

Reflexionspapier

**„Act now!“ zum Thema Niedrigwasser und
Auswirkungen auf die Rheinschifffahrt**

Edition 3.0 vom 27. Oktober 2023

Autoren und Beitragende

Autoren:

- Kai KEMPMANN, Verwaltungsrat für Infrastruktur und Umwelt, Sekretariat der ZKR
- Laure ROUX, Verwaltungsrätin, zuständig für wirtschaftliche Angelegenheiten, Sekretariat der ZKR
- Raphaël WISSELMANN, Chefingenieur, Sekretariat der ZKR

Beiträge von:

- Heinz AMACKER, Danser Switzerland AG
- Jörg Uwe BELZ, BfG, für KHR
- Benoît BLANK, BASF SE
- Marleen BUITENDIJK, Politikberaterin Gewässer und Infrastruktur, ESO
- Ir. Wytze DE BOER, MBA, Senior Projektmanager Schiffe, Transport and Shipping, MARIN
- Gerd DEIMEL, c2i Consulting to Infrastructure, für VCI-NRW
- Frédéric DOISY, Hafen Straßburg
- Benjamin FRIEDHOFF, DST
- Markus GREWE, Vorsitzender Ausschuss IEN, Kommissar bei der ZKR
- Thomas GROSS, Hülskens Wasserbau, für VBW
- Theresia HACKSTEINER, IWT-Plattform
- Michael HEINZ, Kommissar bei der ZKR
- Kathrin HÜLSWITT, thyssenkrupp Steel Europe AG
- Gunther JAEGERS, Reederei Jaegers Gruppe, für EBU
- Norbert KRIEDEL, Referent für Statistikfragen und Marktbeobachtung, Sekretariat der ZKR
- Thomas MAASSEN, Rhenus Logistics
- Marta MARTIN, Schweizerische Rheinhäfen
- Enno NILSON, BfG
- Michael SCHREUDER, Berater Binnenschifffahrt, RWS
- Anne SCHULTE-WÜLWER-LEIDIG, IKSR
- Joachim SCHÜRINGS, thyssenkrupp Steel Europe AG
- Ivo TEN BROECKE, Kommissar bei der ZKR
- Judith TER MAAT, Deltares, für KHR
- Philip TOMASKOWICZ, Leiter Schifffahrt, Rhenus PartnerShip
- Michiel VAN DEN BERGH, WWF
- Niels VAN STEENBERGEN, belgische Delegation der ZKR
- Cok VINKE, Geschäftsführer, Contargo Waterway Logistics BV
- Joachim ZÖLLNER, DST, für IWT Plattform

Zusammenfassung und wichtigste Schlussfolgerungen des vorliegenden Berichts

Im November 2019, nach dem Niedrigwasserereignis 2018 und zehn Jahre nach einem ersten Workshop zum Thema "Rheinschifffahrt und Klimawandel", organisierte die ZKR einen Workshop zum Thema Niedrigwasser und dessen Auswirkungen auf die Rheinschifffahrt.

Während langer Perioden mit extrem niedrigen Wasserständen wird es schwierig, die Kontinuität der Binnenschifffahrt zu gewährleisten. Dies hat negative wirtschaftliche Folgen. Niedrigwasserereignisse sind zwar nicht neu und kein außergewöhnliches Ereignis, aber die Anfälligkeit der Binnenschifffahrt gegenüber Niedrigwasser hat zugenommen.

Dies ist das Ergebnis mehrerer Faktoren, die sowohl innerhalb als auch außerhalb der Binnenschifffahrt vorhanden sind. Extreme Wetterbedingungen können kurzfristig die Effizienz der Schifffahrt auf den Binnenwasserstraßen einschränken, während sie langfristig die Wahl des Verkehrsträgers durch die Verlagerer beeinflussen können. Mit dem Klimawandel könnte dieses Ereignis in Zukunft noch häufiger und heftiger auftreten. Darüber hinaus hat sich die Rheinflotte in den letzten Jahrzehnten verändert, sowohl die Größe als auch der Tiefgang der Schiffe haben erheblich zugenommen. Gleichzeitig stellen die Einbindung in die Logistikketten der Industrie, das "Just-in-Time"-Prinzip und die damit verbundenen hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Transportleistungen die Binnenschifffahrt vor große Herausforderungen. Dennoch kommt der Binnenschifffahrt eine entscheidende Rolle zu, wenn es darum geht, die ehrgeizigen Verlagerungs- und Emissionsminderungsziele im Verkehrssektor zu erreichen, die auf internationaler Ebene festgelegt wurden, wie z.B. in der Mannheimer Erklärung und im europäischen Green Deal. Die Binnenschifffahrt wird auch in Zukunft unverzichtbar sein, insbesondere für die Beförderung großer Frachtmengen oder schwerer und übergroßer Güter, weshalb es dringend notwendig ist, sich dieser Herausforderung zu stellen.

Im Jahr 2019 kam man zu dem Schluss, dass es für die Herausforderungen der Binnenschifffahrt bei Niedrigwasser zwar keine Patentlösungen gebe, dass aber viele Lösungen verfügbar seien, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Um sicherzustellen, dass die Binnenschifffahrt ein zuverlässiger Verkehrsträger bleibt, müssen Maßnahmen zur Anpassung der Flotten-, Infrastruktur-, Logistik und Lagerkonzepte sowie zur Einführung digitaler Instrumente ergriffen werden. Der Großteil der erforderlichen Maßnahmen ist bereits bekannt und verfügbar, doch gilt es jetzt, den ersten Schritt zur Umsetzung zu machen. Die Schlüsselakteure der Binnenschifffahrt sind sich einig, dass dies durch die Bereitstellung von Förder- und Finanzierungsmaßnahmen unterstützt werden muss.

Eine weitere wichtige Schlussfolgerung dieses Workshops war die Notwendigkeit einer Plattform, die einen intensiveren Dialog zwischen den relevanten Organisationen aus Industrie, Logistik, Politik und Umwelt ermöglicht. Die ZKR erschien unzweifelhaft als die Austauschplattform am Rhein. So wurde die Idee eines "Act now!"-Prozesses geboren. Im Rahmen dieses Prozesses wurde 2020 das Reflexionspapier "Act Now" veröffentlicht, das 2021 durch eine Bestandsaufnahme relevanter Projekte ergänzt wurde.

Vier Jahre später, im Januar 2023, organisierte die ZKR einen Follow-up-Expertenworkshop, der zur Veröffentlichung der vorliegenden dritten Edition des Reflexionspapiers "Act Now" geführt hat. Während des Workshops wurden große Hoffnungen geäußert, dass Niedrigwasserereignisse bewältigt werden können. Dieser Workshop fand zur rechten Zeit statt, denn das Niedrigwasserereignis von 2022 hat uns erneut vor Augen geführt, dass dieses uralte Ereignis ein dringendes Problem mit erheblichen Auswirkungen darstellt.

Heute sind greifbare Auswirkungen dieser Niedrigwasserereignisse auf den Binnenschifffahrtssektor zu beobachten, insbesondere das sehr hohe Risiko einer umgekehrten Verkehrsverlagerung auf andere Verkehrsträger oder einer stärkeren Zurückhaltung bestimmter Verlader bei der Entscheidung für die Binnenschifffahrt. Dennoch haben einige dieser Verlader bereits konkrete Maßnahmen ergriffen. Gleichzeitig stehen die Instandhaltung und der Ausbau der Binnenwasserstraßen unter Druck, da neue Umweltvorschriften und die Notwendigkeit von Win-Win-Situationen zur gemeinsamen Nutzung des verfügbaren Wassers mit anderen Nutzern und für andere Zwecke berücksichtigt werden müssen.

