion der Infrastrukturbauwerke und die Schiffbarkeit des Rheins nicht auszuschließen sind,
- trotz der möglicherweise sehr beschränkten Auswirkungen des Klimawandels bis zur Jahrhundertmitte der Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers Binnenschifffahrt in Hinblick auf die verstärkt schwankende Wasserführung Aufmerksamkeit zu schenken ist,

beauftragt

- ihren Untersuchungsausschuss, ihr bis zur Frühjahrstagung 2012 den angekündigten Grundlagenbericht vorzulegen und dann auf Basis eines strategischen Ansatzes notwendige weiterführende Arbeiten im Detail vorzuschlagen,
- ihren Ständigen Technischen Ausschuss,
 - das Thema Klimawandel weiterhin intensiv zu verfolgen und ihr eine überarbeitete Fassung des von ihm jetzt vorgelegten Berichts spätestens im Jahre 2020 vorzulegen,
 - die relevanten Arbeiten anderer internationaler Organisationen, die sich mit dem Klimawandel und den Anpassungsmöglichkeiten der Binnenschifffahrt und der Wasserstraßen befassen, zu verfolgen mit dem Ziel, Kenntnisse für die weitere Bearbeitung des vorliegenden Berichtes zusammen zu tragen,

- ihren Wirtschaftsausschuss, seine Beteiligung an den Forschungen im Bereich der Wirtschaft weiter zu verfolgen, die Ergebnisse gemeinsam mit dem betroffenen Gewerbe in Form gemeinsamer Veranstaltungen auszuwerten und ihr dazu Zwischenberichte vorzulegen,
- ihr Sekretariat, die ihm durch den Beschluss 2009-II-8 übertragenen Arbeiten weiterzuführen,

beschließt, im Vorfeld der nächsten Überarbeitung des Berichts ihres Ständigen Technischen Ausschusses eine Konferenz durchzuführen, um die Bedeutung der ZKR als Plattform für das Thema „Klimawandel und Schifffahrt“ hervorzuheben, wobei die Ergebnisse dieser Konferenz in den nachfolgenden Bericht einfließen sollen.

Anlage

Klimawandel und Rheinschifffahrt

Gemeinsamer Bericht des Untersuchungsausschusses, des Ständigen Technischen Ausschusses und des Wirtschaftsausschusses der ZKR zur Herbsttagung 2011

Die Treibhausgasemissionen steigen weltweit schneller als erwartet. Es ist davon auszugehen, dass der Klimawandel ausgeprägter sein wird, als derzeit erwartet. Damit gewinnt die Entschlossenheit der Mitgliedstaaten der ZKR, Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Treibhausgasemissionen (Mitigation) und Anpassungsmaßnahmen zur Vermeidung von Risiken und zur Nutzung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Chancen (Adaptation) zu ergreifen, weiter an Bedeutung.

Bereits mit ihrem Beschluss 2009-II-8 hat sich die ZKR zu den Zielen bekannt,

- die Treibhausgasemissionen der Rheinschifffahrt im Einklang mit den Emissionsminderungszielen ihrer Mitgliedstaaten zu senken und
- die notwendigen Anpassungen der Wasserstraße Rhein und der logistischen Ketten der Binnenschifffahrt vorzunehmen, so dass die Rheinschifffahrt auch weiterhin ihre Verkehrsleistung zuverlässig und wirtschaftlich erbringen und damit zum Erhalt wichtiger Industriestandorte beitragen kann.

Dementsprechend beauftragte sie

- ihren Untersuchungsausschuss, ihr bis zur Herbsttagung 2011 einen Bericht, basierend auf entsprechenden Studien und auf Beiträgen ihrer Mitglied- und Beobachterstaaten sowie der mit ihr zusammenarbeitenden internationalen Organisationen und Wirtschaftsverbände, vorzulegen und darin Maßnahmen und Möglichkeiten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt zusammenzustellen, zu bewerten und einen Vorschlag zu unterbreiten, wie diese den Schifffahrtstreibenden sowie anderen potentiellen Nutzern in geeigneter Weise zugänglich gemacht werden können,
- ihren Ständigen Technischen Ausschuss, bis zur Herbsttagung 2011 mögliche Anpassungsmaßnahmen der Wasserstraße zusammenzustellen und Szenarien, mit denen langfristig die Rheinschifffahrt auch bei fortschreitendem Klimawandel gewährleistet werden kann, zu entwickeln,
- ihren Wirtschaftsausschuss zu prüfen, welche regulatorischen oder andere Maßnahmen oder Programme geeignet sein können, die Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu unterstützen, und zu untersuchen, wie Anpassungen der logistischen Ketten zu Mitigation und Adaption beitragen können.

Die Ausschüsse haben ihre Arbeiten durchgeführt und dazu jeweils einen gesonderten Bericht erstellt. Diese Einzelberichte sind als Anhänge 1 bis 3 beigefügt.

Der **Untersuchungsausschuss** hat zur Erstellung seines Berichts im April 2011 einen Workshop durchgeführt. Die Vorträge und die wesentlichen Schlussfolgerungen dieser gut besuchten und hinsichtlich des von ihr dokumentierten Wissens- und Erfahrungsstands höchst erfolgreichen Veranstaltung sind auf der Webseite der ZKR unter www.ccr-zkr.org publiziert. Die wichtigsten Feststellungen des jetzt vorgelegten Berichts sind die folgenden:

- Will die Binnenschifffahrt ihren Wettbewerbsvorteil „Klimafreundlichkeit“ behalten, muss sie ihre Treibhausgasemissionen weiter reduzieren.

- Der Binnenschifffahrt steht dazu eine große Zahl von Maßnahmen zur Verfügung. Diese Maßnahmen umfassen solche, die den Betrieb der Schiffe, deren Bau und deren Ausrüstung umfassen wie auch Maßnahmen, die auf eine "Decarbonisierung" des Kraftstoffs abzielen, also darauf, Kraftstoffe mit geringeren CO₂-Emissionen zu nutzen.
- Aus Maßnahmen der Binnenschifffahrt zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen können weitere Nutzen resultieren, insbesondere die Verminderung von Schadstoffemissionen und von negativen Auswirkungen der Binnenschifffahrt auf die Gewässerökologie.
- Die Binnenschifffahrt wird in den nächsten Jahrzehnten voraussichtlich einen weitergehenden Umstieg auf alternative Kraftstoffe und Energieträger vollziehen müssen, da einerseits mineralölbasierte Kraftstoffe immer knapper und damit auch teurer werden und andererseits ambitionierte Klimaschutzziele nur mit alternativen Kraftstoffen zu erreichen sind.
- Eine modellhafte Berechnung von Treibhausgasemissionen zeigt, dass nach einem Szenario, bei dem vor allem die Einsparungspotentiale aus der Zunahme der durchschnittlichen Schiffsgröße sowie aus dem Schiffsbetrieb und der Schiffstechnik genutzt werden, die Gesamtemissionen der Binnenschifffahrt auch bei einer Zunahme der Verkehrsleistung in etwa konstant bleiben. Bei einer zusätzlichen Nutzung von alternativen, kohlenstofffreien oder -armen Kraftstoffen und Energieträgern könnten die Gesamtemissionen sogar deutlich abnehmen.

Der Untersuchungsausschuss hat vorgesehen, im Frühjahr 2012 einen ausführlichen Grundlagenbericht vorzulegen und dann auch der ZKR mittels eines strategischen Ansatzes notwendige weiterführende Arbeiten im Detail vorzuschlagen. Wegen der allgemeinen Bedeutung des Berichts für die Rhein- und die europäische Binnenschifffahrt wird der Untersuchungsausschuss in einem zweiten Workshop die wesentlichen Ergebnisse des Berichts mit allen betroffenen Wirtschaftszweigen und den kompetenten internationalen Organisationen diskutieren. Ziel ist es, Anmerkung und Ergänzungen aller Akteure in dem Bericht zu berücksichtigen, eine breite Akzeptanz für die Feststellungen und Schlussfolgerungen des Berichts zu schaffen und die weiterführenden Arbeiten mit allen wichtigen Akteuren in der europäischen Rhein- und Binnenschifffahrt abzustimmen.

Der **Ständige Technische Ausschuss** hat seinen Bericht abgeschlossen mit nachstehendem wesentlichem Fazit:

- Gestützt auf den heutigen Wissensstand sind für die untersuchten Pegel in naher Zukunft (bis 2050) keine eindeutigen Veränderungen gegenüber heute zu erkennen.
- Ab 2050 sind Auswirkungen des Klimawandels auf die Funktion der Infrastrukturbauwerke nicht auszuschließen.
- Es drängen sich zurzeit keine infrastrukturellen Sofortmaßnahmen auf.

Der Bericht beschreibt wesentliche Handlungsoptionen oder Maßnahmen, mit denen langfristig die Rheinschifffahrt auch bei fortschreitendem Klimawandel gewährleistet werden kann.

Der **Wirtschaftsausschuss** hat seine Aufgabe unter Berücksichtigung des Aspekts der Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers aufgegriffen. Als wichtigstes Ergebnis ist festzustellen, dass die Anforderungen im Bereich der Logistik schon heute ein besonderes Augenmerk erfordern, obgleich die Effekte des Klimawandels erst in der zweiten Jahrhunderthälfte zu spüren sein werden. Einige Erfahrungen aus der jüngsten Vergangenheit haben es ermöglicht, die Abhängigkeit der Binnenschifffahrt von der Wasserführung zu bewerten und die Vernetzung des Verkehrsträgers mit wichtigen Wirtschaftsbranchen zu definieren. Die Wissenschaft hat diesbezügliche Fragen wirtschaftlicher Art erkannt und Forschungsprojekte veranlasst, die in den kommenden Jahren Ergebnisse liefern werden.

Es zeichnen sich hierbei zwei strategische Orientierungen zur Stärkung der Binnenschifffahrt ab:

- eine Optimierung der Zusammenstellung der Flotte hinsichtlich der Wasserführung und der vermehrt auftretenden Schwankungen;
- die Integration der Binnenschifffahrt in Konzepten der Komodalität für die Gewährleistung und Optimierung der Zuverlässigkeit

Was die Prüfung etwaiger regulierender Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen betrifft, so hat eine generelle Bewertung der politischen Vorhaben auf der Ebene der Gemeinschaft zu keinen direkten Schlussfolgerungen geführt. Es sind zwar zu einzelnen Verkehrszweigen Regelungen in Bezug auf CO₂-Emissionsrechte eingeführt, es ist jedoch nicht vorgesehen, dass kurz- oder mittelfristig für sämtliche Zweige des Landverkehrs derartige Maßnahmen erwogen werden. Demzufolge hat der Wirtschaftsausschuss die Behandlung dieser sehr politisch ausgeprägten Thematik für eine künftige Beratung nicht vorgesehen.

Der Wirtschaftsausschuss wird für die kommenden Jahre die Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers und die Einbindung der Binnenschifffahrt in Konzepte der Komodalität als Priorität ins Arbeitsprogramm aufnehmen.

In ihrer Gesamtheit machen die Berichte der Ausschüsse Folgendes deutlich:

- Alle wesentlichen Akteure des Gesamtsystems der Rhein- und der Binnenschifffahrt müssen die Folgen des Klimawandels antizipieren und rechtzeitig notwendige Anpassungsmaßnahmen zur Vermeidung von Risiken und zur Nutzung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Chancen ergreifen. Bereits heute ist eine Vielzahl von Handlungsoptionen bekannt, auch deshalb, weil die Binnenschifffahrt schon immer mit Hoch- und Niedrigwasserperioden konfrontiert war.
- Die Binnenschifffahrt kann ihre Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren. Obwohl diese in ihrer absoluten Größe gering sind, wird sie das bestehende Minderungspotential weitgehend ausschöpfen müssen, wenn sie ihr Image als ein umwelt- und klimafreundlicher Verkehrsträger behalten und von der Notwendigkeit zu einem Übergang auf ein nachhaltiges Verkehrssystem profitieren möchte. Hier sind alle wesentlichen Akteure der Binnenschifffahrt aufgerufen, die bestehenden Handlungsoptionen zu nutzen und die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen.

Anhänge:

1. Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in der Binnenschifffahrt
2. Anpassungsmaßnahmen der Wasserstraße und Szenarien zur langfristigen Gewährleistung der Rheinschifffahrt bei fortschreitendem Klimawandel
3. Klimawandel und Logistik der Rheinschifffahrt

Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in der Binnenschifffahrt

Anlässlich ihrer Herbsttagen 2009 hat sich die ZKR in ihrer Verantwortung für eine nachhaltige Rhein- und Binnenschifffahrt das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen der Rheinschifffahrt im Einklang mit den Emissionsminderungszielen ihrer Mitgliedstaaten zu senken. Zur Erreichung dieses Ziels hat die ZKR ihren Untersuchungsausschuss beauftragt, ihr bis zur Herbsttagung 2011 einen Bericht, basierend auf entsprechenden Studien und auf Beiträgen ihrer Mitglied- und Beobachterstaaten sowie der mit ihr zusammenarbeitenden internationalen Organisationen und Wirtschaftsverbände, vorzulegen und darin Maßnahmen und Möglichkeiten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt zusammenzustellen, zu bewerten und einen Vorschlag zu unterbreiten, wie diese den Schifffahrtstreibenden sowie anderen potentiellen Nutzern in geeigneter Weise zugänglich gemacht werden können.