Um die Widerstandsfähigkeit des Binnenschifffahrtssektors gegenüber Niedrigwasserereignissen zu verbessern, muss ein Paket von ergänzenden Maßnahmen in Form von vier Haupthebeln umgesetzt werden:

- **Digitale Instrumente:** Bei den Vorhersageinstrumenten für die Wasserstände des Rheins wurden Fortschritte erzielt. Die deutschen Behörden stellen nun für einige für die Schifffahrt relevante Rheinpegel Niedrigwasservorhersagen für 4 und 14 Tage im Voraus bereit, für einige sogar bis zu 6 Wochen. Weitere Verbesserungen sind möglich, z. B. durch längerfristige Vorhersagen oder eine höhere Vorhersagegenauigkeit. Andere digitale Instrumente könnten noch entwickelt werden, wie z. B. 100-Jahres-Projektionen von Abflüssen und Wasserständen und die Entwicklung digitaler Zwillinge für Wasserstraßen, um je nach Niedrigwasserlage alternative Flussrouten vorzuschlagen.
- **Infrastruktur:** Diese Maßnahmen müssen mittelfristig gesehen werden. Dennoch sind sie angesichts der Empfindlichkeit des Mittelrheins gegenüber Niedrigwasser von großer Bedeutung. Das Maßnahmenpaket des Aktionsplans "Niedrigwasser Rhein", das 2019 in Deutschland initiiert wurde, umfasst zwei Infrastrukturmaßnahmen für den Mittel- und Niederrhein. Aufgrund der Dringlichkeit haben die deutschen Behörden außerdem eine Kommission zur Beschleunigung des Projekts zur Beseitigung von Engstellen am Mittelrhein eingesetzt. In den Niederlanden wird die Entwicklung der Flüsse im Rahmen des "Integrierten Flussbewirtschaftungsprogramms" angegangen.
- **Anpassung der Schiffe:** Die Betreiber der Binnenwasserstraßen und die Verlader zeigen großes Interesse an Forschungsprojekten, die sich mit der Schifffahrt bei Niedrigwasser befassen. Auch die Investitionen in den Neubau von angepassten Schiffen, die bei Niedrigwasser eingesetzt werden können, haben zugenommen. Die Herausforderung besteht darin, innovative Schiffe zu entwickeln, die bei Niedrigwasser eingesetzt werden können und auch bei anderen Wasserständen wirtschaftlich rentabel sind. Öffentliche Fördermittel sind in dieser Hinsicht wichtig, wie z. B. in Deutschland und Frankreich, wo solche Fördermöglichkeiten auch für die Nachrüstung bestehender Schiffe zur Verfügung stehen.
- **Maßnahmen auf der Ebene der Verlader und der Logistik:** Diese Maßnahmen können längerfristige Charterverträge mit Reedern umfassen, die über Binnenschiffe verfügen, die auch bei niedrigem Wasserstand noch einsatzfähig sind, optimierte Umschlagverfahren, zusätzliche Lagerkapazitäten, gut vorbereitete Kommunikationsprozesse, das Hinzufügen von Leichtern zu einem Schubverband während der Niedrigwasserzeiten, um gleichwertige Mengen auf mehrere Leichter zu verteilen, oder die kurzfristige Verlagerung auf andere Verkehrsträger.

Auch im Jahr 2023 wurde die Notwendigkeit eines verstärkten Dialogs zwischen den Hauptakteuren über künftige Maßnahmen zur Anpassung an Niedrigwasser und eine starke grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten bestätigt. So wie es keine "Patentlösung" gibt, gibt es auch keinen Einzel-Akteur, der alle Probleme im Alleingang lösen kann. Daher ist es wichtig, private und öffentliche Initiativen zu fördern und gemeinsame Aktionen zu beschleunigen. Um diese Diskussionen zu unterstützen und zu fördern, wird die ZKR auch in den kommenden Jahren in regelmäßigen Abständen diese "Low Water Talks" organisieren.

Haftungshinweis

Das Dokument wurde vom Sekretariat der ZKR erstellt. Es spiegelt die Ansichten der Experten wider, die an den verschiedenen Workshops teilgenommen haben. Weder die ZKR noch das Sekretariat der ZKR oder eine in ihrem Namen handelnde Person kann für die Verwendung der in diesem Bericht enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Liste der Abkürzungen

B

BAW	Bundesanstalt für Wasserbau (DE)
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde (DE)
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr (DE)

C

CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek (Statistisches Amt der Niederlande) (NL)
-----	---

D

DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
-----	------------------------------

E

EDF	Electricité de France (FR)
ESO	Europäische Schifferorganisation
EBU	Europäische Binnenschifffahrtsunion

G

GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (DE)
GIQ	Gleichwertiger Abfluss
GIW	Gleichwertiger Wasserstand

I

IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
IPCC	Internationaler Ausschuss für Klimaänderungen

K

KHR	Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes.
-----	---

R

RIS	Flussinformationsdienste
RWS	Rijkswaterstaat (NL)

T

TEU	Zwanzig-Fuß-Äquivalent-Einheit (Container)
-----	--

V

VNF	Voies Navigables de France (FR)
-----	---------------------------------

W

WFD	Wasserrahmenrichtlinie
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (DE)

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	8
1.1.	Allgemeine Informationen	8
1.2.	Hydrologie und zukünftige Auswirkungen des Klimawandels.....	9
1.3.	Morphologie	13
1.4.	Binnenschifffahrt	14
1.5.	Wichtige übergreifende Erkenntnisse	16
2.	Flotte	17
2.1.	Auswirkungen.....	17
2.2.	Lösungen	23
3.	Verlader und Industrie.....	28
3.1.	Auswirkungen.....	28
3.2.	Lösungen	31
4.	Physische Infrastruktur.....	34
4.1.	Auswirkungen.....	34
4.2.	Lösungen	36
5.	Digitale Instrumente und Informationsdienste	38
6.	Schlussfolgerungen und nächste Schritte.....	45

1. Einleitung

Die erste Version dieses Reflexionspapiers bestand aus einer Sammlung von Aussagen und Informationen, die bei dem ZKR-Workshop zu Niedrigwasser und seinen Auswirkungen auf die Rheinschifffahrt am 26. November 2019 in Bonn, Deutschland ausgetauscht wurden.

2020 beschloss die ZKR, das Kapitel 5 „Nächste Schritte“ um eine Bestandsaufnahme der laufenden Maßnahmen/Projekte zur Unterstützung der Binnenschifffahrt bei der Bewältigung der Herausforderungen von Niedrigwassern zu erweitern. Die zweite Edition des Reflexionspapiers wurde von den zuständigen Ausschüssen Anfang 2021 zur Veröffentlichung auf der Website der ZKR freigegeben.

Vier Jahre später organisierte die ZKR am 18. Januar 2023 einen Follow-Up-Expertenworkshop zum Thema "Niedrigwasser und die Folgen für die Rheinschifffahrt", bei dem eine Bilanz der seit 2019 erzielten Fortschritte gezogen wurde. Dank der Vielfalt der Teilnehmer konnten wertvolle Beiträge gesammelt werden, die der ZKR halfen, das Reflexionspapier „Act now!“ zu verbessern und zu aktualisieren.

Die dritte Edition des Reflexionspapiers "Act now!" berücksichtigt die Ergebnisse des Niedrigwasser-Workshops von 2019 und des anschließenden Workshops von 2023.

Nach Erläuterung der Hintergründe und Zusammenhänge (Kapitel 1) befasst sich dieses Papier mit den Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Flotte (Kapitel 2), auf die Verloader und die Logistik (Kapitel 3), auf die (physische und digitale) Infrastruktur und auf die Umwelt (Kapitel 4). Außerdem werden mögliche Lösungen für die Zukunft skizziert (Kapitel 5).

Die Ergänzungen gegenüber der zweiten Edition sind in Orange hervorgehoben.

1.1. Allgemeine Informationen

Nach dem extremen Niedrigwasserereignis im Jahr 2018 beschloss die ZKR, in Abstimmung mit der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) und der Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets (KHR), einen Workshop zum Thema Niedrigwasser zu organisieren. Neben diesen beiden internationalen Organisationen nahmen 150 Teilnehmer teil, darunter Vertreter von Wasserstraßenverwaltungen, Häfen und Terminals, Verbände der Schifffahrtsindustrie und Verloader, Umweltverbände, Ingenieurbüros und Flusskommissionen. Es wurden neun Präsentationen gehalten, und elf Diskussionsteilnehmer teilten ihre Ansichten zum Niedrigwasser mit und diskutierten die Herausforderungen, mit denen sich die Rheinschifffahrt heute konfrontiert sieht. Ziel des Workshops war es, die Binnenschifffahrt bei der Bewältigung der mit dem Niedrigwasser verbundenen Herausforderungen zu unterstützen und die Diskussion über Strategien zur Bewältigung dieser Situationen anzuregen. Unterstützt wurde dies durch die aktive Teilnahme hochrangiger Teilnehmer aus Industrie, Verwaltungen, Flusskommissionen, Universitäten und Forschungsinstituten aus sechs europäischen Ländern sowie Vertretern der Europäischen Kommission. Die Vielfalt der Teilnehmer ermöglichte eine Diskussion über die Herausforderungen des Niedrigwassers aus unterschiedlichen Perspektiven und bot die einmalige Gelegenheit, die Standpunkte eines breiten Spektrums der Hauptakteure der Binnenschifffahrt darzustellen.

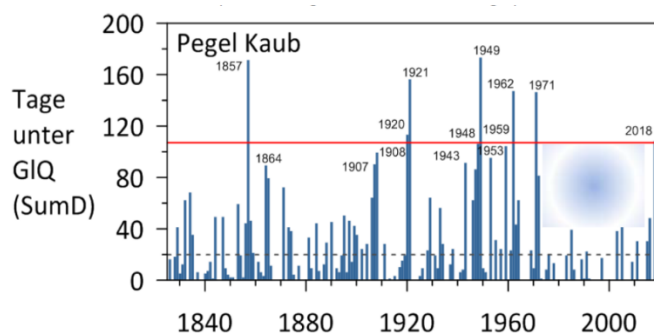
Auch im Jahr 2023 wurde die Notwendigkeit eines verstärkten Dialogs zwischen den Hauptakteuren über künftige Maßnahmen zur Anpassung an Niedrigwasser und eine starke grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten bestätigt. So wie es keine "Patentlösung" gibt, gibt es auch keinen Einzel-Akteur, der alle Probleme im Alleingang lösen kann. Es ist daher wichtig, private und öffentliche Initiativen zu fördern und gemeinsame Aktionen zu beschleunigen. Veranstaltungen wie der ZKR-Workshop tragen zu einem besseren Verständnis dieser zahlreichen Herausforderungen bei und bieten die Möglichkeit, sich aus verschiedenen Perspektiven auszutauschen und gemeinsame Visionen zu entwickeln. Um diese Diskussionen zu unterstützen und zu fördern, wird die ZKR auch in den nächsten Jahren in regelmäßigen Abständen diese "Low Water Talks" organisieren.

Die Ergebnisse der durchgeführten Workshops aufgreifend enthält dieser Bericht Statistiken über Niedrigwasserereignisse und deren Auswirkungen, einen Katalog laufender Maßnahmen und künftiger Projekte sowie Vorschläge für kurz-, mittel- und langfristige Lösungen.

1.2. Hydrologie und zukünftige Auswirkungen des Klimawandels

Im Workshop wurde hervorgehoben, dass ein Niedrigwasserereignis für den Rhein mit seinen dynamischen Strömungsverhältnissen wie im Jahr 2018 nicht zum ersten Mal aufgetreten war, und daher auch erneut zu erwarten sein wird. In den letzten 200 Jahren gab es 15 Jahre, in denen der Rhein eine mindestens vergleichbare Anzahl von Tagen erlebt hat, an denen die Schifffahrt im Hinblick auf die heutigen Infrastrukturanforderungen erheblich beeinträchtigt wäre, und fünf davon waren noch wesentlich schwerwiegender. 14 von diesen 15 Jahren (2018 bildet die einzige Ausnahme) lagen vor 1972. In Bezug auf die niedrigen Abflusswerte und gemäß der Niedrigwasserklassifizierung der IKS¹ kann das Ereignis am südlichen Oberrhein als „seltenes“ Ereignis (Jährlichkeit von 15 Jahren) eingestuft werden - für den Rest des Rheins stromabwärts von Worms - als „sehr seltenes“ Ereignis (Jährlichkeit von 40 Jahren). In Bezug auf die Dauer des Niedrigwassers kann das Ereignis am Ober- und Mittelrhein als „äußerst seltenes“ Ereignis mit einer Jährlichkeit von 50 Jahren, und für den Rhein unterhalb der Moselmündung als äußerst seltenes, 100-jährliches Ereignis eingestuft werden.

Verglichen mit anderen europäischen Flüssen verfügt der Rhein heute jedoch über ein relativ ausgeglichenes Abflussregime. Es ist zu erwarten, dass die Auswirkungen des Klimawandels in Zukunft zunehmen, also Extremereignisse an Intensität und Häufigkeit steigen. Zusätzlich zu den Extremereignissen wird erwartet, dass sich auch das durchschnittliche hydrologische Regime des Rheins ändern wird.



- ➔ Seit 1900 11 ähnliche oder längere Ereignisse
- ➔ Kein ähnliches Ereignis seit 1972 (mit Ausnahme von 2018)

Abbildung 1: Tage mit Abflüssen unter GIQ (Quelle: WSV)

¹ Siehe auch IKS^R-Berichtsentwurf zu einer „Bestandsaufnahme zu den Niedrigwasserverhältnissen am Rhein“: https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/DE/rp_De_0248.pdf

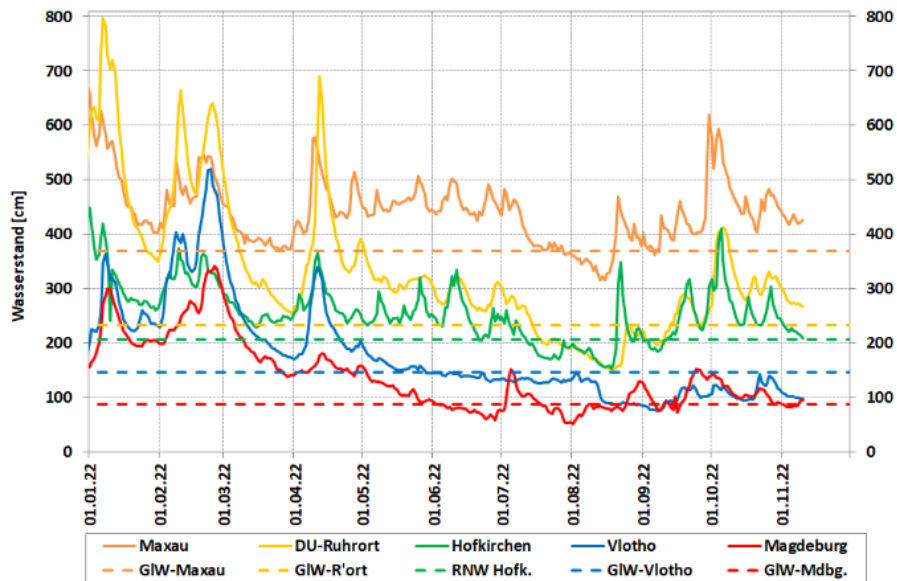


Abbildung 2: Hydrologische Situation im Jahr 2022 an verschiedenen europäischen Pegeln (Quelle: BfG)

Bei der Betrachtung der Hydrologie und insbesondere bei Niedrigwasser müssen daher bei mittel- und langfristigen Maßnahmen die Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden, um zu vermeiden, dass man sich mit einer Maßnahme in eine Sackgasse begibt.

Ergebnisse von Studien, die unter der Schirmherrschaft der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes durchgeführt wurden, zeigen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Abflussanteile der Schnee- und Eisschmelze für mehrere verschiedene Klimasimulationen.