Der Bericht bezieht sich auf die Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt im engeren Sinne, nämlich die CO₂-Emissionen, die beim Betrieb der Binnenschiffe entstehen. Die Emissionen anderer Stoffe als CO₂ werden ebenso wenig betrachtet wie Emissionen, die nicht aus dem Betrieb der Schiffe resultieren. Diese Beschränkung ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass für andere Emissionen der Binnenschifffahrt als die von CO₂ beim Betrieb der Schiffe nur wenige nützliche Studien oder Daten vorliegen. Der Zielsetzung des Berichts ist die Beschränkung nicht abträglich, da einerseits CO₂ das bei weitem bedeutendste von der Binnenschifffahrt emittierte Treibhausgas ist und andererseits andere Emissionen als die des Schiffsbetriebs wegen ihrer geringen Mengen – zumindest in einem ersten Ansatz – außer Betracht gelassen werden können. Emissionen aus der Ladung, wie sie in der Tankschifffahrt auftreten, sind nicht der Binnenschifffahrt, sondern den Produktionsketten, in die die Ladungen eingebunden sind, zuzurechnen.

Zielsetzung zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt

Absolut gesehen sind die Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt im Verhältnis zu den gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs und erst recht im Verhältnis zu allen anthropogenen Treibhausgasemissionen von sehr geringer Bedeutung. Dies resultiert aus der hohen Energieeffizienz der Binnenschifffahrt und aus ihrer überwiegend geringen Bedeutung im Verkehrsmix in Europa. Allerdings machen die mit der Binnenschifffahrt konkurrierenden Verkehrsträger Fortschritte bei der Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen. Will die Binnenschifffahrt ihren Wettbewerbsvorteil „Klimafreundlichkeit“ behalten, muss sie daher ebenfalls ihre Treibhausgasemissionen reduzieren.

Ein kontinuierlicher Anstieg der Treibhausgasmissionen des Verkehrs würde die globalen Emissionsminderungsziele der EU unterminieren. Daher sind Maßnahmen notwendig, um die Treibhausgasmissionen des Verkehrs in Einklang mit den globalen Klimaschutzzielen zu bringen. Während einzelne Staaten wie auch die Europäische Kommission Emissionsminderungsziele für den Verkehr insgesamt quantifiziert haben, ist das für die Binnenschifffahrt nicht der Fall. Eine derartige Quantifizierung ist objektiv insbesondere aufgrund der unvollständigen Kenntnisse der aktuellen Emissionen, der Emissionsminderungsmöglichkeiten sowie der wirtschaftlichen Gesamtentwicklung ein komplexes Unterfangen.

Allerdings wäre eine solche Quantifizierung der Zielsetzung für alle Betroffenen hilfreich. Es würde Unsicherheiten minimieren und ihnen erlauben, die politischen, wirtschaftlichen, technischen und andere Prozesse auf dieses Ziel auszurichten. Die Notwendigkeit der Quantifizierung der Ziele und die erforderliche Methodik zur Setzung und Erreichung von Klimaschutzziele sind im Rahmen der OECD auf Ministeriebene bereits bestätigt. Da die Mitgliedstaaten der ZKR für etwa drei Viertel der Verkehrsleistung und damit der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt in der EU verantwortlich zeichnen, ist es naheliegend, dass diese Staaten zusammen mit der ZKR eine Führungsrolle bei der Konkretisierung der Klimaschutzziele der Binnenschifffahrt übernehmen.

„Carbon Footprint“ der Binnenschifffahrt

Beim Gütertransport kann die CO₂-Intensität eines Verkehrsträgers durch die CO₂-Emissionen bezogen auf die Verkehrsleistung, überwiegend in g/tkm, aber zum Beispiel auch in g/TEUkm, dargestellt werden. Häufig wird dieses Verhältnis auch als CO₂-Emissionsfaktor¹ bezeichnet. Wie für andere Verkehrsträger auch, ist der CO₂-Emissionsfaktor das zentrale Element für die Bestimmung des „Carbon Footprint“ der Binnenschifffahrt. In einer Vielzahl von Studien wird versucht, den CO₂-Emissionsfaktor der Binnenschifffahrt zu quantifizieren. Die Bandbreite der aus diesen Studien resultierenden Werte ist jedoch so groß, dass damit weder eine zuverlässige Bestimmung des Carbon Footprints der Binnenschifffahrt für Zwecke der Verkehrs- oder der Klimaschutzpolitik möglich scheint, noch akkurat die CO₂-Emissionen von logistischen Ketten hergeleitet werden können. Einen Ausweg bietet ein Vorgehen, bei dem Daten von Binnenschifffahrtsunternehmen zum Kraftstoffverbrauch und der Verkehrsleistung verschiedener Schiffstypen mit von der ZKR geführten Statistiken zusammengeführt werden. Daraus dürften verlässliche und allgemein akzeptierte Werte zu den CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt resultieren. Dabei sollten einschlägige Studien berücksichtigt werden. Die ZKR könnte dieses Vorgehen initiieren, moderieren und durch ihr Fachwissen wie auch durch die ihr vorliegenden umfangreichen Daten unterstützen.

Die Bestimmung der spezifischen Emissionen eines Verkehrsträgers ist komplex und mit großen Unsicherheiten behaftet. Umso schwieriger ist es, die Emissionen verschiedener Verkehrsträger miteinander zu vergleichen. Zwischen den einschlägigen Studien scheint jedoch dahingehend Übereinstimmung zu bestehen, dass die spezifischen CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt in etwa so groß sind wie von Eisenbahnverkehren und deutlich geringer als die des Straßenverkehrs.

Derzeit liegt der Entwurf der Europäischen Norm prEN 16258:2011 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr)“ zur Stellungnahme aus. Die Mitgliedstaaten und insbesondere die Verbände des Schifffahrtsgewerbes können von der Möglichkeit zur Abgabe einer Stellungnahme Gebrauch machen um zu erreichen, dass die Binnenschifffahrt in der endgültigen Fassung der Norm angemessen berücksichtigt ist.

Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt

Grundsätzlich können die folgenden Strategien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Verkehrswesen genutzt werden:

1. Vermeidung von Verkehren,
2. Verlagerung von Verkehren auf klimafreundlichere Verkehrsträger,
3. Verminderung der spezifischen Emissionen.

In der Praxis wird die Verkehrspolitik versuchen, eine Kombination der drei grundsätzlichen Strategien umzusetzen.

¹ Im angelsächsischen Sprachgebrauch scheint der Begriff CO₂-Intensität üblich, im deutschen Sprachgebrauch der Begriff CO₂-Emissionsfaktor. Nachfolgend wird grundsätzlich der Begriff CO₂-Emissionsfaktor verwendet.

Der vorliegende Bericht bezieht sich allein auf Strategieoption 3. Diese Option wird im vorliegenden Bericht vertieft betrachtet. Option 1 kann zu einer Begrenzung der Nachfrage nach Binnenschiffsverkehren führen. Option 2 ist nur dann für die Binnenschifffahrt gewinnbringend, wenn sie Erfolge bei der Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen erzielen wird.

Aus Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen können weitere Nutzen resultieren:

- Resultiert die Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, so werden fast immer auch die Schadstoffemissionen reduziert.
- Eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs mindert auch den Verbrauch von Ressourcen, nämlich Mineralöl. Dies stärkt die Nachhaltigkeit der Binnenschifffahrt und reduziert ihre Kosten.
- Wird die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch eine Reduzierung der eingesetzten Antriebsleistung erreicht, so wird das in der Regel auch zu einer Verminderung des Wellenschlags und der Strömungsänderungen im umgebenden Wasserkörper führen. Dies wiederum trägt zu einer Verminderung der Belastung des Gewässerbetts und der Sohle bei. Negative Auswirkungen der Binnenschifffahrt auf die Gewässerökologie werden minimiert.

Die Binnenschifffahrt ist besonderen Randbedingungen unterworfen im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen, die für andere Verkehrsträger nicht oder nur in einem sehr viel geringeren Ausmaß zutreffen. Diese Randbedingungen gilt es zu kennen und zu beachten, sollen Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt bestimmt oder reduziert werden. Binnenschiffe verkehren in relativ flachen Gewässern und sind damit grundsätzlich den Gesetzmäßigkeiten der Flachwasserhydrodynamik ausgesetzt. Dies bestimmt ganz wesentlich den Leistungsbedarf der Binnenschiffe und damit deren Kraftstoffverbrauch sowie deren CO₂-Emissionen.

Den Schiffseignern bietet sich eine Vielzahl möglicher schiffstechnischer Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen. Sie können daraus die für ihre Schiffe und deren Einsatzfälle die wirtschaftlich und technisch Günstigsten auswählen. Unter gleichzeitiger Umsetzung mehrerer Maßnahmen scheint eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von 30% und mehr gegenüber derzeit üblichen Schiffen möglich. Bei Umbauten vorhandener Schiffe ist das Einsparungspotential deutlich kleiner. Jede Quantifizierung möglicher Einsparungspotentiale hängt jedoch von einer Vielzahl von Randbedingungen ab, die sich je nach Schiffstyp und Einsatzbedingungen deutlich ändern können. Bei der Umsetzung bestimmter Maßnahmen wurden Defizite in den technischen Anforderungen der ZKR und der EU für Binnenschiffe erkannt. Die Anforderungen sind zu modernisieren, um künftig Sicherheitsprobleme zu vermeiden. Große Einsparungspotentiale ergeben sich aus der Vergrößerung der Abmessungen und Tragfähigkeit der Schiffe. Wegen ihrer überragenden Bedeutung für die künftige Entwicklung der Emissionen bedarf dieser Zusammenhang einer vertieften Betrachtung. Grenzen setzen hier vor allem die Infrastruktur. Sofern größere Schiffsabmessungen Ausbaumaßnahmen erfordern, sind die ökologischen Belange des Gewässerausbaus zu beachten.

Bei den betrieblichen Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen ergeben sich grundsätzliche Ähnlichkeiten zu den technischen Maßnahmen. Den Schiffseignern bietet sich eine Vielzahl möglicher Maßnahmen und sie können daraus die für ihre Schiffe und deren Einsatzfälle die wirtschaftlich Günstigsten auswählen. Unter gleichzeitiger Umsetzung mehrerer Maßnahmen scheint eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von 20% und mehr gegenüber dem derzeit üblichen Betrieb der Schiffe möglich. Anders als bei den schiffstechnischen Maßnahmen gibt es bei den betrieblichen Maßnahmen keine wesentlichen Unterschiede zwischen Neubauten und vorhandenen Schiffen. Das größte Einsparungspotentiale ergibt sich aus der Optimierung der Geschwindigkeit der Schiffe; die Optimierung besteht darin, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Ankunftszeit und den auf den einzelnen Streckenabschnitten der Fahrtroute anzutreffenden Fahrwasserverhältnissen eine möglichst niedrige Geschwindigkeit zu wählen. Jede Quantifizierung möglicher Einsparungspotentiale hängt jedoch von einer Vielzahl von Randbedingungen ab, die sich je nach Schiffstyp und insbesondere den Einsatzbedingungen deutlich ändern können. Während im allgemeinen Schiffseigner und Schiffsführer durch ihr Handeln den Kraftstoffverbrauch und damit die Emissionen der Schiffe bestimmen, gibt es unter den betrieblichen Maßnahmen einige, für die die Wasserstraßenverwaltungen die notwendigen Voraussetzungen schaffen müssen, wie beispielsweise die Einführung bestimmter Applikationen der Binnenschifffahrtsweginformationssysteme (RIS).

Alternative Kraftstoffe und Energieträger für die Binnenschifffahrt

Die Binnenschifffahrt nutzt heute fast ausnahmslos Gasöl oder Diesel als Kraftstoff. Gasöl und Diesel verursachen bedeutende CO₂-Emissionen bei Ihrer Verbrennung. Hinsichtlich der Entwicklungen auf dem Kraftstoffmarkt ist längerfristig für die Binnenschifffahrt ein Umstieg auf alternative Kraftstoffe und Antriebsformen eine Möglichkeit, die nicht nur CO₂ einspart, sondern auch die Zukunftsfähigkeit sichert. Diese alternativen Energieträger müssen kohlenstoffärmer oder gar kohlenstofffrei und zeitlich länger oder gar unbegrenzt verfügbar sein. Flüssige Biokraftstoffe bieten sich zwar theoretisch als logische Nachfolge für die heutigen Mineralöle als Kraftstoffe an, werden jedoch in den erforderlichen Mengen nicht nachhaltig produziert werden können. Daher wird sich ein Mix von Kraftstoffen in der Binnenschifffahrt etablieren, bestehend aus LNG sowie flüssigen und gasförmigen Biokraftstoffen. Auch elektrische Energie, an Bord gespeichert in Batterien oder durch Umwandlung in Wasserstoff, dürfte zumindest in bestimmten Anwendungsfällen zum Antrieb von Binnenschiffen genutzt werden. Die Nutzung dieser Energieträger bedarf umfangreicher Vorarbeiten, auch im Hinblick auf die Rechtsvorschriften für die Binnenschifffahrt. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass der künftige Energiemix ermöglicht, die Emissionsminderungsziele der Binnenschifffahrt zu erreichen. Daher ist für den Umstieg der Binnenschifffahrt auf alternative Energieträger eine Strategie notwendig. Diese muss staatenübergreifend abgestimmt sein, da die Binnenschifffahrt in Europa international ausgerichtet ist. Bei der Entwicklung der Strategie könnte die ZKR gefordert sein, wenn die auf Ebene der EU zu erwartende verkehrssektorübergreifende Kraftstoffstrategie die Binnenschifffahrt nicht ausreichend berücksichtigt.