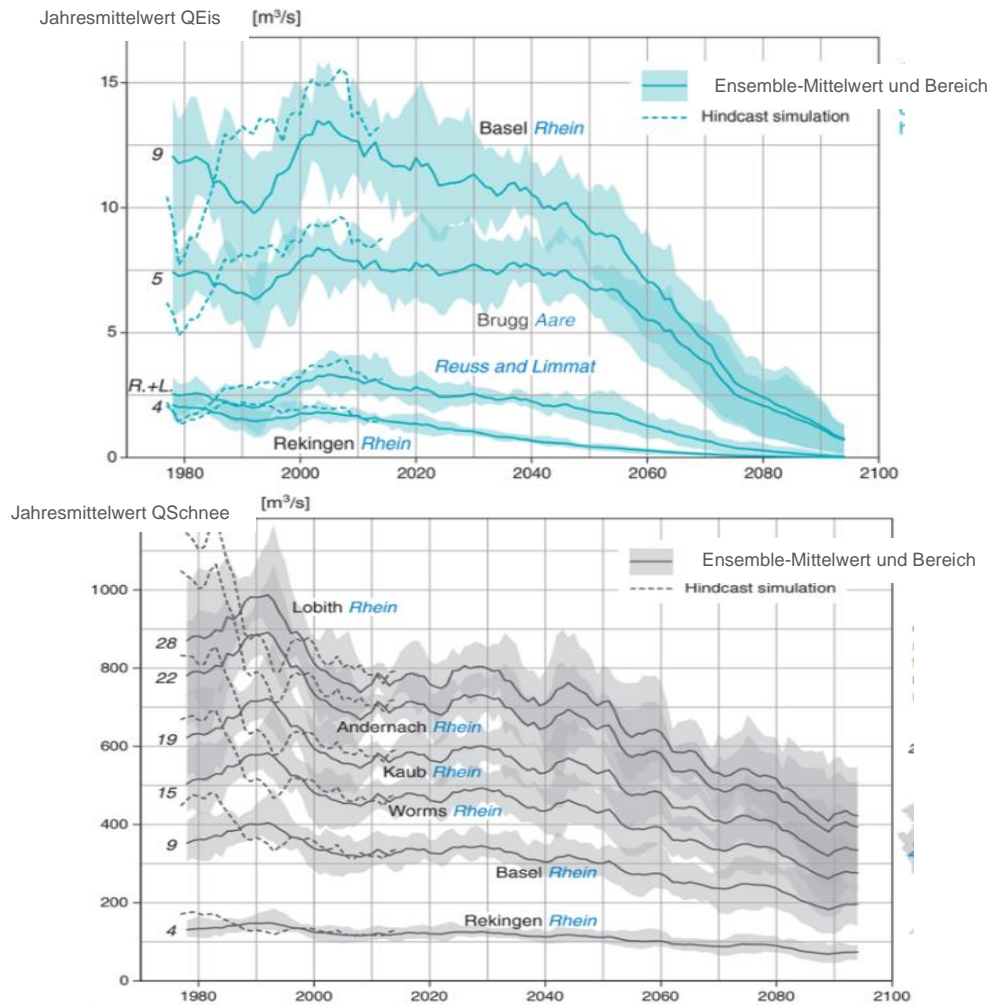


Abbildung 3: Abflussanteile von Schnee (unten) und Eis (oben) bis zum Ende des Jahrhunderts (Quelle: Deltares, KHR, Stahl, K. et al, 2022)

Der Wendepunkt für den maximalen Beitrag des Eises ist bereits überschritten, was bedeutet, dass der maximale Beitrag des Eises am Gesamtabfluss bereits seinen Höhepunkt erreicht hat. Das Gleiche gilt für Schnee. Der Anteil der Eisschmelze nimmt nach 2045 rasch ab und wird bis zum Ende des Jahrhunderts fast verschwunden sein.

Diese Veränderungen der Schnee- und Eisschmelze bleiben nicht ohne Auswirkungen auf die Zuflüsse in den Rhein. Die Studie zeigt, dass (angesichts der Tatsache, dass die Schifffahrt bei Kaub bei einem Wasserstand von unter 78 cm beeinträchtigt ist (GIW 2012)), am Ende des Jahrhunderts im Durchschnitt mehr als zwei Monate pro Jahr Einschränkungen für die Schifffahrt bestehen könnten.

Dauer Einschränkung Schifffahrt [Tage pro Jahr]

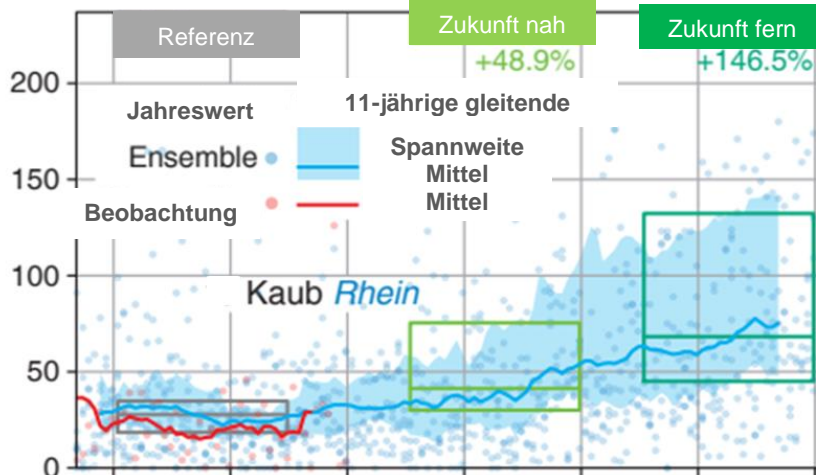


Abbildung 4: Einschränkung der Schifffahrt bei Kaub (Quelle: Deltares, KHR, Stahl, K. et al, 2022)

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass das Schmelzwasser von Gletschern und Schnee in ferner Zukunft ausbleiben wird. Dies führt zu häufigeren Niedrigwasserereignissen am Rhein von Basel bis zur Nordsee, was längere Trockenperioden und mehr Extremereignisse bedeutet. Gleichzeitig wird die Wassernachfrage von Ökologie, Gesellschaft und Wirtschaft zunehmen und damit das Niedrigwasserrisiko weiter steigern.

AM7 [m³/s]

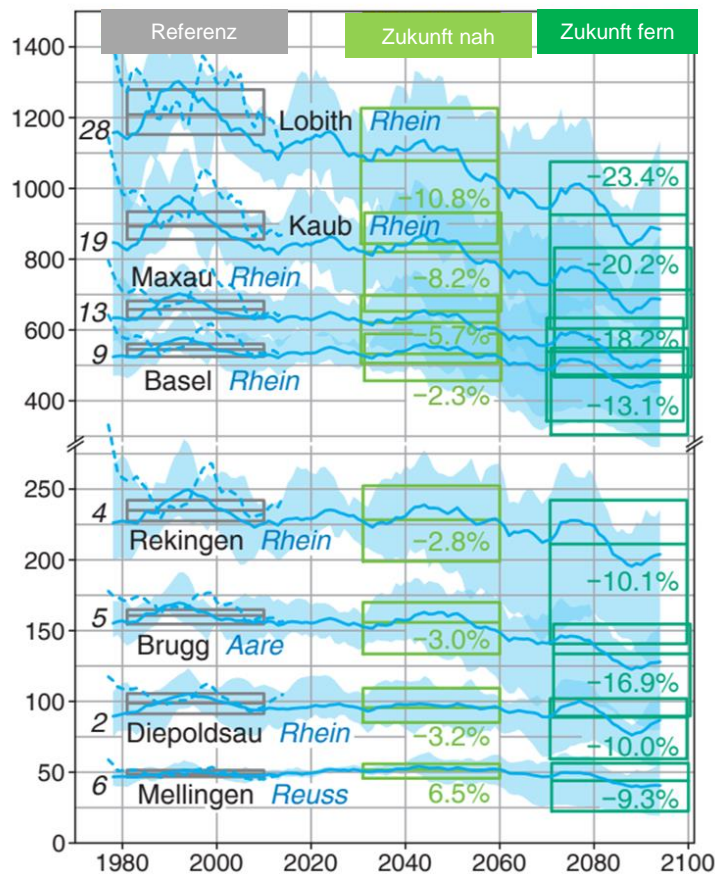


Abbildung 5: Zeitreihe der modellierten Niedrigwasser (jährliche 7-Tage-Minima) (gleitende 11-Jahres-Mittelwerte). (Quelle: Deltares, KHR, Stahl, K. et al, 2022)

Schlussfolgerung: Auf der Grundlage der verwendeten Modelle und Szenarien (RCP8.5) kann davon ausgegangen werden, dass die Gesamtabflüsse des Rheins - auch langfristig - stabil bleiben und die Niedrigwasser in den nächsten drei Jahrzehnten im gewohnten Bereich bleiben, um dann in den darauffolgenden 50 Jahren recht schnell abzunehmen.

Deutschland stellt im Rahmen des DAS Basisdienstes "Klima und Wasser" der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel 100-Jahres-Projektionen von Abflusswerten, Wasserständen und Wassertemperaturen an sechzehn Pegeln auf der Grundlage aktueller Klimamodell-Ensembles (z.B. CORDEX, RCP8.5 und andere Szenarios) für Rhein, Donau, Elbe, Weser, Ems und Küstengewässer in täglicher Auflösung bereit. Der DAS-Basisdienst wird von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung als Klimadatenquelle für Anpassungsverfahren genutzt und unterstützt die Anpassungsstrategien der Bundesregierung.

1.3. Morphologie

Im flachsten Teil des Mittelrheintals, insbesondere zwischen Mainz und St. Goar, stellen die Niedrigwasserereignisse eine enorme Herausforderung für den Binnenschiffsverkehr dar.

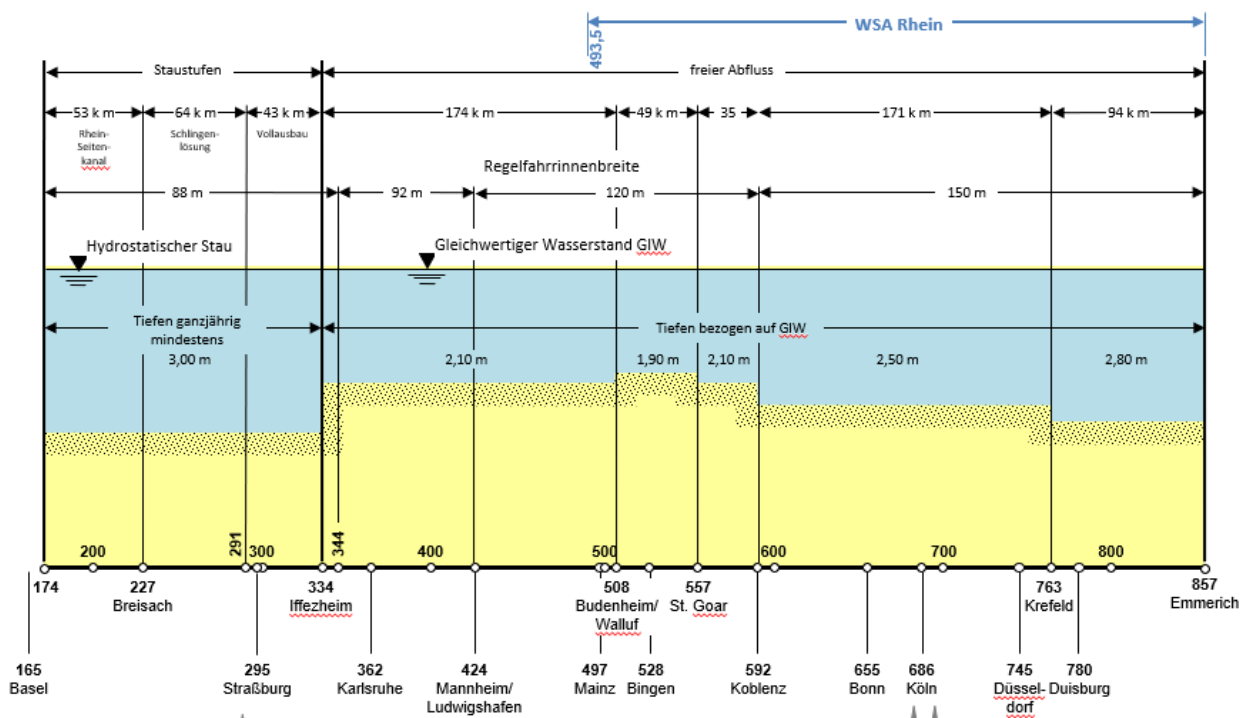


Abbildung 6: Längsschnitt des Rheins (Quelle: WSV)

In diesem Abschnitt steht an 345 Tagen im Jahr eine Fahrrinntiefe von 1,90 m zur Verfügung, wodurch die Strecke von der deutschen Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung als Engstelle eingestuft wird. Trotzdem ist der Rhein die wichtigste Binnenwasserstraße Europas und das Tor der Schweiz zum offenen Meer.

Die Beschaffenheit der Flusssohle unterscheidet sich in den verschiedenen Abschnitten ganz erheblich, von Kies im Oberrhein über eine felsige Sohle im Mittelrhein bis hin zu sandigen Sedimenten im unteren Rheinabschnitt. Diese unterschiedlichen Eigenschaften haben erhebliche Auswirkungen auf Infrastrukturlösungen wie Baggerungen oder den Bau von Buhnen. Weitere Informationen zur Morphologie des Rheins finden Sie auch im KHR-Bericht "Von der Quelle bis zur Mündung"¹.

¹

<https://www.chr-khr.org/en/publication/source-mouth?from=publications>

Zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen in der Engstelle bei Kaub hat Deutschland das Projekt "Abladeoptimierung Mittelrhein"¹ beschleunigt, um die garantierte Fahrrinntiefe um 20 cm von 1,90 m auf 2,10 m bei Gleichwertigem Wasserstand zu erhöhen. Für die Beschleunigung des Projekts wurde eine eigene Kommission eingesetzt.

1.4. Binnenschifffahrt

Seit 1945 (5 Millionen.Tonnen) nahm der Gütertransport auf dem traditionellen Rhein² bis 2008 (207,5 Millionen Tonnen) stetig zu, danach war die Tendenz eher rückläufig und erreichte im Jahr 2022 155,5 Millionen Tonnen.

Die Binnenschifffahrt spielt dennoch weiter eine wichtige Rolle bei der Verwirklichung der ehrgeizigen Verlagerungs- und Emissionsminderungsziele im Verkehrssektor, die auf internationaler Ebene festgelegt wurden, wie z. B. in der Mannheimer Erklärung, in den EU-Klimaziele und im Green Deal der EU.

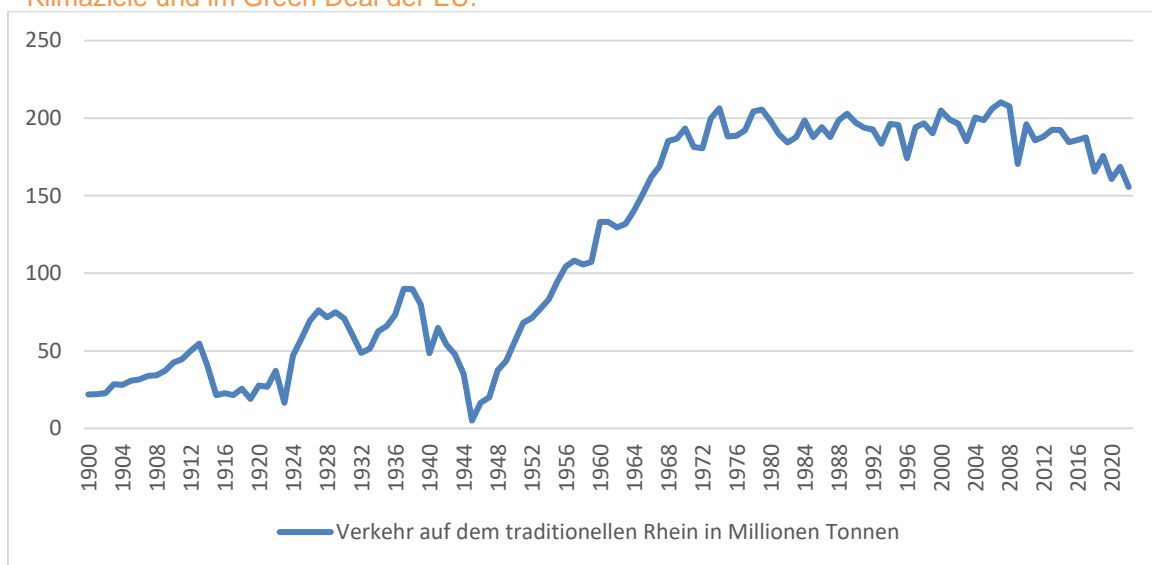


Abbildung 7: Verkehr auf dem traditionellen Rhein in Millionen Tonnen (von 1900 bis 2022, Quelle: Destatis, ZKR Marktbeobachtung)

In den letzten Jahrzehnten hat der Verkehr um den Faktor 5 bis 10 zugenommen. Gleichzeitig wurden die Schiffe am Rhein doppelt so groß und die Infrastruktur wurde an die neuen Schiffsgrößen angepasst. Die Lagerkapazitäten der Verloader in den Anrainerstaaten und der Industrie gingen jedoch erheblich zurück. Da die Abflussverhältnisse des Rheins nahezu konstant sind, hat dies die Verwundbarkeit der Rheinschifffahrt signifikant erhöht.