Szenarien für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt

Der Binnenschifffahrt steht eine große Zahl von Maßnahmen zur Verfügung, die die Treibhausgasemissionen aus dem Schiffsbetrieb zu reduzieren. Diese Maßnahmen umfassen den Betrieb der Schiffe, deren Bau und deren Ausrüstung. Die weitgehende Anwendung dieser Maßnahmen in der Zukunft könnte als konservatives Szenario bezeichnet werden, da diese Maßnahmen bereits Einzug in die Binnenschifffahrt gehalten haben und grundsätzlich von ihr akzeptiert scheinen.

Darüber hinaus gibt es eine große Gruppe von Maßnahmen, die auf eine "Decarbonisierung" des Kraftstoffs abzielen, also darauf, Kraftstoffe oder alternative Energieträger mit einer besseren CO₂-Bilanz zu nutzen. Diese Maßnahmen finden bisher allenfalls in Ausnahmefällen in der Binnenschifffahrt Anwendung. Eine zusätzliche Anwendung dieser Maßnahmen über die erstgenannten hinaus könnte daher als ein optimistisches Szenario im Hinblick auf die Reduzierung der Treibhausgasemissionen angesehen werden.

Gemeinsam für beide Szenarien und von besonderer Bedeutung ist die Erhöhung der mittleren Tragfähigkeit der Schiffe als Ergebnis der fortschreitenden Modernisierung der Binnenschifffahrtsflotte. Eine modellhafte Berechnung der Treibhausgasemissionen für diese Szenarien zeigt, dass nach dem konservativen Szenario die Gesamtemissionen auch bei einer Zunahme der Verkehrsleistung in etwa konstant bleiben und nach dem optimistischen Szenario signifikant abnehmen könnten. Insbesondere für die Verkehrs- und Umweltpolitik scheinen folgende mögliche Schlussfolgerungen daraus von Bedeutung:

- Eine breite Anwendung der heute schon verschiedentlich genutzten technischen und betrieblichen Energieeinsparungsmaßnahmen sowie eine weitergehende Zunahme der durchschnittlichen Schiffsgröße ermöglichen, die absolute Menge der betrieblichen Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt auch bei einer kontinuierlichen Zunahme der Güterverkehrsleistung in etwa konstant zu halten.
- Eine deutliche Reduzierung der absoluten Menge der betrieblichen Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt bei einer gleichzeitigen kontinuierlichen Zunahme der Güterverkehrsleistung wird dann möglich sein, wenn im großen Umfang neben LNG auch Bio-Kraftstoffe oder alternative Energieträger eingesetzt werden. Solche Kraftstoffe müssen jedoch auf ihre Verträglichkeit mit vorhandenen Motoren und Abgasnachbehandlungssystemen erprobt werden.

Weiterführende Arbeiten

Abgesehen von der Identifizierung und Entwicklung von praktischen Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs steht die Binnenschifffahrt erst am Anfang eines langfristigen Prozesses zur Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen. Der Bericht hat die folgenden Arbeiten identifiziert, die notwendig sind, um diesen Prozess erfolgreich zu gestalten:

- Bestimmung des Carbon Footprint der Binnenschifffahrt,
- Entwicklung von quantitativen Zielen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt,
- Untersuchung des CO₂-Reduktionspotentials bei der Nutzung von LNG und anderer alternativer Energieträger (Kraftstoffe) in der Binnenschifffahrt,
- Ausarbeitung einer Strategie für die künftigen Energieträger (Kraftstoffe) der Binnenschifffahrt,
- Erarbeitung von Szenarien zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt,
- Bestimmung der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs aufgrund der zunehmenden durchschnittlichen Tragfähigkeit der Binnenschiffe,

- Anpassung der technischen Vorschriften für die Binnenschiffe im Hinblick auf die Zulassung von alternativen Energieträgern (Kraftstoffen),
- Grundsätzliche Prüfung einer verbindlichen Einführung des Energy Efficiency Design Index (EEDI) für die Binnenschifffahrt,
- Grundsätzliche Prüfung eines verbindlichen Standards des Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) für die Binnenschifffahrt,
- Weiterführende Untersuchungen zu schiffstechnischen Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen,
- Weiterführende Untersuchungen zu betrieblichen Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen,
- Entwicklung von Qualitätsstandards für die künftigen Energieträger (Kraftstoffe) der Binnenschifffahrt,
- Entwicklung von Maßnahmen an Wasserstraßen und Häfen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt.

Die ZKR kann – vor allem in Anbetracht ihrer begrenzten Ressourcen – nur einige der aufgezeigten weiterführenden Arbeiten unterstützen. Daher wird sie sich auf solche Arbeiten konzentrieren,

- bei denen sie über Daten oder Kenntnisse verfügt, die anderswo nicht in diesem Umfang oder dieser Qualität vorliegen, wie zum Beispiel im Hinblick auf die verordnungsrechtliche Tätigkeit oder die Marktbeobachtung,
- die der Entwicklung von Strategien und damit einer mittel- bis langfristigen Ausrichtung der Arbeiten der ZKR dienen,
- die notwendige Vorarbeiten darstellen für Maßnahmen anderer, insbesondere des Schifffahrtsgewerbes oder für spätere Arbeiten der ZKR selbst.

Dementsprechend sind nachstehend weiterführende Arbeiten aufgeführt, die im europäischen Kontext und in Abstimmung mit der Europäischen Kommission, dem Binnenschifffahrtsgewerbe und der Industrie federführend von der ZKR übernommen werden könnten. Sofern die Europäische Kommission diese Arbeiten selbst durchzuführen beabsichtigt, könnte die ZKR ihre Unterstützung und Mitwirkung anbieten.

- Bestimmung des Carbon Footprint der Binnenschifffahrt,
- Bestimmung der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs aufgrund der zunehmenden durchschnittlichen Tragfähigkeit der Binnenschiffe,
- Ausarbeitung einer Strategie und Anpassung der technischen Vorschriften für die Binnenschiffe im Hinblick auf die Zulassung von alternativen Energieträgern,
- Grundsätzliche Prüfung einer verbindlichen Einführung des Energy Efficiency Design Index (EEDI) für die Binnenschifffahrt,
- Grundsätzliche Prüfung eines verbindlichen Standards des Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) für die Binnenschifffahrt,
- Grundsätzliche Prüfung, welche weiteren bedeutenden Maßnahmen die ZKR ergreifen kann, die zu einer Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen führen, wie zum Beispiel Verkehrsleitsysteme,
- Erarbeitung von Szenarien und von quantitativen Zielen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt.

Anpassungsmaßnahmen der Wasserstraße und Szenarien zur langfristigen Gewährleistung der Rheinschifffahrt bei fortschreitendem Klimawandel

1. Ausgangslage

Mittels Beschluss 2009-II-8 wird der Ständige Technische Ausschuss beauftragt, bis zur Herbsttagung 2011 mögliche Anpassungsmaßnahmen der Wasserstraße zusammenzustellen und Szenarien, mit denen langfristig die Rheinschifffahrt auch bei fortschreitendem Klimawandel gewährleistet werden kann, zu entwickeln.

Dieser Bericht ist ein Teil des zu erstellenden Gesamtberichts der ZKR.

Die Rheinministerkonferenz¹ beauftragte am 18.10.2007 die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) mit der Erstellung einer „Szenariestudie für das Abflussregime des Rheins“. Die Studie und deren Ergebnis werden in Kapitel 2.6 beschrieben.

Nach derzeitigem Wissensstand wird sich der Klimawandel wahrscheinlich nur über Veränderungen der Hoch- und Niedrigwassersituation auf die Schifffahrt auswirken.

2. Stand der Forschung 2011

In diesem Kapitel werden die Inhalte und Ziele der aktuellen nationalen und internationalen Forschungsarbeiten kurz beschrieben. Es werden dabei nur Projekte aufgeführt, die auf den Rhein oder die Rheinschifffahrt fokussieren.

Für die weitere Betrachtung werden im Wesentlichen die im Projekt RheinBlick 2050 der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR) dargestellten Entwicklungstendenzen als Grundlage genommen, da hier die Ergebnisse aller nationalen Zuarbeiten (Stand: Ende 2010) bereits zusammengefasst wurden.

2.1 Schweiz

Projekt CCHydro²

Ziel des Projektes CCHydro (Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz) des Bundesamts für Umwelt (BAFU) ist es, basierend auf den heutigen Klimaszenarien, für die verschiedenen Klimaregionen, Höhenstufen und geomorphologischen Ausprägungen in der Schweiz zeitlich und räumlich hochaufgelöste Szenarien des Wasserkreislaufes und der Abflüsse für die Zeitperiode bis 2050/2100 zur Verfügung zu stellen.

Das Projekt gliedert sich in 7 Module:

- Klimaszenarien für die Schweiz bis 2100
- Natürlicher Wasserhaushalt der Schweiz und ihrer bedeutendster Großeinzugsgebiete
- Klimaänderung und Wasserhaushalt in sensitiven Bilanzierungsgebieten
- Klimaänderung und Niedrigwasser
- Abflussmodellierung von Schweizer Gletschern
- Klimaänderung und Hochwasser
- Klimaänderung und Wassertemperatur

¹ Communiqué der Rhein-Ministerkonferenz am 18. Oktober 2007

² www.bafu.admin.ch/wasser/01444/01991/10443/index.html?lang=de

Das Projekt wurde 2008 gestartet. Der Projektabschluss ist bis Dezember 2011 geplant.

Die ersten Resultate einzelner Module sind Bestandteil des Projektes RheinBlick 2050 der KHR.

Die neuesten Klimaszenarien des Projekts zeigen für Europa eine deutliche Erwärmung für die nächsten 40 Jahre und besonders bis zum Ende des Jahrhunderts, falls der Trend nicht durch Klimaschutzmaßnahmen gestoppt werden kann. Laut Computermodellen sieht die Zukunft für die großen schweizerischen Gletscher wenig vorteilhaft aus. Neben den kleinen und mittleren Gletschern, sollen auch die großen bis auf kleine Reste in den höchsten Gipfellagen völlig abschmelzen.

2.2 Deutschland

Zentrales Projekt der verkehrswasserwirtschaftlichen Klimafolgenforschung in Deutschland ist das noch bis 2013 laufende und durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) finanzierte Forschungsprogramm "Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen" (kurz: KLIWAS¹; BMVBS, 2009). Das Forschungsprogramm wird durch den Verbund der Oberbehörden des BMVBS (Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG; Deutscher Wetterdienst, DWD; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH und Bundesanstalt für Wasserbau, BAW) unter Federführung der BfG durchgeführt. Es ist eingebettet in nationale und internationale Forschungsnetzwerke. Ziele von KLIWAS sind es, einerseits die Leistungsfähigkeit dieses Verkehrsträgers zu erhalten und andererseits die Gewässerqualität und die Lebensräume in den Flüssen (Rhein, Elbe, Donau) und an den Küsten zu sichern.

Der Rhein und seine Funktion als Wasserstraße ist ein Gegenstand des sogenannten KLIWAS-Kernprojektes (KLIWAS 4.01 – Wasserhaushalt – Wasserstand - Transportkapazität) das bereits seit 2007 Datengrundlagen und Konzepte für das Forschungsprogramm erarbeitet. Hierbei werden alle derzeit zugänglichen Datengrundlagen zum Klimawandel umfassend bewertet. Die Ergebnisse werden in eine Kette von wissenschaftlichen Simulationsmodellen integriert, die alle wesentlichen Teilsysteme des Wirkungsgefüges Binnenwasserstraße abdeckt. So wird die Brücke geschlagen von den atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen (1) über das globale und regionale Klimasystem (2) und den Wasserhaushalt in den Stromgebieten (3) bis hin zur Wasserstraße (4) und den Kostenstrukturen der Binnenschifffahrt (5).

Die für den Rhein angewandten Methoden des KLIWAS-Kernprojektes wurden national und international abgestimmt. Die KLIWAS-Ergebnisse (z.B. Nilson et al. 2010b) sind wesentliche Grundlage des Koordinierungsprojektes RheinBlick2050 der KHR sowie der Expertengruppe KLIMA der IKSR und damit auch dieses Berichtes. Außerdem gehen sie in laufende EU-Projekte ein (z.B. EU-ECCONET, AdaptAlp²).

2.3 Frankreich

Im Rahmen des nationalen Vorhabens zur Anpassung an den Klimawandel wird eine Studie zur Verletzlichkeit des französischen Gewässernetzes unter Leitung der VNF erstellt. Momentan wird das Lastenheft dieser Verletzlichkeitsstudie erstellt.

¹ <http://www.kliwas.de>

² <http://www.adaptalp.org/>

2.4 Niederlande

2.4.1 Aktuelle Untersuchungen

In den Niederlanden sind im abgelaufenen Zeitraum zwei Untersuchungen durchgeführt worden, die auf das Verhältnis von Binnenschifffahrt und Klimaentwicklungen eingehen.