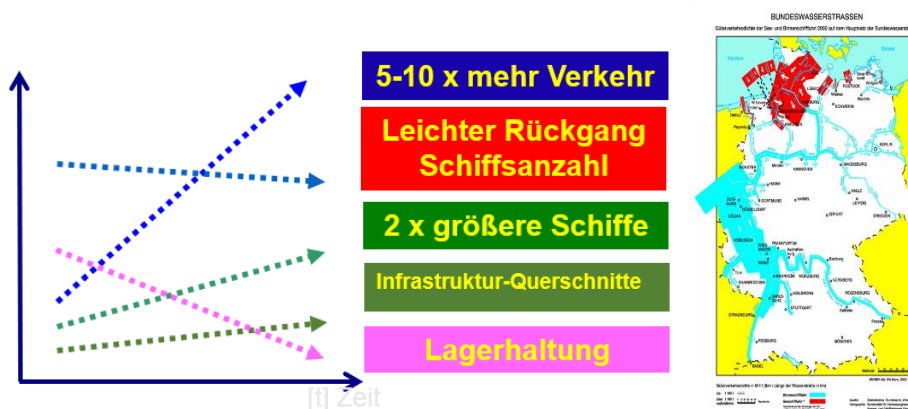


Abbildung 8: Entwicklungen in der Rheinschifffahrt (Quelle: WSV)

¹ <https://www.abladeoptimierung-mittelrhein.wsv.de/>

² Abschnitt des Rheins von Basel bis zur Grenze zwischen Deutschland und den Niederlanden

Es ist wichtig, darüber hinaus folgendes klarzustellen:

- Niedrigwasser ist bei weitem nicht der einzige Einflussfaktor für die Binnenschifffahrt. Ein weiterer Faktor ist der allgemeine Stand der makroökonomischen Entwicklung, der sich in Ölpreisen, Handelsvolumen und Industrieproduktion ausdrückt.
- Die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Niedrigwasserereignisses für einen bestimmten Fluss können nicht auf ein anderes Jahr desselben Flusses übertragen werden. Das Ausmaß der Auswirkungen des Niedrigwasserereignisses im Jahr 2018 kann daher nicht auf das Jahr 2022 übertragen werden.
- Ebenso können die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Niedrigwasserereignisses für einen bestimmten Fluss nicht auf einen anderen Fluss übertragen werden.
- Jedoch kann ein niedriger Wasserstand an einem bestimmten Fluss starke Auswirkungen auf andere Flüsse und Kanäle haben. Dies war 2018 in Flandern der Fall, dessen Wasserstraßen stark unter dem Niedrigwasser des Rheins litten.

Beispielhaft können die besonderen makroökonomischen Bedingungen im Jahr 2022 genannt werden, die sich von denen des Jahres 2018 unterschieden und zu einer komplexen und recht kritischen Situation im Jahr 2022 führten. Darüber hinaus begann das Niedrigwasserereignis 2022 bereits in der zweiten Julihälfte, also früher als andere in der Vergangenheit beobachtete Niedrigwasserereignisse. Auch wenn die Anzahl der Niedrigwassertage im Jahr 2022 (41) viel geringer war als im Jahr 2018 (107), waren die negativen wirtschaftlichen Auswirkungen nicht zu vernachlässigen.

Die spezifischen makroökonomischen Rahmenbedingungen im Jahr 2022 lassen sich wie folgt beschreiben. Sie sind fast alle mit den Folgen des Krieges in der Ukraine verbunden.

- Energiekrise: drastischer Anstieg der Energiepreise, Anstieg der Nachfrage nach Kohletransporten aufgrund des geringeren Gasangebots im Energiesektor und der stark gestiegenen Ölpreise.
- Spannungen hinsichtlich der Schiffskapazität in Westeuropa:
 - Einige Schiffe, welche in der Regel auf dem Rhein verkehren, werden in Osteuropa eingesetzt, um den Transport von Getreide aus der Ukraine nach Mittel- und Westeuropa und auf andere Kontinente zu unterstützen. ('*Solidarity Lanes*'). Nach Schätzungen von Schiffsmaklern wurden im Jahr 2022 rund 3 % der Kapazität von Trockengüterschiffen auf dem Rhein in den Donaauraum verlegt.
 - Außergewöhnlich hohe Nachfrage nach Kohle: zusätzliche Belastung der Schiffskapazitäten.
- Weniger wichtig, aber immer noch relevant: Überlastung und Spannungen aufgrund der Covid-19-Pandemien sind weitere Faktoren, die zu Kapazitätsengpässen führen.

Das Paradoxe an Niedrigwasserereignissen ist, dass sie für Binnenschifffahrtsunternehmen kurzfristig positive wirtschaftliche Auswirkungen haben können, da die Frachtraten steigen (siehe Kapitel 2 für weitere Informationen über den Zusammenhang zwischen Niedrigwasser und Frachtraten). Dies gilt jedoch nur für einen Teil der Binnenschifffahrtsunternehmen, nämlich dann, wenn die Schifffahrt noch möglich ist und/oder wenn diese Schiffe anbieten können, die bei Niedrigwasser fahren können. Vor allem Unternehmen, die auf dem Spotmarkt tätig sind, können von Niedrigwasserzuschlägen und einem günstigeren Verhältnis zwischen der Nachfrage nach Schiffskapazität und dem Angebot an Schiffskapazität profitieren.

So berichtete die flämische Regierung 2023, dass die flämische Binnenschifffahrtsflotte 2018 aufgrund der niedrigen Wasserstände einen zusätzlichen Umsatz erwirtschaften konnte, der allerdings teilweise durch zusätzliche Kraftstoff- und Arbeitskosten aufgezehrt wurde. Für die Verloader waren die Schäden jedoch viel größer. Negative Verkehrsverlagerungen wurden auch in Flandern beobachtet, insbesondere in den Segmenten Container und Baumaterial. Häfen und große multinationale Unternehmen waren aufgrund von Produktionsbeschränkungen ebenfalls betroffen. Schleusenbeschränkungen betrafen auch den Hafen von Gent. Letztlich wurde in

Flandern auch ein Anstieg der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen beobachtet, der auf den weniger effizienten Landverkehr zurückzuführen war.

Dieses Beispiel bestätigt, dass die positiven Auswirkungen von Niedrigwasser nur kurzfristig und nur für bestimmte Akteure gelten. Langfristig hat Niedrigwasser negative Auswirkungen auf die gesamte Binnenschifffahrt in Form von enormen Kosten, mangelnder Zuverlässigkeit und Verlagerung auf andere Verkehrsträger. Daher ist es für die Binnenschifffahrt von entscheidender Bedeutung, das Problem des Niedrigwassers anzugehen. Letztlich untergräbt diese Situation die europäische Umwelt- und Verkehrspolitik, die wirtschaftliche Vitalität des Rheingebiets und beeinträchtigt wichtige Industriezweige in Europa, die von einer reibungslosen Versorgung mit Gütern über die Wasserstraßen abhängen. Auch ist der Tourismus auf den Wasserstraßen von wachsender wirtschaftlicher Bedeutung.

1.5. Wichtige übergreifende Erkenntnisse

In dem Wissen, dass die Abflussverhältnisse des Rheins in einem hohen Maß ein gegebener Faktor sind, müssen die Lösungen für eine verbesserte Resilienz der Binnenschifffahrt von anderen Faktoren stammen. Es gibt jedoch **keine Einheitslösung**, daher ist eine Kombination von Maßnahmen erforderlich. **Maßnahmen sind notwendig**, ob bei der Anpassung der Flotte, der Infrastruktur, der Logistik und von Lagerkonzepten sowie der Implementierung von digitalen Werkzeugen, um sicherzustellen, dass die Binnenschifffahrt ein zuverlässiges Transportmittel bleibt und eine dauerhafte Verlagerung von der Binnenwasserstraße zu anderen Verkehrsträgern vermieden wird. Gleichzeitig hat das extreme Niedrigwasserereignis von 2018 auch gezeigt, dass solche Ereignisse, im Hinblick auf die betroffenen Industrieprozesse, durch kurzfristige Verlagerungen nicht gemeistert werden können.

Obwohl die Möglichkeiten der Wasserbewirtschaftung für das gesamte Rheineinzugsgebiet untersucht werden, ist noch nicht klar, ob solche Maßnahmen ihr volles Potenzial entfalten können, wenn das gesamte Einzugsgebiet von Trockenheit betroffen ist und das Wasser unter anderen Nutzern und Nutzungen aufgeteilt werden muss.

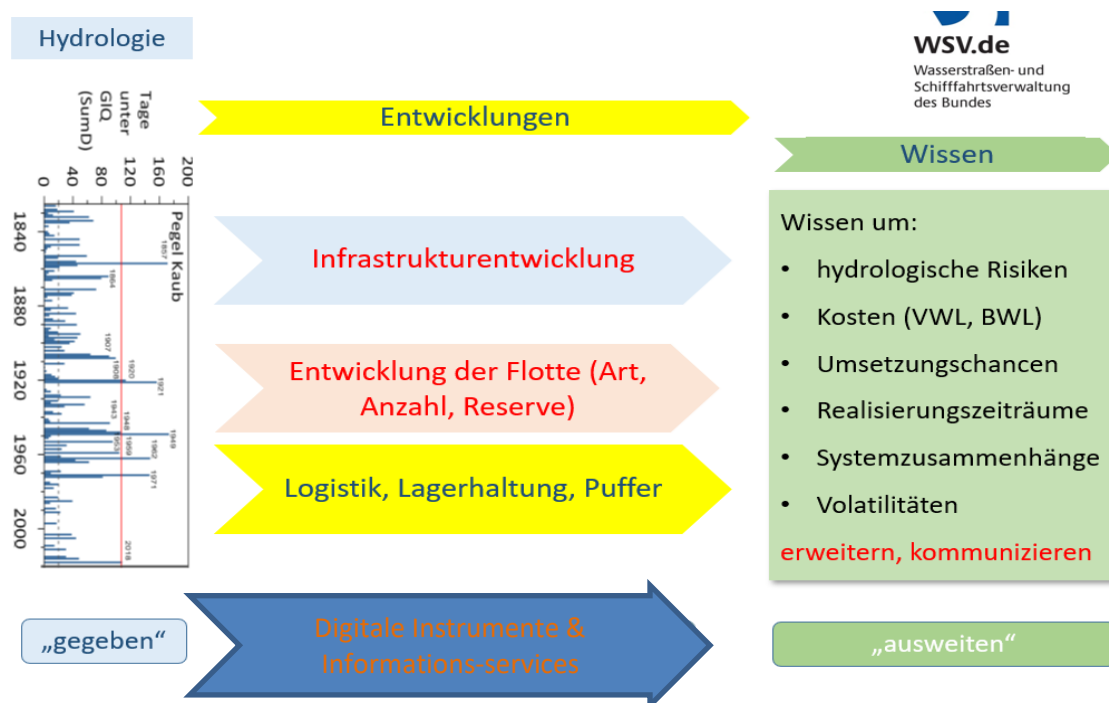


Abbildung 9: zukünftige Handlungsfelder (Quelle: WSV, angepasst durch ZKR)

Die Workshops identifizierten außerdem die Notwendigkeit eines **kontinuierlichen, intensiven Dialogs zwischen den Akteuren aus Industrie, Logistik, Politik und Umwelt**. Insbesondere ist es wichtig, diesen Akteuren zu ermöglichen, ihre Ideen und Visionen für die Zukunft darzustellen,

um das richtige Gleichgewicht zu finden zwischen der Weiterentwicklung von Infrastruktur und Flotte auf der einen und der Erhaltung der biologischen Vielfalt und Wasserschutz auf der anderen Seite. Die ZKR könnte eine Plattform für diesen Austausch auf dem Rhein sein.

Das Niedrigwasser im Jahr 2018 war ein **Weckruf**. Trotz der negativen Folgen, die die niedrigen Wasserstände für die Binnenschifffahrt mit sich brachten, konnte der Sektor Anpassungsmaßnahmen ergreifen. Ziel ist es , **jetzt zu handeln** und sich auf die Zukunft vorzubereiten. *Erste Anpassungsmaßnahmen, welche anlässlich des Folgeworkshops 2023 vorgestellt wurden, zeigten, die Widerstandsfähigkeit des Gesamtsystems Rhein.*

2. Flotte

2.1. Auswirkungen

Wenn die Wassertiefe abnimmt, nimmt auch das Verhältnis zwischen Wassertiefe und Tiefgang (h/T) ab, was zu mehr Widerstand und damit zu einem höheren Strom- und Energieverbrauch führt. *Eine Verringerung der Wassertiefe hat aufgrund des Squat-Effekts auch weitere, dynamischere Auswirkungen auf den Widerstand. Bei einem fahrenden Schiff führt dieser Effekt zu einem dynamischen Einsinken des Schiffes. Der Squat-Effekt ist umso stärker, je schneller das Schiff fährt und je geringer der Abstand zwischen dem Kiel des Schiffes und dem Grund des Flusses ist.¹*

Daher führt eine geringere Kielfreiheit bei gleicher Geschwindigkeit zu einem zunehmenden Absinken des Schiffes und zu einer verringerten Geschwindigkeit. Diese Effekte können bei der Diskussion verschiedener Designkonzepte berücksichtigt werden. Je umfassender die Aufgabe und das Einsatzprofil sind, desto schwieriger wird es allerdings, ein Schiffsdesign für bestimmte Bedingungen zu optimieren.

Die niedrigen Abflüsse am Rhein führen in den frei fließenden Abschnitten des Rheins zu geringen Fahrinnentiefen. Die geringere Tiefe der Fahrrinne hat Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und damit wiederum Auswirkungen auf Versicherungspolicen, Energieverbrauch und Fahrtzeiten. Sie begrenzt die maximale Ladekapazität einer Flotte und verringert somit die Effizienz mit weiteren Auswirkungen auf den Lagerbestand und die Lagerverwaltung.

¹ Siehe: Rawson, Kenneth J., und Tupper, Eric C. (2001), Basic Ship Theory, Combined Volume, 5. Oxford: Butterworth-Heinemann, S. 561.

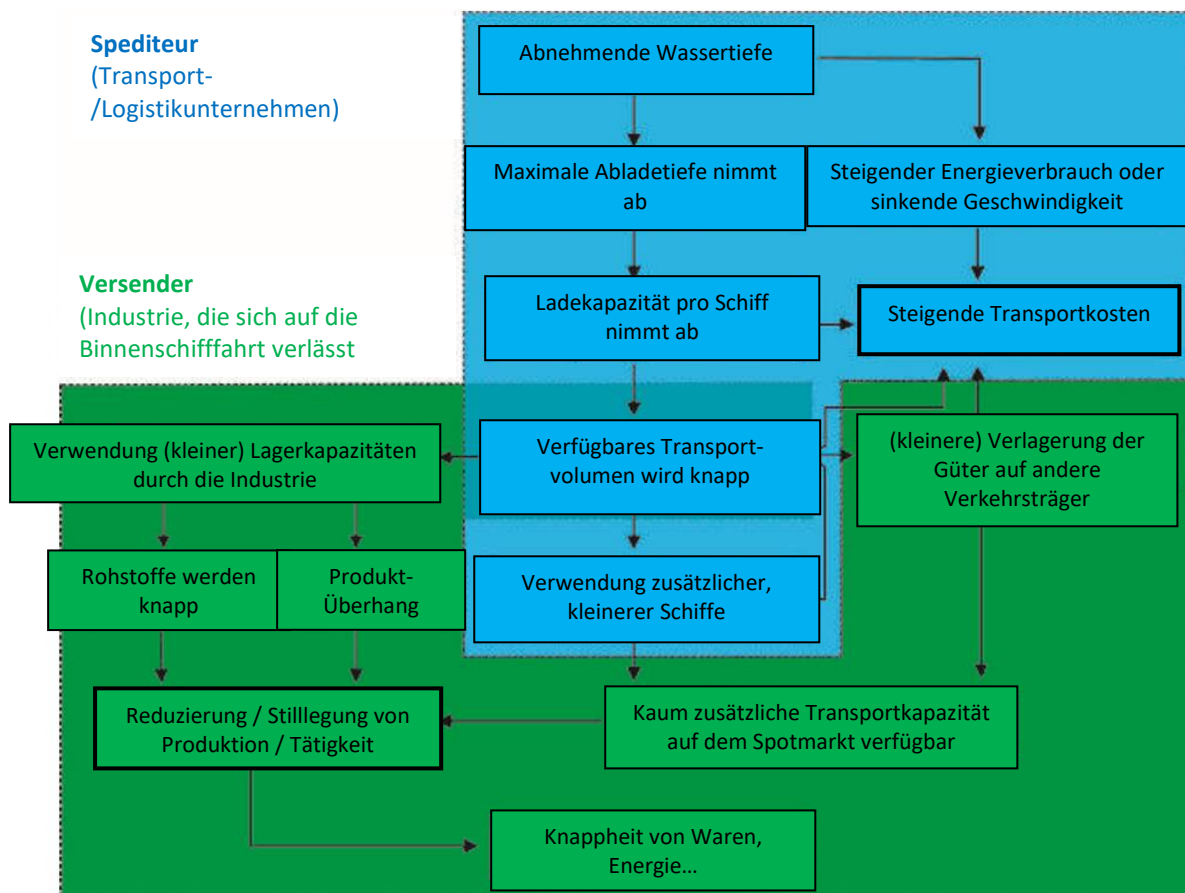


Abbildung 10: Schematische Darstellung der Wirkungskette der Anfälligkeit der Binnenschifffahrt aufgrund von Niedrigwasser (Quelle: RWS, IMPREX)