Forschungsprojekt „Klima und Binnenschifffahrt“

Innerhalb des Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt hat die Wasserstraßenverwaltung Rijkswaterstaat untersuchen lassen, welche Auswirkungen mittel- und langfristig als Folge der Klimaänderung zu erwarten sind.

Dabei ist von den Klimaszenarien des Königlichen Niederländischen Meteorologischen Instituts (KNMI) ausgegangen worden. Das extreme Szenario hierbei ist W+, bei dem von einem Temperaturanstieg um + 2 °C im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990, nassen und milden Wintern sowie warmen und trockenen Sommern, jeweils mit einer Zunahme von Wind und Luftströmungen, ausgegangen wird.

W+	Warm +	Anstieg der Temperatur auf der Erde um 2 °C 2050 im Vergleich zu 1990 + mildere und nassere Winter durch mehr Westwind + wärmere und trockenere Sommer durch mehr Ostwind
----	--------	---

Das Projekt behandelt die folgenden Aspekte, ausgehend von der Situation im Jahr 2050:

- die Auswirkungen der Klimaänderung auf den Wasserhaushalt und die Folgen für die Binnenschifffahrt (Niedrig/Hochwasser und Bodensenkung/Versandung),
- die Auswirkungen der Klimaänderung auf kritische Punkte der Infrastruktur (Schleusen und Brücken), auf das Hauptwasserstraßennetz und
- die Auswirkungen der Klimaänderung auf den Rotterdamer Hafen.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen sind:

- vermehrte und ausgeprägtere Niederschlagsperioden im Winter und Trockenperioden im Sommer, wenn sich das W+ Szenario durchsetzt,
- Behinderungen der Schifffahrt durch Hoch- und Niedrigwasser auf der Waal, dem Rhein und der IJssel. Dadurch entstehen Veränderungen bei Fahrzeiten, Fahrkosten, Zuverlässigkeit, Ausweichrouten und demzufolge höhere Transportkosten.

Forschungsprojekt „Klimawandel und Binnenschifffahrt: Auswirkungen auf den Bereich der Binnenschifffahrt, den Rotterdamer Hafen und mögliche Lösungen“

Das Forschungsprojekt „Klima und Binnenschifffahrt“ ist teilweise übergegangen in die Untersuchung des Konsortiums „Kennis voor Klimaat, Hotspot Rotterdam“ (Wissen zum Klima, Brennpunkt Rotterdam), aus der Technischen Universität Delft, der Freien Universität Amsterdam, Ingenieurbüros und den Fachinstitutionen TNO, Arcadis und Deltares, dem Hafenbetrieb Rotterdam und dem Ministerium für Infrastruktur und Umwelt. Abbildung 1 zeigt den Aufbau dieses Projekts.

Auch bei diesem Projekt ist man vom KNMI-Klimaszenario W+ für das Jahr 2050 ausgegangen. Die wichtigsten Schlussfolgerungen sind:

- mehr und stärker ausgeprägte Niederschlagsperioden im Winter und Trockenperioden im Sommer, wenn sich das W+ Szenario durchsetzt,
- Behinderungen der Schifffahrt durch Hoch- und Niedrigwasser in den Flüssen,
- höhere Transportkosten und Verzögerungen bei der Anlieferung von Gütern,
- eine Verlagerung von der Binnenschifffahrt auf die Straße und zur Bahn.

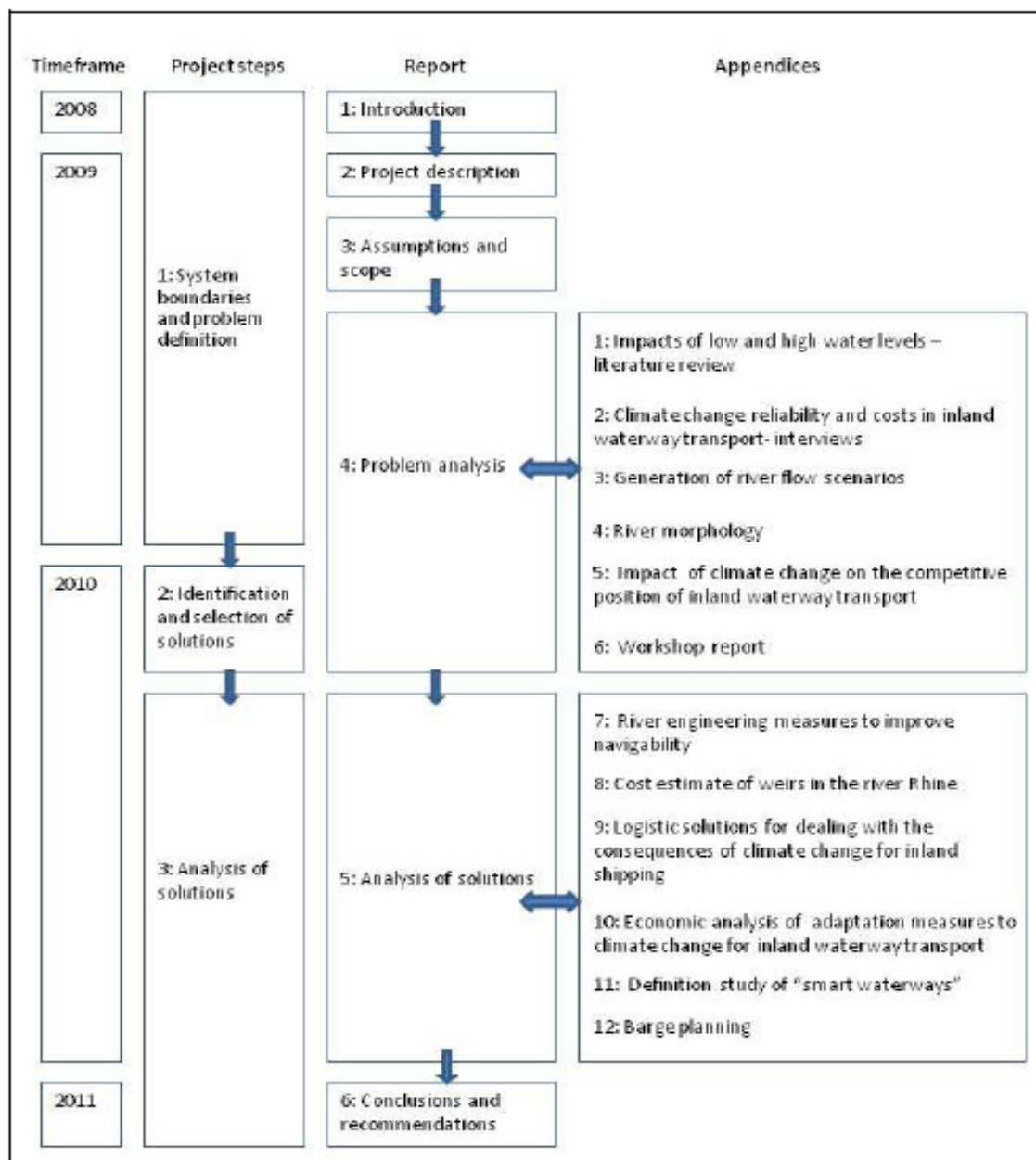


Abbildung 1: Aufbau des Forschungsprojekts „Klimawandel und Binnenschifffahrt: Auswirkungen auf den Bereich der Binnenschifffahrt, den Rotterdamer Hafen und mögliche Lösungen“

2.4.2 Künftige Untersuchungen

Im Rahmen des „Deltaprogramma“¹ werden in Kürze weitere Untersuchungen begonnen, bei denen der Schwerpunkt vor allem darauf liegt, das Modellinstrumentarium für die Flüsse neu zu vermessen und zu erweitern. Damit kann die vermutliche Dynamik des Systems der Flüsse bei den verschiedenen Klimaszenarien erfasst werden.

Bei der Modellierung wird der gesamte Rhein abgebildet. Hier muss aber angemerkt werden, dass beim Klimawandel die regionalen Unterschiede der Änderungen der Niederschlagsverteilung nicht berücksichtigt werden.

Daneben soll die erste Untersuchung „Klima und Binnenschifffahrt in den Niederlanden“ im Rahmen des „Deltaprogramma“ weitergeführt werden.

Erwartet wird, dass das KNMI 2013 aktualisierte Szenarien publizieren wird.

2.5 RheinBlick2050²

Seit etwa 20 Jahren beschäftigt sich die KHR mit der Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserabfluss des Rheins und seiner Nebenflüsse. Mit den großen Fortschritten der Klimaforschung stellte sich die Frage, ob diese zu einer verbesserten Prognose über die künftigen Wasserabflüsse führen könnte. Zur Beantwortung dieser Frage initiierte die KHR das Projekt „RheinBlick2050“ (Görgen et al., 2010) zu den Auswirkungen eines regionalen Klimawandels auf das Abflussverhalten des Rheins und seiner Haupt-Zuflüsse Mosel und Main. Eine internationale Arbeitsgruppe mit Experten aus Forschungseinrichtungen und Wasserwirtschaftsverwaltungen führte die notwendigen Analysen und Berechnungen durch, deren Ergebnisse Ende 2010 vorgelegt wurden. RheinBlick2050 dient als Grundlage für Arbeiten nationaler Stellen und anderer internationaler Organisationen. Beispielsweise bestimmen die Ergebnisse des Projekts maßgeblich die aktuellen Arbeiten der IKSR im Hinblick auf den Klimawandel (siehe dazu Abschnitt 2.6 dieses Berichts).

RheinBlick2050 befasst sich ausschließlich mit den Auswirkungen, d.h. den Veränderungen im physikalischen System. Es befasst sich nicht mit Anpassungs- oder Minderungsmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Eine der Charakteristiken des Projekts liegt darin, dass es einen gemeinsamen, abgestimmten und grenzüberschreitenden Blick auf Abflussänderungen eröffnet. Das Experiment-Design folgt einer typischen Studie zum Einfluss des Klimawandels auf die Hydrologie. Dabei wird ein bestimmtes Treibhausgas-Emissions-Szenario mit verschiedenen globalen Klimamodellen verwendet. Mit Hilfe eines regionalen Klimamodells (RCM) wird ein Zusammenhang zwischen großräumigen Beobachtungen (z.B. Wetterlage) und Stationsinformationen (z.B. Temperatur) hergestellt (Regionalisierung). Basierend auf solchen verfügbaren Datensätzen wird nach einer umfassenden Bewertung und Auswahl einer Modellkette eine Korrektur systematischer Fehler in den täglichen Lufttemperatur- und Niederschlags-Simulationsergebnissen der RCMs durchgeführt. Schließlich werden hydrologische Modellrechnungen zur Analyse der zukünftigen Entwicklung des Abflusses sowie Niedrig- und Hochwasserverhaltens von Fließgewässern durchgeführt. Szenario-Bandbreiten und -Tendenzen dienen der Ableitung der Änderungen und helfen bei der Kommunikation der Ergebnisse. Die Auswertungen erfolgen für ausgewählte Pegel an Rhein, Main und Mosel.

¹ Das Deltaprogramma in den Niederlanden (die Deltawerke der Zukunft) hat das Ziel, die Niederlande jetzt und künftig gegen Hochwasser sowohl von der See her als auch von den Flüssen aus zu schützen und die Süßwasserversorgung aufrechtzuerhalten.

² <http://www.chr-khr.org/de/projekte/rheinblick2050>

Nach RheinBlick2050 ergeben sich für die nahe Zukunft (2021 bis 2050) des Betrachtungsgebiets (Rhein, Main und Mosel) gegenüber dem Vergleichszeitraum (1961 bis 1990) im hydrologischen Sommer (Mai bis Oktober) für mittlere und niedrige Abflüsse keine eindeutigen Änderungstendenzen. Für den hydrologischen Winter (November bis April) werden wahrscheinlich ansteigende Niedrigwasserabflüsse angezeigt. Bei einer weiteren Zunahme der Treibhausgasemissionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts würden die Änderungen des Abflussregimes nach gegenwärtigem Kenntnisstand allerdings deutlicher. Für den mittleren Abfluss von Rhein, Main und Mosel werden unter diesen Bedingungen für die ferne Zukunft (2071 bis 2100) beispielsweise Zunahmen zwischen 5% und 40% im Winter und Abnahmen zwischen 5% bis 30% im Sommer simuliert.

RheinBlick2050 zeigt insbesondere, dass es nicht nur eine Projektion des zukünftigen Abflussgeschehens gibt. Eine Vielzahl möglicher Entwicklungen ergibt eine Bandbreite für die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Entwicklungen. Angesichts des langen Simulationszeitraumes und der damit verbundenen Unsicherheiten, der zukünftig zu erwartenden weiteren Verbesserungen der Klimamodelle sowie der Vielzahl weiterer Einflussfaktoren auf die zukünftige Entwicklung der Abflüsse ist es nach Ansicht der Projektverantwortlichen erforderlich, Projekte wie RheinBlick2050 in regelmäßigen Abständen fort zu entwickeln.

Konkrete Ergebnisse der Modellrechnungen werden im Kapitel 3 wiedergegeben.

2.6 Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins¹

Die IKSR hat in den Jahren 2008 bis 2011 durch eine Expertengruppe, an deren Beratungen auch das Sekretariat der ZKR teilnahm, die „Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins“ erstellt. Diese beinhaltet zusammenfassende Analysen und Darstellungen bisheriger und möglicher zukünftiger Veränderungen des Klimas, des Wasserhaushalts und der Wassertemperaturen für den planungsrelevanten Zeitraum bis 2050 (insgesamt Analysen von Klimaszenarien bis 2100) im Rheineinzugsgebiet. Die Studie soll Basis der weiteren Arbeiten der IKSR, nämlich der Erkennung der möglichen Gefahren und Risiken und der Entwicklung zukunftsorientierter, nachhaltiger wasserwirtschaftlicher Vorsorgekonzepte/ Anpassungsstrategien dienen.

Die Studie verfolgt das Ziel, aktuelle Ergebnisse zu den möglichen Folgen des Klimawandels am Rhein zusammenzustellen. Institutionsübergreifende Forschungsaktivitäten und Projekte haben für verschiedene Wasserhaushaltsgrößen des Rheineinzugsgebietes umfangreiche Datenbestände mit grenzübergreifend abgestimmten Methoden aufbereitet und gewähren so eine integrierte Sicht auf den aktuellen Kenntnisstand. Präzise und „wahre“ Zukunftsaussagen sind demnach nicht möglich. Stattdessen zeigen sich erhebliche Bandbreiten an Ergebnissen.

In besonderem Maße trifft dies für simulierte Abflussextrême zu. Mit Bezug auf die Behandlung der Hochwasser mit hoher Wiederkehrfrequenz zeigen sich methodische Defizite. Diese treten insbesondere am Oberrhein in Erscheinung. Auch sind einige hydrodynamische Aspekte, wie z.B. die Rückhaltewirkung von Deichüberströmung und Deichbrüchen, Rückhaltewirkung der Vorländer, Hochwasserrückhaltemaßnahmen, etc. derzeit nicht berücksichtigt.

¹ Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins, Stand April 2011, Bericht Nr. 188, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)

Die dargestellten Bandbreiten machen die Unsicherheiten bei der Simulation mit den heutigen Modellen transparent. Dabei ist zu berücksichtigen, dass trotz der hohen Komplexität und Vielzahl der verwendeten Modelle, die „echte“ Zukunft noch außerhalb dieser Bandbreite liegen könnte. Die aktuellen Modelle berücksichtigen noch nicht alle Elemente des Klimasystems bzw. des Wasserhaushalts; z.B. fehlt den globalen Klimamodellen noch ein gekoppelter Kohlenstoffkreislauf. Dies wird sich absehbar mit dem bis 2013/2014 erwarteten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ändern.

Die vorgestellten Ergebnisse fallen zumeist moderater aus als die bisher veröffentlichten. Als "Entwarnung" ist dies jedoch keinesfalls zu verstehen. Die prozentualen Änderungen liegen bei neueren Berechnungen z.T. deutlich im zweistelligen Bereich und würden, wenn sie sich bewahrheiten, dem System „Rhein“ eine hohe Anpassungskapazität zusätzlich zu der des 20. Jahrhunderts abverlangen. Zudem würden sich – wie die vorgelegten Sensitivitätsuntersuchungen zeigen – unter der Annahme eines fortgesetzten Anstiegs der Treibhausgaskonzentrationen bis Ende des 21. Jahrhunderts deutlich stärkere Änderungen zeigen.

In diesem Bericht wurde bewusst auf die Darstellung eines Ensemble-Mittels verzichtet. Dieser repräsentiert im Falle des Medians lediglich den Mittelpunkt einer Spanne von Simulationen, die alle als gleich wahrscheinlich zu betrachten sind¹. Seine Wahl ist nicht objektiv zu begründen. Eine Reduktion der Anpassungsdiskussion auf einen einzelnen „Klima-Wert“ kann zu einer Verzerrung des tatsächlichen Kenntnisstandes bzgl. möglicher Klimafolgen führen.

Die Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins kommt zu dem Schluss, dass die Entscheidungsfindung hin zu einer Anpassungsstrategie die Unsicherheiten der Zukunftsprojektionen berücksichtigen muss. Es ist Teil der Verantwortung des Entscheidungsträgers, ob er eine Anpassungsmaßnahme auf Grundlage des oberen oder unteren Randes oder der zentralen Schätzung des Ensembles dimensioniert.

2.7 Auswirkungen des Klimawandels auf das Binnenwasserstraßennetz (ECCONET)²

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, Expertise von Partnern aus den Bereichen Meteorologie, Hydrologie, Infrastruktur, Transport- und Wirtschaftswissenschaften zusammenzutragen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf das Verkehrsnetz anhand des Beispiels der Binnenwasserstraßen zu untersuchen.

Dabei werden auch die Ergebnisse der Projekte EWENT³ und WEATHER⁴, die die Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf den Verkehrssektor insgesamt – unter Aussparung der Binnenschifffahrt – untersuchen, berücksichtigt.

Das Projekt ECCONET hat zwei parallele Forschungsziele:

- Analyse der verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels auf die Binnenschifffahrt;
- Analyse von Anpassungsstrategien und deren Auswirkungen für den Sektor.

Das Projekt ECCONET wird von zehn europäischen Partnern im Rahmen des siebten europäischen Forschungsrahmenprogrammes bearbeitet. Die Ergebnisse des Projekts werden für 2012 erwartet und sollen zur Entwicklung politischer Leitlinien sowie eines strategischen Rahmens für die Binnenschifffahrt führen.

¹ Grundsätzlich sind bei Szenarien-basierten Analysen keine objektiven Wahrscheinlichkeiten zu benennen. „Wahrscheinlichkeiten“ sind in diesem Zusammenhang immer durch die subjektiv gewählten Annahmen und Modelle bedingt.

² www.ecconet.eu

³ <http://virtual.vtt.fi/virtual/ewent/index.htm>

⁴ <http://www.weather-project.eu>

3. Hydrologische Entwicklung

Heute weist der Rhein dank der Speisung im Frühling und Sommer durch Schmelzwasser und Niederschlag in den Alpen und durch Niederschlag im Herbst und Winter in den tiefer gelegenen Gebieten einen gleichmäßigen Abfluss auf. Das Schmelzwasser der winterlichen Schneedecke und der Gletscher ist heute eine wichtige Quelle für den gleichmäßigen Abfluss in Zeiten mit geringem Niederschlag. Dieser ausgleichende Einfluss wird jedoch mit dem Abschmelzen der Gletscher in Zukunft laufend abnehmen. Die Wahrscheinlichkeit von längeren Perioden mit außergewöhnlich niedrigen Wasserständen wird in ferner Zukunft (2071 bis 2100) zunehmen.

Im Rheingebiet überlagern sich verschiedene Abflussregime. Der südliche, alpennahe Bereich ist durch das Wechselspiel von winterlichem Schneedeckenaufbau und sommerlicher Schneeschmelze sowie durch relativ hohe Sommerniederschläge geprägt, das sogenannte „Schneeregime“ oder „Nivalregime“. Dies hat zur Folge, dass Niedrigwasserereignisse vornehmlich im Winter und Hochwasserereignisse vornehmlich im Sommer auftreten. Typisch für die Rheinzuflüsse, die den Mittelgebirgsbereich entwässern (Neckar, Main, Lahn, Mosel etc.) ist ein „Regenregime“ / „Pluvialregime“. Hier zeigt sich eine Dominanz von Winterhoch- und Sommerniedrigwassern. Durch die Überlagerung beider Regime ergibt sich stromab des Rheins eine immer gleichmäßigere Verteilung des Abflusses über das Jahr, das "kombinierte Regime" wie am Pegel Köln.

Änderungen der klimatischen Rahmenbedingungen wirken sich auf die Abflussregime aus. Über das 20. Jahrhundert hinweg zeigt sich eine Tendenz hin zu einer größeren „Regenlastigkeit“ (Pluvialisierung) mit der Konsequenz einer Zunahme der winterlichen Abflüsse. Dies führte im Süden zu einer Abnahme und im Norden zu einer Verstärkung der innerjährlichen Gegensätze. Für das 21. Jahrhundert zeigen die meisten Projektionen, dass sich diese Tendenz fortsetzen und aufgrund sommerlicher Abflussabnahmen weiter verstärken könnte. Die nachfolgend tabellarisch dargestellten Wertebereiche betten sich in diese Grundtendenzen ein.

Die Wertebereiche sind das Ergebnis zahlreicher Modellsimulationen, die von verschiedenen nationalen Forschungsaktivitäten und Institutionen bereitgestellt und im Rahmen des Koordinierungsprojektes RheinBlick2050 zusammengeführt und methodisch abgestimmt wurden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es kein „perfektes“ Modell zur Simulation der zukünftigen Abfluss- und Fahrwasserbedingungen gibt. Es ist daher anerkannte Praxis, verschiedene Modelle einzusetzen, um den Unsicherheitsbereich der Simulationen zu erfassen.

Tabelle 1: Zu erwartende Prozentuale Änderungen des Niedrigwasserabflusses (NM7Q) zwischen 30-jährigen Zeiträumen der simulierten Gegenwart (1961 bis 1990) und der Mitte (2021 bis 2050 – Nahe Zukunft) bzw. dem Ende (2071 bis 2100 – Ferne Zukunft) des 21. Jahrhunderts. *Die in Schrägschrift geschriebenen Pegel befinden sich nicht am Rhein.* (Quelle: Nilson et al., 2010b)

	Pegel	2021 – 2050	2071 - 2100
NM7Q Sommer hydrologisches Sommer- halbjahr (Mai-Okt)	Basel	+/-10%	-20 bis -10%
	Maxau	+/-10%	-20 bis -10%
	Worms	+/-10%	-25 bis -10%
	Kaub	+/-10%	-25 bis -10%
	Köln	+/-10%	-30 bis -10%
	Lobith	+/-10%	-30 bis -10%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0 bis +20%	-20 bis 0%
	<i>Trier (Mosel)</i>	+/- 20%	-50 bis -20%
NM7Q Winter hydrologisches Winter- halbjahr (Nov-Apr)	Basel	+5 bis +15%	0 bis +15%
	Maxau	0 bis +10%	-5 bis +15%
	Worms	+5 bis 15%	-5 bis +15%
	Kaub	0 bis +15%	-5 bis +15%
	Köln	0 bis +15%	0 bis +20%
	Lobith	0 bis +15%	-5 bis +15%
	<i>Raunheim (Main)</i>	+5 bis 15%	0 bis +20%
	<i>Trier (Mosel)</i>	+/-15%	0 bis +20%

NM7Q: das niedrigste arithmetische Mittel des Abflusses an sieben aufeinanderfolgenden Tagen

- Keine Tendenz
- Anstieg des Abflusses
- Abnahme des Abflusses
- Weiß Keine Aussage möglich

Tabelle 2: Zu erwartende Prozentuale Änderungen des mittleren Hochwasserabflusses (MHQ), sowie des Abflusses bei "häufigem", "mittlerem", und "extremem" Hochwasser (in der Größenordnung der Jährlichkeiten 10, 100 und 1000 Jahre) zwischen 30-jährigen Zeiträumen der simulierten Gegenwart (1961 bis 1990) und der Mitte (2021 bis 2050 – Nahe Zukunft) bzw. dem Ende (2071 bis 2100 – Ferne Zukunft) des 21. Jahrhunderts. *Die in Schrägschrift geschriebenen Pegel befinden sich nicht am Rhein.* (Quelle: Nilson et al., 2010b)

Index	Pegel	Nahe Zukunft	Ferne Zukunft
MHQ hydrologisches Jahr (Nov-Okt)	Basel	-5% bis +10%	-25% bis +15%
	Maxau	-5% bis +15%	-20% bis +15%
	Worms	-10% bis +20%	-15% bis +15%
	Kaub	-5% bis +25%	-10% bis +20%
	Köln	0% bis +20%	-5% bis +25%
	Lobith	0% bis +20%	-5% bis +20%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% bis +35%	0% bis +35%
	<i>Trier (Mosel)</i>	-10% bis +15%	-10% bis +20%
Abfluss bei "häufigem" Hochwasser	Basel	-10% bis +10%	-20% bis +20%
	Maxau	-15% bis +20%	-15% bis +25%
	Worms	-15% bis +15%	-10% bis +35%
	Kaub	-15% bis +15%	-5% bis +40%
	Köln	-5% bis +15%	0% bis +40%
	Lobith	-5% bis +15%	0% bis +35%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% bis +30%	5% bis +40%
	<i>Trier (Mosel)</i>	-5% bis +15%	0% bis +25%
Abfluss bei „mittlerem“ Hochwasser	Basel	-20% bis +10%	-30% bis +25%
	Maxau	-10% bis +15%	-25% bis +30%
	Worms	-5% bis +20%	-25% bis +35%
	Kaub	-5% bis +20%	-10% bis +25%
	Köln	0% bis +20%	0% bis +25%
	Lobith	0% bis +20%	0% bis +25%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% bis +20%	0% bis +35%
	<i>Trier (Mosel)</i>	-5% bis +25%	-5% bis +25%
Abfluss bei "extremem" Hochwasser	Basel	-20% bis +35%	-10% bis +50%
	Maxau	-20% bis +35%	-20% bis +65%
	Worms	-15% bis +30%	-20% bis +45%
	Kaub	-5% bis +25%	-10% bis +30%
	Köln	-5% bis +25%	0% bis +30%
	Lobith	-5% bis +20%	-5% bis +30%
	<i>Raunheim (Main)</i>	-5% bis +40%	0% bis +45%
	<i>Trier (Mosel)</i>	-35% bis +20%	-20% bis +45%

MHQ: mittlerer Hochwasserabfluss

- Keine Tendenz
- Anstieg des Abflusses
- Abnahme des Abflusses
- Keine Aussage möglich

4. Auswirkungen auf die Rheinschifffahrt

4.1 Pegel

Nach Analyse der heute vorliegenden Studien sind für die untersuchten Pegel in naher Zukunft, bis 2050, keine eindeutigen Veränderungen gegenüber der heutigen Situation zu erkennen. Verschiedene Hochwasserkennwerte zeigen für mehrere Pegel steigende Tendenzen, jedoch sind die Unsicherheitsbereiche beträchtlich (- 5 % bis + 25 %). Die für die Sommermonate oft angenommene Zunahme extremer Niedrigwassersituationen wird nicht bestätigt. Die projizierten Änderungen der Niedrigwasserabflüsse lassen während des Sommers keine Richtung erkennen (+/- 10 %). Für die Wintermonate werden sogar steigende Werte simuliert (0 % bis + 15 %), was sich günstig auf die Schifffahrt auswirken würde.

Für die ferne Zukunft (2071 bis 2100) zeigen sich jedoch, unter der Annahme einer weiteren Zunahme der Treibhausgasemissionen (und der damit verknüpften weiteren Temperaturzunahme) stärkere Änderungen. Für die mittleren Abflüsse werden z.T. höhere Änderungen simuliert als für die nahe Zukunft. Die Bandbreite nimmt für einige Kennwerte und Pegel um 40 % zu. Die sommerliche Abnahme der Niedrigwasserabflüsse wird mit 10 % bis 30 % angegeben und die winterliche Zunahme mit 5 % bis 30 %.

Für den Pegel Lobith zeigt die folgende Abbildung Modellrechnungen für 2100 (RHINEFLOW-3). Gegenüber den Durchschnittswerten von 1901 bis 2004 zeigt sich eine Zunahme des Abflusses im Winter und eine Abnahme im Sommer.

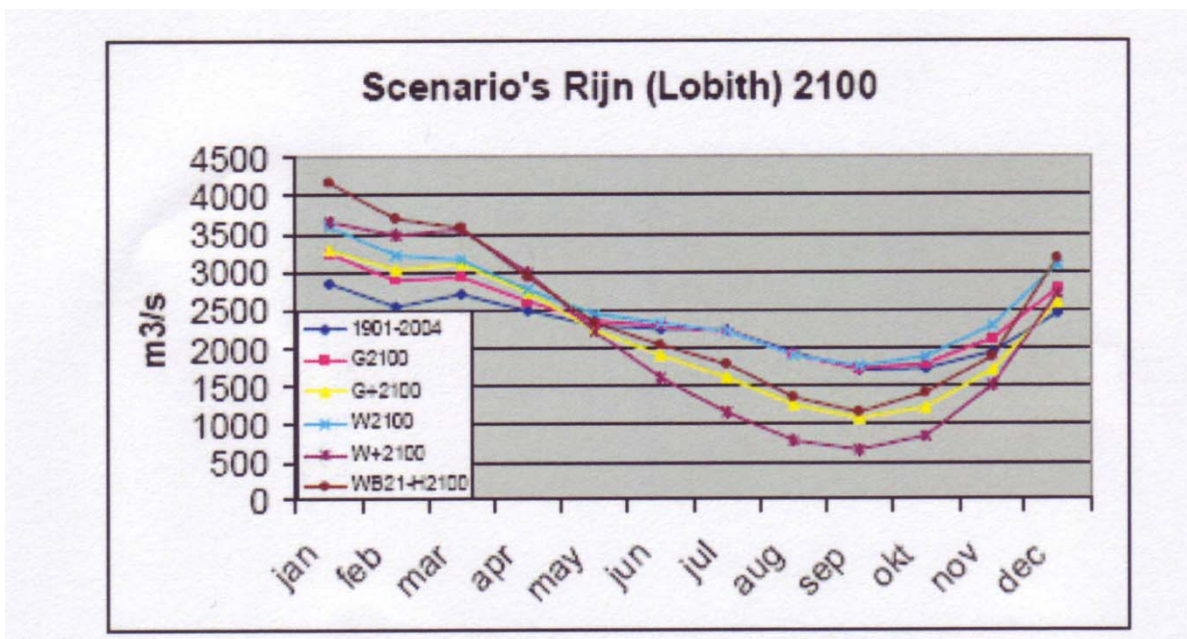


Abbildung 2: Mittlerer monatlicher Abfluss für verschiedene Szenarien im Jahr 2100

Trotz der Bandbreite der Ergebnisse zeigen die Szenarien jedoch deutlich, dass für die ferne Zukunft Handlungsoptionen (siehe Kapitel 5) zu erwägen sind, um vor allem die für die Sommermonate projizierten ausgeprägten Niedrigwasserperioden für den Rhein und den daraus resultierenden Einschränkungen für die Schifffahrt zu kompensieren.

4.2 Infrastruktur

Ab 2050 sind Auswirkungen durch den Klimawandel auf die Funktion der Infrastrukturbauwerke, insbesondere Stauanlagen am Oberrhein und in den Niederlanden, Brücken, Fahrrinne, Deiche sowie Häfen, nicht auszuschließen.

Hoch- und Niedrigwasserperioden sind, auch unabhängig vom Klimawandel, von großer Bedeutung für die Schifffahrtsanlagen, und ohnehin zu beobachten und bei Um- und Neubauten sowie bei der Instandhaltung zu berücksichtigen.

In Tabelle 3 werden Infrastrukturen der Schifffahrt aufgeführt, welche bei Hoch- und Niedrigwasser Probleme bereiten können.

Tabelle 3: Kritische Infrastruktur

Bauwerk	Bemerkungen
Schleusen	Wenn die Wassertiefe am Oberwasser der Schleuse zu niedrig ist, kann der sog. Drempel bei der Einfahrt zu einer kritischen Stelle werden. Diese Schwelle, die zusammen mit den Schleusentoren die wasserdichte Barriere bildet, liegt häufig etwas höher als die angrenzende Fahrrinne.
Brücken	Die extremen Szenarien zeichnen sich durch längere Perioden mit Niedrigwasser, aber auch Hochwasser aus. Hierdurch können, insbesondere für die Containerschifffahrt, Probleme bei der Durchfahrt unter den zwischen Basel und Straßburg vorhandenen niedrigen Brücken auftreten.
Häfen und Kaianlagen	Die Nutzung von Hafenbecken oder Kaianlagen kann durch extreme Wasserstände teilweise oder ganz eingeschränkt werden.
Deiche	Deiche dienen in erster Linie dem Hochwasserschutz, aber auch der Schifffahrt. Werden Deiche zunehmend durch Hochwasser belastet, könnte dies zu Beschränkungen der Schifffahrt führen. Umgekehrt könnte eine Verstärkung und Erhöhung der Deiche zum Hochwasserschutz auch Schifffahrt bei höheren Wasserständen als derzeit ermöglichen.
Fahrinne / Flussbett	Das Flussbett unterliegt ständigen Veränderungen. Dies sind einerseits menschliche Aktivitäten, andererseits natürliche Prozesse wie Ablagerung von Sediment und Erosion. Ablagerung und Erosion werden u.a. von der Wasserführung und der Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst, welche wiederum vom Abfluss beeinflusst werden. Die Zunahme extremer Abflussereignisse aufgrund des Klimawandels wird dementsprechend zu erhöhten Erosionen und Ablagerungen führen.
Liegeplätze	Liegeplätze müssen für extreme Wasserstände ausgelegt sein. Dies gilt sowohl für ihre Ausgestaltung, wie auch für die Anzahl der verfügbaren Liegeplätze, da diese bei Hochwasser von mehr Schiffen als sonst aufgesucht werden.
Buhnen	Buhnen dienen der Erhaltung eines schiffbaren Wasserstandes in Niedrigwassersituationen und bedürfen der jeweiligen Anpassung.

4.3 Eisgang

Wasser- und Lufttemperatur haben keinen unmittelbaren Einfluss auf die Schifffahrt.

Die Binnenschifffahrt wird jedoch in manchen Jahren durch Eisbildung, vor allem auf den Kanälen, stark beeinträchtigt. Sollten die Temperaturen im Winter ansteigen, kommt dies direkt der Schifffahrt auf den Kanälen und damit indirekt auch der Rheinschifffahrt zu gute. Andererseits könnte eine verbesserte Wasserqualität den Gefrierpunkt der Gewässer erhöhen und somit die Wahrscheinlichkeit des Einfrierens trotz steigender durchschnittlicher Lufttemperatur zunehmen. Eventuell könnte dies auch auf den Rhein zutreffen.

4.4 Anstieg des Meeresspiegels

Der Anstieg des Meeresspiegels führt über sehr lange Zeiträume zu einem Anstieg der Flusspegel und Veränderungen im Flussbett. Auswirkungen werden sich voraussichtlich hauptsächlich auf die Mündung und den Unterlauf des Rheins beschränken. Auch der Einfluss der Gezeiten landeinwärts wird sich bemerkbar machen. Für die Binnenschifffahrt wirkt sich der Anstieg des Meeresspiegels durch größere Flusstiefen günstig aus. Der Fluss reagiert hierauf jedoch sehr verzögert.

5. Fazit und Handlungsoptionen

5.1 Fazit

Gestützt auf den heutigen Wissensstand sind für die untersuchten Pegel in naher Zukunft (bis 2050) keine eindeutigen Veränderungen gegenüber heute zu erkennen.

Ab 2050 sind Auswirkungen des Klimawandels auf die Funktion der Infrastrukturbauwerke nicht auszuschließen.

5.2 Handlungsoptionen

Ziel dieses Berichtes ist es, mögliche Maßnahmen zu benennen, die auch unter klimabedingt längeren Perioden von Hoch- und Niedrigwasser eine sichere und wirtschaftliche Schifffahrt ermöglichen.

Obwohl zahlreiche Maßnahmen zur Verfügung stehen, welche die Anpassung der Wasserstraße Rhein an den fortschreitenden Klimawandel ermöglichen könnten, lässt der heutige Wissensstand nur eine sehr eingeschränkte Beurteilung dieser Maßnahmen zu. Heute ist es demnach aber noch nicht möglich, Szenarien für die langfristige Gewährleistung der Rheinschifffahrt im Detail zu beschreiben.

Die zu erwartenden Hoch- und Niedrigwassersituationen sind an sich nicht neu und resultieren nicht nur aus dem Klimawandel. Dementsprechend hat die Binnenschifffahrt bereits Maßnahmen, mit denen auch unter widrigen Bedingungen Transporte sichergestellt werden können, entwickelt und auch, beispielsweise bei lang andauernden Trockenperioden, genutzt.

Daneben gibt es schon heute Entwicklungen, die auch in ferner Zukunft (2071 bis 2100) in Bezug auf den Klimawandel wertvoll sein können. Bereits jetzt sind die Anwendung und Nutzung von Informationen in der Logistikkette von großer Bedeutung. Im Binnenschifffahrtsinformationsdienste-Konzept (RIS) sind Systeme entwickelt worden, um die Akteure über aktuelle Wasserstände, Wasserstandsvorhersagen, Reisepläne, Verkehrslenkung etc. zu informieren. Auch das Automatische Identifikationssystem (AIS) und das System zur elektronischen Darstellung von Binnenschifffahrtskarten und von damit verbundenen Informationen (ECDIS) spielen dabei eine Rolle. Hier gibt es ebenfalls schon heute einen Bedarf an genauen Informationen über Abladetiefe und Wasserstände. Von besonderem Interesse wären auch belastbare Wasserstandsvorhersagen für mehrere Tage im Voraus, damit die Reise sowie die Beladung geplant werden können. Als Folge des Klimawandels wird die Nachfrage nach solchen Informationen sicherlich zunehmen.

Nach derzeitigen Erkenntnissen über die möglichen Hoch- und Niedrigwassersituationen sind für die Rheinschifffahrt unmittelbar keine Maßnahmen vorzusehen. Aber es ist ratsam, die Auswirkungen des Klimawandels für den Bau neuer Infrastrukturen zu berücksichtigen, wo sich die Möglichkeit dazu bietet. Dies fällt in die Kategorie der No-Regret-Measures. Das sind Maßnahmen, die unabhängig von der Zielsetzung „Anpassung der Rheinschifffahrt an den Klimawandel“ durchgeführt werden, aber auch dieser Zielsetzung dienlich sind. Es handelt sich hierbei um Maßnahmen, die ergriffen werden könnten, ohne sie zu einem späteren Zeitpunkt „bereuen“ zu müssen, da sie primär einem anderen Ziel dienen.

Neben diesen Maßnahmen muss auf längere Sicht mit dringenderem Handlungsbedarf gerechnet werden, je nachdem wie sich der Klimawandel entwickelt. Hierzu werden im Folgenden Handlungsoptionen aufgeführt.

Flussbauliche Anpassungsmaßnahmen

Es können zwei Arten von flussbaulichen Anpassungsmaßnahmen unterschieden werden, die im Folgenden beschrieben werden.

Technische Maßnahmen

Die Schiffbarkeit kann durch technische Maßnahmen im Fahrwasser, wie z. B. durch Ausbaggerung, Bau von Buhnen, Kolkverbau, Bodenschirme, Unterwasserbuhnen, Parallelwerken und Modifikation der bestehenden Buhnen verbessert werden. Unter bestimmten Umständen können diese Maßnahmen zu einer strukturellen Verbesserung der Schiffbarkeit führen. Baggerarbeit ist die bei weitem billigste technische Lösung, um die Schiffbarkeit zu verbessern. Allerdings werden teurere dauerhafte Maßnahmen bevorzugt, weil Baggerarbeit zur Störung der Schifffahrt oder zu einer Erhöhung des Unfallrisikos führen kann.

Stauregelung des Rheins

Stauregelung bestimmter Abschnitte des Rheins kann durch Wehre und Schleusen erzielt werden. In Zeiten niedrigen Abflusses sind die Wehre in geschlossener Stellung und stellen auf diese Weise eine ausreichend schiffbare Wassertiefe sicher. Die Schleusen machen es möglich, trotz einer gewissen Verzögerung, die Schifffahrt weiter zu führen.

Gewässerbewirtschaftung

Hierbei handelt es sich besonders um Maßnahmen, die vor allem das Wasser im Oberrhein länger halten sollen. Dies kann durch die Schaffung von Wasserrückhalteeinrichtungen sowie neuer Staudämme in den Alpen und weitere Rückhaltemaßnahmen durchgeführt werden. Es gibt aber auch dauerhafte Renaturierungsmaßnahmen, wie das Erstellen von Feuchtgebieten und Entsiegelung. Diese können dazu beitragen, den Abfluss zu verlangsamen und über das Jahr auszugleichen.

Logistikmanagement

Es geht hier um die Erhöhung der Belastbarkeit und der Flexibilität der Versorgung durch Änderung der logistischen Kette. Dies kann erreicht werden durch die Bereitstellung von größeren Lagern oder mehr Speicherkapazität, alternative Routen, zusätzliche Verkehrsträger oder zusätzliche Umschlaganlagen in den Häfen und Terminals. Zusätzliche Speicherkapazität und kleinere Schiffe sind die praktikabelsten Lösungen für Standorte flussaufwärts. Man könnte auch an den temporären Einsatz von Schiffen als schwimmende Lager denken. Eine Erhöhung der täglichen Betriebszeiten der Schiffe kann einen positiven Beitrag zum Logistikmanagement leisten und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit verbessern. Dies erscheint sehr effektiv und dient damit zwei Zielen.

Flottenmanagement

Hier werden insbesondere Schiffe mit geringerem Tiefgang betrachtet. Solche Schiffe sind sowohl breiter als auch länger und aus leichten Materialien gebaut. Außerdem haben sie teilweise einen zusätzlichen (temporären) Auftrieb.

Für die Umsetzung mancher Maßnahmen, wie beispielsweise Vertiefung statt Verbreiterung der Fahrrinne, Schaffung von Wasserrückhalteeinrichtungen, Entsiegelung und Renaturierung, müssen sehr lange Zeiträume für die Planung in Betracht gezogen werden. Insbesondere die für umweltrelevante Maßnahmen vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfungen sowie die Beteiligung der Öffentlichkeit und betroffener Akteure können je nach Umfang der Maßnahmen sehr viel Zeit in Anspruch nehmen.

Der neueste IPCC-Sachstandsbericht mit aktualisierten Informationen über die voraussichtlichen Klimaänderungen wird für Ende 2013 erwartet. Er wird aller Wahrscheinlichkeit nach die Weiterentwicklung der globalen Klimamodelle berücksichtigen. Es ist zu erwarten, dass diese angepassten Klimamodelle zu einer zuverlässigeren Aussage über die zukünftige Entwicklung des Klimawandels und seine Auswirkung auf das Abflussregime des Rheins führen werden.

Fazit

Es drängen sich zurzeit keine infrastrukturellen Sofortmaßnahmen auf.

Klimawandel und Logistik der Rheinschifffahrt

Einleitung

1. Die Rheinschifffahrt wird ab der Jahrhundertmitte allem Anschein nach mit einer zunehmend unberechenbaren Wasserführung zu kämpfen haben, da sich zum einen häufiger Wellen bilden werden, die zu Hochwasser führen und die Schifffahrt behindern können, und zum anderen öfter lange Phasen geringer Durchflussmengen auftreten werden, die Niedrigwasser verursachen. Obgleich sich diese Bedingungen nur ganz allmählich entwickeln werden, lässt die jüngere Vergangenheit bereits jetzt erahnen, unter welchen neuen Voraussetzungen sich die logistischen Aktivitäten künftig abspielen werden.
2. Wie lässt sich die Binnenschifffahrt zu Beginn des 21. Jahrhunderts als Teil eines leistungsfähigen Landverkehrssystems, das sich aus vier verschiedenen Verkehrsträgern zusammensetzt – nämlich der Straße, der Schiene und der Wasserstraße (über die Short-Sea-Verkehre und die Binnenschifffahrt) – charakterisieren? Allgemein hat die Verkehrstätigkeit eine schrittweise Integration in die Industrie- und Distributionstätigkeiten erfahren. Was die Industrie betrifft, so geht es um deren Versorgung mit Rohstoffen vor der Produktion und um die Verteilung von (Halb)Fertigerzeugnissen nach der Produktion. Im Hinblick auf die Distribution können allgemein mehrere Phasen unterschieden werden, die zum Teil auch die Binnenschifffahrt betreffen. Im Übrigen ist der Binnenschiffsverkehr in einem Umfeld angesiedelt, das
 - durch die Strecke bestimmt wird, welche die Seehäfen mit den industriellen Ballungsräumen und Distributionszentren im Hinterland verbindet und
 - sich im Hinblick auf die Organisation und Planung sowie das Packaging und Handling durch ein hohes Maß an Präzision auszeichnet.

Hieraus ergibt sich als wichtigste Anforderung eine möglichst große Zuverlässigkeit.

Rolle der Binnenschifffahrt in Bezug auf die Wirtschaft und die Versorgung der Industrie sowie auch die Distribution:

a) Bedeutung der Binnenschifffahrt für die Versorgung der Industrie

3. Die logistische Bedeutung der Binnenschifffahrt für die Versorgung der Industrie betrifft vor allem den Transport von verschiedenen trockenen und flüssigen Massengütern:
 - Erze und Kohle für die Stahlindustrie
 - Kohle für Strom- und Wärmekraftwerke des Energiesektors
 - Agrarrohstoffe für die Nahrungsmittelindustrie (z.B. Ölmühlen) und die Herstellung erneuerbarer Energien (z.B. Ethanol)
 - petrochemische Rohstoffe (z.B. Naphta) für die chemische Industrie
 - Transporte von Mitteldestillaten zum Kapazitätsausgleich zwischen einzelnen Raffinerien der Mineralölindustrie
4. In Teilen des Massengutbereichs hat die Binnenschifffahrt sehr hohe Marktanteile. Dies gilt insbesondere für die Stahlindustrie und den Energiesektor. In der deutschen Stahlindustrie beläuft sich der Marktanteil der Binnenschifffahrt beim Empfang von Erzen auf rund 60 %, beim Empfang von Steinkohle auf etwa 40 %, und bei Stahlschrott auf rund 20 %.¹

¹ Quelle: Wirtschaftsvereinigung Stahl

5. Dabei müssen hinsichtlich des Modal Splits regionale Unterschiede berücksichtigt werden: Weite Teile der deutschen Stahlindustrie befinden sich nicht am Rhein, sondern in Norddeutschland, und die dortigen Stahlwerke werden zum größten Teil über die Bahn versorgt.

Dennoch lässt sich insgesamt feststellen, dass große Teile der deutschen, belgischen und französischen Stahlindustrie ihre Erzversorgung mit einer Kombination aus Seeschiff und Binnenschiff (hauptsächlich über die Seehäfen Rotterdam, Antwerpen, Gent) bewerkstelligen¹. Im Massengutbereich schlagen für den Verkehrsträger Binnenschiff folgende Faktoren positiv zu Buche:

- *Größenkostenvorteile:*
Die im Vergleich zu Bahn und LKW hohen Beförderungskapazitäten von Binnenschiffen führen zu Größenkostenvorteilen (Skaleneffekten) und damit zu einem Kostenvorteil gegenüber den beiden anderen Landverkehrsträgern.
- *Große Transportdistanzen bei Rohstoffen für die Industrie:*
Ein Seeschiff benötigt rund 2 – 3 Wochen um Erze von Brasilien nach Rotterdam zu bringen. Der Binnenschifftransport von Rotterdam zu den Stahlwerken im Ruhrgebiet dauert aber nur rund einen Tag. Somit ist der Anteil des Binnenschiffsverkehrs am Gesamtprozess der Rohstoffbeschaffung sehr gering, und die Geschwindigkeitsnachteile des Binnenschiffs fallen kaum noch ins Gewicht.

Ähnliche Beispiele finden sich auch bei der Belieferung und im weltweiten Handel von Agrarrohstoffen für die Nahrungsmittelindustrie. Z.B. wird Soja aus den USA über Seeschiffe nach Rotterdam und über den Rhein, den Rhein-Main-Donau-Kanal und die Donau bis nach Ungarn transportiert, wo es zu Tierfutter weiter verarbeitet wird.

6. Im Zuge einer auf die Minimierung von Lagerhaltungskosten gerichteten Unternehmenspolitik dienen Seehäfen in zunehmendem Maße als vorgelagerte Lagerstätten für wichtige Rohstoffe und Vorprodukte der Industrie (z.B. für die Stahlindustrie). Die Bevorratung der Industrie erfolgt ausgehend von diesen Seehäfen über die Binnenschiffahrt in relativ geringen Mengen, abgezielt auf die Bedürfnisse der Produktion am Ort. Seehäfen dienen somit als Puffer, in Verbindung mit dem Verkehrsträger Binnenschiffahrt (*foreward integration* der Versorgung im Produktionsprozess).
7. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass:
- *Niedrige Transportkosten des Binnenschiffs sowie*
 - *große Entfernungen beim weltweiten Rohstofftransport*

eine hohe Wettbewerbsfähigkeit des Binnenschiffs beim Transport von Massengütern zur Folge haben, und dass

- *Binnenschiffe im Rahmen einer kostenminimalen Lagerhaltungspolitik der Industrie die Rohstoffversorgung zwischen den als Lagerpuffer verwendeten Seehäfen und den Industrierwerken zeit- und kostenoptimal erfüllen.*

b) Bedeutung der Binnenschiffahrt bei der Distribution von Gütern und Waren

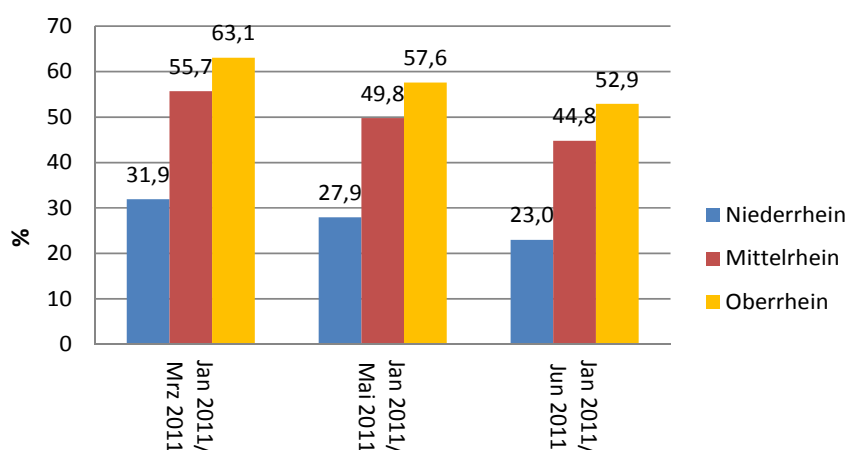
8. Die Transportstatistiken zeigen, dass es innerhalb des Binnenschiffsverkehrs ein Übergewicht der Importe gegenüber den Exporten gibt. Dies lässt sich an Hand des Vergleichs zwischen den Volumina des Bergverkehrs mit jenen des Talverkehrs auf dem Rhein erkennen. Der Grund hierfür ist die oben erläuterte besondere Wettbewerbsposition der Binnenschiffahrt beim Transport von Massengütern, in Verbindung mit der Tatsache, dass es sich bei Massengütern sehr häufig um Rohstoffe aus Übersee handelt, die nach Europa importiert werden müssen.

Dennoch gibt es auch Wirtschaftszweige, bei denen für die Distribution intensiv auf die Binnenschiffahrt zurückgegriffen wird. Hierzu zählen neben der Stahlindustrie insbesondere die Mineralölindustrie, die chemische Industrie und der Agrarsektor.

¹ Bei Gent handelt es sich zwar um einen relativ kleinen Hafen, dieser ist allerdings in starkem Maße auf das Stahlsegment spezialisiert.

9. So lässt sich für die Mineralölindustrie feststellen, dass die Wasserstraße bei der Distribution von Raffinerie-Erzeugnissen bei vier von insgesamt sieben Raffinerien, die sich im Rheingebiet befinden, Modal Split Anteile von 50 % oder mehr erreicht (siehe Marktbeobachtungsbericht 2011-1).
10. Bei der Distribution von Konsumgütern und anderen hochwertigen Gütern wie Maschinen und Anlagen ist die Binnenschifffahrt über die Containerlogistik eingebunden. Die Containerlogistik ist insgesamt von festen Fahrplänen (Containerlinien) geprägt. Damit stellt dieses Segment hohe Anforderungen an die Einhaltung von Zeitvorgaben und Verlässlichkeit.
11. Der wasserseitige Containerverkehr wächst wesentlich stärker als der gesamte Binnenschiffsverkehr. Zum Beispiel hat sich der Containertransport auf der Seine zwischen Le Havre und Paris zwischen den Jahren 2000 und 2009 verfünffacht (Anstieg von 22.700 TEU auf 128.900 TEU), während der gesamte Binnenschiffsverkehr in der Ile-de-France im besagten Zeitraum stagniert hat¹. Auch in Deutschland ist der Containerverkehr wesentlich stärker gewachsen als der gesamte Binnenschiffsverkehr.
12. Um die gestiegene Rolle der Binnenschifffahrt für den Containerverkehr abschätzen zu können, bietet der Unfall des Tankers „Waldhof“ im Januar 2011, der eine Sperrung des Rheins nach sich zog, ein gut geeignetes ‚Exempel‘. Denn die mehrwöchige Sperrung des Rheins, die auf den Unfall vom 13.01.2011 folgte, hatte im Januar und Februar für den gesamten Rhein erhebliche Verluste an Containerverkehr zur Folge. Am stärksten waren die Wirkungen im Januar.
13. Die Auswirkungen unterscheiden sich jedoch nach den einzelnen Rheinabschnitten. Am Oberrhein, der südlich von der Unfallstelle liegt, war im Januar ein Rückgang von 50 bis 60 % gegenüber dem ‚üblichen‘ Containerverkehr feststellbar². Etwas schwächer waren die Auswirkungen bereits am Mittelrhein, hier lagen die Einbußen zwischen 45 und 50 %.
14. Am Niederrhein gab es im Vergleich zu den beiden anderen Abschnitten die geringsten Auswirkungen: Der Containerverkehr wurde hier nur durch den geringeren Verkehr aus südlicher Richtung (vom Ober- und Mittelrhein in Richtung Niederrhein) gebremst, während Importe und Exporte über die Seehäfen ungehindert weiter liefen.

Abbildung: Rückgang des Containerverkehrs auf dem Rhein als Folge des Unfalls des Tankers „Waldhof“ *



Quelle: Berechnungen ZKR. * Die Angaben in % drücken den prozentualen Rückgang des Containerverkehrs (TEU) aus, gemessen am Vergleich zwischen Januar 2011 und Mai bzw. Juni 2011.

¹ Quelle: Institut d'Aménagement et d'Urbanisme

² Unter dem ‚üblichen‘ Niveau wird hierbei der Mittelwert des Containerverkehrs im Jahr 2010 verstanden. Die Werte im Mai und Juni 2011 entsprachen in etwa diesem Mittelwert.

Analyse

15. Die Zuverlässigkeit bestimmt sich im Verkehrswesen danach, ob die Lieferung in geeignetem Zustand an einen bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgt. Welcher Verkehrsträger verwendet wird, spielt dabei eine nachgeordnete Rolle. Dies gilt es zu beachten, wenn es darum geht, die Binnenschifffahrt auf der Grundlage der Szenarien für die Wasserführung den Bedürfnissen der Logistik anzupassen.
16. Die Folgen einer immer volatileren Wasserführung können sein:
 - a) Hochwasserstände, die zu einer Unterbrechung der Schifffahrt führen;
 - b) Niedrigwasserperioden, die zu einer schrittweisen Verringerung der tatsächlich auf dem Markt verfügbaren Beförderungskapazität führen;
 - c) Wasserstände, die so niedrig sind, dass ein Teil der Flotte die Wasserstraßen nicht mehr befahren kann und seine Tätigkeit vorübergehend einstellen muss.
17. Der Einfluss der Wasserführung auf die auf dem Markt verfügbare Kapazität gehört zu den Wesensmerkmalen der Binnenschifffahrt. Die aktive Flotte ist so zusammengesetzt, dass ein gewisser Spielraum gegeben ist, um den Schwankungen, denen die Wasserführung im Laufe des Jahres unterworfen ist, gewachsen zu sein und unter normalen Bedingungen die Kontinuität der Schifffahrt zu gewährleisten.
18. In den letzten Jahrzehnten ist es verstärkt zu Situationen relativ extremen Ausmaßes gekommen, die
 - aufgrund von Hochwasserständen zu Unterbrechungen der Schifffahrt oder
 - infolge länger anhaltender Niedrigwasserstände zu einer deutlichen Verknappung des Laderaumangebots führten.
19. Anhand solcher Situationen kann festgestellt werden, welche Anpassungsmaßnahmen bezüglich der Durchführung von Beförderungen im Hinblick auf das Erfordernis der Zuverlässigkeit getroffen werden müssen. Die Unterbrechung der Schifffahrt infolge des Unfalls bei der Loreley (2011) passt gut in diesen Rahmen. In jeder dieser Situationen bestand die Lösung in der Ausnutzung von Elastizitäten, die sich in etwa wie folgt zusammenfassen lassen:
 - a) **Elastizität des Gesamtangebots:**

Die mit der Wasserführung verbundenen Unsicherheiten haben zur Folge, dass eine präzise Vorhersage der Flottenkapazität auf dem Markt sehr schwierig ist. Dieses Phänomen macht sich auf der Mikroebene des Schifffahrtsbetreibers genauso bemerkbar wie auf der Makroebene der gesamten Flotte. Auf der Mikroebene können die Betreiber auf verschiedene Instrumente zurückgreifen, um die Kapazität der Nachfrage anzupassen:

 - Angleichung der Betriebszeit;
 - Befrachtung zusätzlicher Kapazitäten.

Dadurch ergibt sich eine relativ große intrinsische Elastizität.

Die Verknappung der Kapazität wirkt sich auch auf das Preisniveau aus, da die Frachtraten eng mit der Wasserführung zusammenhängen. Entsprechend dem Zusammenwirken der aktuellen Nachfrage und der Wasserführung könnten die Steigerungen der Frachtraten mit der punktuellen Verringerung der eingesetzten Beförderungskapazität in Beziehung stehen oder über die Auswirkung dieses betrieblichen Zwangs sogar hinausgehen. Dieses Phänomen tritt übrigens besonders stark im Herbst auf, da die Wasserführung während dieser Zeit in der Regel besonders gering ist, was den direkt betroffenen Betreibern ggf. einen Ausgleich ihres Betriebs über das Jahr erlaubt.

b) Elastizität der Nachfrage:

Auf dem Binnenschifffahrtsmarkt können die Güter danach unterschieden werden, ob eine Elastizität vorhanden ist oder ob diese vollkommen fehlt:

- Rohstofftransporte, deren Wert im Verhältnis zu den Beförderungskosten gering ist, reagieren auf Veränderungen der Frachtraten sensibel. So könnte die Nachfrage bezüglich Sand- und Kiesbeförderungen unter dem Einfluss zu hoher Frachtraten deutlich zurückgehen, da die Beförderungskosten die Produktionskosten schwer belasten.

Bei anderen Gütern wie z. B. Nahrungsmitteln könnte dieses Phänomen dazu führen, dass die Güter in den Seehäfen zurückgehalten werden und mit ihrer Verteilung im Hinterland gewartet wird, bis sich die Wasserführung wieder normalisiert hat.

- Die Segmente, in denen die Nachfrage auf Veränderungen der Frachtraten wenig sensibel reagiert, betreffen
 - Beförderungen, die üblicherweise im Rahmen von Jahresverträgen durchgeführt werden; hier führen die Anpassungen infolge einer geringen Wasserführung zu einer Ausdehnung der Kapazität durch eine vorübergehende zusätzliche Befrachtung; auf dieser Basis finden mengenmäßig wichtige Transporte (Erze, Kohle, chemische Erzeugnisse) statt; unvorhergesehene Entwicklungen bei der Wasserführung sind in dem vertraglich fixierten Frachtniveau berücksichtigt.
 - Beförderungen, die täglich der Konkurrenz mit anderen Verkehrsträgern unterliegen. Darunter fallen vor allem Containertransporte; der angewandte Tarif orientiert sich hier grundsätzlich an den Trends auf dem Markt für alle Verkehrsträger, obschon marginale Anpassungen möglich sind.
 - Ein atypisches Segment betrifft jenes der Transporte von Erdölprodukten (insbesondere Benzin und Gasöl). Da die augenblickliche Beförderungsnachfrage hauptsächlich von den Schwankungen der Produktionskosten des Gutes auf dem Weltmarkt (Terminbörse) abhängt und zwischen diesen Kosten und den Transportkosten nur ein schwacher Zusammenhang besteht, wirkt sich die tägliche Entwicklung der Frachtraten auf die Nachfrage kaum aus. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Beförderung dieser Erzeugnisse in Tankschiffen auf einem Markt erfolgt, auf dem es keine echte Konkurrenz zwischen den Verkehrsträgern gibt.

c) Elastizität beim Modal-Split:

In Fällen, in denen auf die Schifffahrt exogene Faktoren (Wasserführung, Havarien usw.) einwirken, so dass die Beförderung zu bestimmten Zielen ganz oder teilweise nicht mehr durchgeführt werden kann, bleibt zur Befriedigung der Nachfrage nur die Verlagerung auf andere Verkehrsträger übrig. Diese Tatsache hat auf beiden Seiten der Logistikkette bereits zu Strategien geführt, welche eine kontinuierliche Versorgung gewährleisten, die unabhängig von einzigen Verkehrsträgern durchgeführt werden kann.

- Auf Seiten der Verlagerer: Die Schwer- und die Chemieindustrie verfolgen seit vielen Jahren eine gezielte Strategie zur modalen Verteilung. Insbesondere die Verteilung auf die Schiene und die Wasserstraße ist einerseits auf eine Optimierung bezüglich des strategischen Ziels einer relativen Unabhängigkeit von diesen Verkehrsträgern und andererseits auf das Zustandekommen bestmöglicher primärer Bedingungen (Menge, Preis, Leistung) ausgerichtet. Wenn es bei einem der Verkehrsträger zu einer Unterbrechung kommt, können diese Akteure so zumindest einen Teil der betroffenen Transporte leichter auf den anderen Verkehrsträger verlagern. Diese Entwicklung war zunächst bei Zielen zu beobachten, die im Hinblick auf die Wasserstraße eine gewisse Anfälligkeit aufweisen (z. B. Moselregion); Industrien in anderen Regionen (z. B. Ruhrregion) scheinen jedoch aufgrund der Erfahrungen der letzten Zeit inzwischen ebenfalls auf eine solche Strategie zu setzen.

- Auf Seiten des Binnenschiffahrtsbetriebs: Da der Containerverkehr naturgemäß sehr präzisen Lieferbedingungen unterliegt, greifen die betreffenden Betreiber seit langem auf andere Verkehrsträger zurück, um ihre vertragliche Verpflichtungen erfüllen zu können, wenn die Wasserstraße ausfällt. In der Praxis wird auf die Straße ausgewichen, da sie eine große Flexibilität aufweist, während die Schiene oft nicht über zusätzliche Kapazitäten verfügt und (aufgrund dessen) nicht ausreichend flexibel ist, um einer solchen Nachfrage sofort entsprechen zu können. Seit kurzem zeichnet sich hier eine ähnliche Entwicklung wie bei der Schwerindustrie ab, weshalb die Schiffsbetreiber in ihre Leistungen auch die Option der Beförderung per Schiene oder Straße integrieren. Die Anfälligkeit der logistischen Aktivitäten in Bezug auf die Wasserstraße könnte so (teilweise) durch einen Rückgriff auf die Beförderungskapazitäten anderer Verkehrsträger, die bereits durch die Schiffahrtsbetreiber selbst gewährleistet werden, kompensiert werden.

Bewertung

20. Aus dem bisher Gesagten zeichnet sich ab, wie die Binnenschiffahrtsbetreiber ihre Tätigkeiten und Angebote auf dem Markt optimieren könnten, um der zukünftig größeren Abhängigkeit und größeren Unsicherheiten bezüglich der Wasserführung Rechnung zu tragen. Die Folge wird eine stärkere Verflechtung der Logistikketten sein, welche dazu führen wird, dass die Befrachtung in der Binnenschiffahrt von den auf andere Verkehrsträger bezogenen Verladertätigkeiten abhängiger werden und einen zunehmend ergänzenden Charakter annehmen wird. Diese Entwicklung ist von strategischer Relevanz und sollte angemessen begleitet werden.
21. Neben den Anpassungen im Logistikbereich ist eine Bewertung der Flotte und der von diesen Betreibern genutzten Einheiten in Bezug auf die künftigen Eigenschaften der Wasserführung erforderlich. In Anbetracht der relativ langen Lebensdauer der Schiffe - obgleich zu erwarten ist, dass diese sich aufgrund neuer Anforderungen (Logistik, Sicherheit, Umwelt und Ökologie) allmählich auf wenige Jahrzehnte verkürzen wird - sollte bereits heute überlegt werden, wie Schiffe zu konzipieren sind, um der künftigen Wasserführung Rechnung zu tragen. Eine gezielte Forschung sollte zu einer Neugestaltung des Schiffskörpers und dessen Konstruktion unter Berücksichtigung der zu verwendenden Materialien beitragen.