Einige Schiffe können ihre Fahrt nicht mehr fortsetzen. Die vom Sekretariat der ZKR ausgewerteten Daten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung haben gezeigt, dass die durchschnittliche Schiffskapazität der in Betrieb befindlichen Schiffe während des Niedrigwasserereignisses im Juli und August 2022 abgenommen hat. Während dieses Niedrigwasserereignisses konnten einige der größten Schiffe den Mittel- und Oberrhein kaum befahren, was zu einer geringeren durchschnittlichen Schiffskapazität in den beobachteten Betriebszahlen führte. Eine geringere Kapazität kann auch durch den Einsatz unterschiedlicher Schiffstypen verursacht werden. So meldete thyssenkrupp im Jahr 2023, dass seine Transportkapazität durch den Einsatz von Motorgüterschiffen anstelle von Schubschiffen (die 4 Leichter schieben) erheblich reduziert wurde.

Niedrigwasser führt auch zu nautischen Herausforderungen für die Binnenschifffahrt in Bezug auf den Sicherheitsabstand, die Kieffreiheit, die Mindestfahrrinnenbreite und das Verkehrsaufkommen, wodurch die Navigation erheblich komplexer wird.



Abbildung 11: Rheinschifffahrt bei Niedrigwasser (Quelle: ESO)

Darüber hinaus kann der Beladungsgrad von Schiffen aufgrund des Niedrigwassers erheblich reduziert sein, was zu einer geringeren Gütermenge pro Fahrt führt. Dies führt zu einem Rückgang der Rentabilität der Binnenschifffahrt, da weniger Einnahmen zur Deckung der Fixkosten des Transports zur Verfügung stehen, während gleichzeitig die Einheitskosten steigen, insbesondere aufgrund der steigenden Brennstoffkosten (wegen des größeren Widerstands). Diese Auswirkungen sind in den nachstehenden Zahlen zu den Niedrigwasserereignissen im Jahr 2018 und im Jahr 2022 dargestellt.

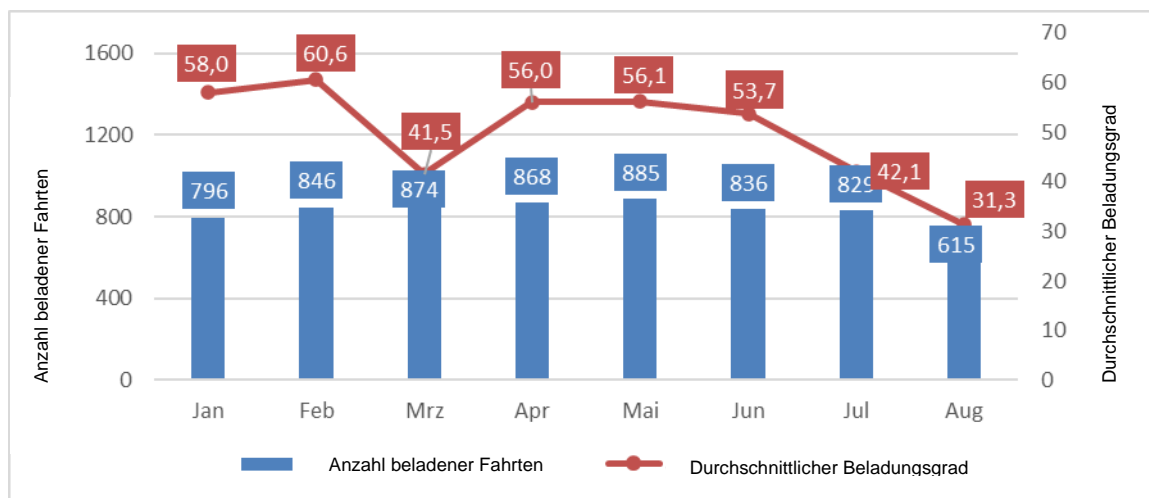


Abbildung 12: Anzahl der beladenen Fahrten und durchschnittlicher Beladungsgrad pro Schiffsfahrt für Trockengüterschiffe an der Schleuse Iffezheim in den ersten acht Monaten des Jahres 2022 (Quelle: ZKR-Analyse auf Basis von Daten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung) Mit dem Einsetzen des Niedrigwassers im Juli 2022 ging der durchschnittliche Beladungsgrad der Schiffe zurück.

Im August 2022 sind die Wasserstände noch weiter gesunken. Dies spiegelt sich in einem weiteren Rückgang des durchschnittlichen Beladungsgrads der Schiffe wider. Die Schifffahrtsbedingungen waren schwieriger geworden als im Juli, was sich auch in einer geringeren Anzahl von Fahrten niederschlug.

Infolge geringerer Beladungsgrade in beiden Monaten und weniger Fahrten im August kam es in den Monaten Juli und August zu einem starken Rückgang der insgesamt auf dem Oberrhein beförderten Gütermenge. Der Rückgang des wasserseitigen Güterumschlags in den wichtigsten Oberrheinhäfen im Juli und im August 2022 aufgrund der Auswirkungen des Krieges in der Ukraine und des Niedrigwassers ist auch in Abbildung 13 in Form eines V-förmigen Rückgangs deutlich zu erkennen.

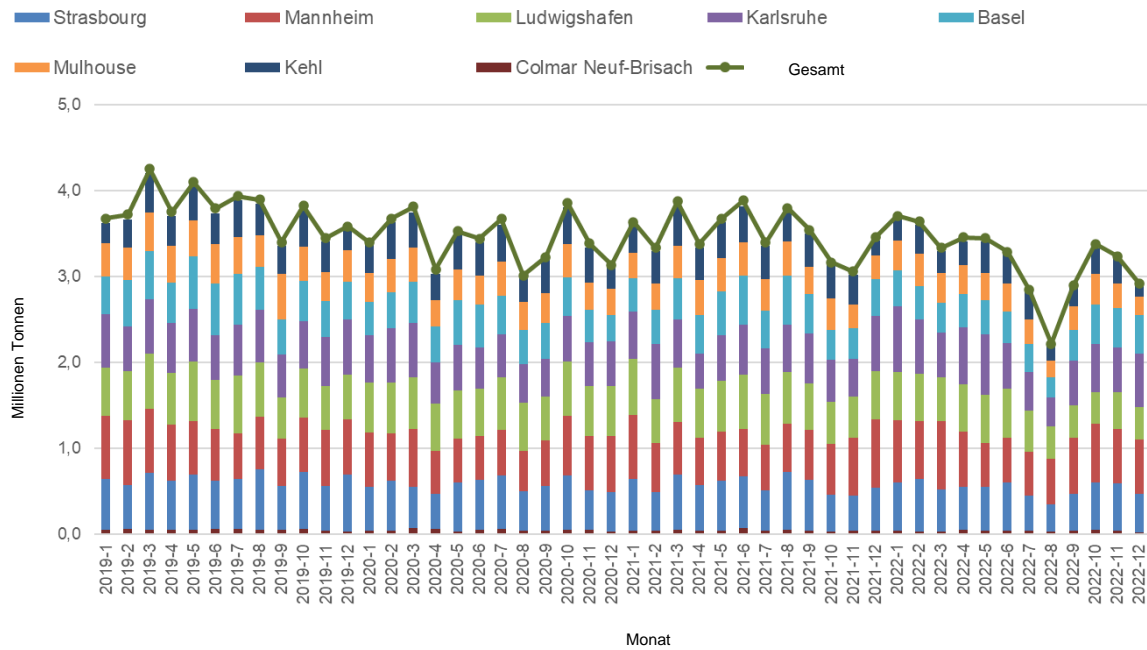


Abbildung 13: Wasserseitiger Güterumschlag in den wichtigsten Oberrheinhäfen zwischen 2019 und 2022 (Quelle: ZKR-Analyse auf der Grundlage der von den Häfen bereitgestellten Daten)

Entwicklung der Mengen und Frachtkosten bei Transporten mit Binnenschiffen im Jahr 2018

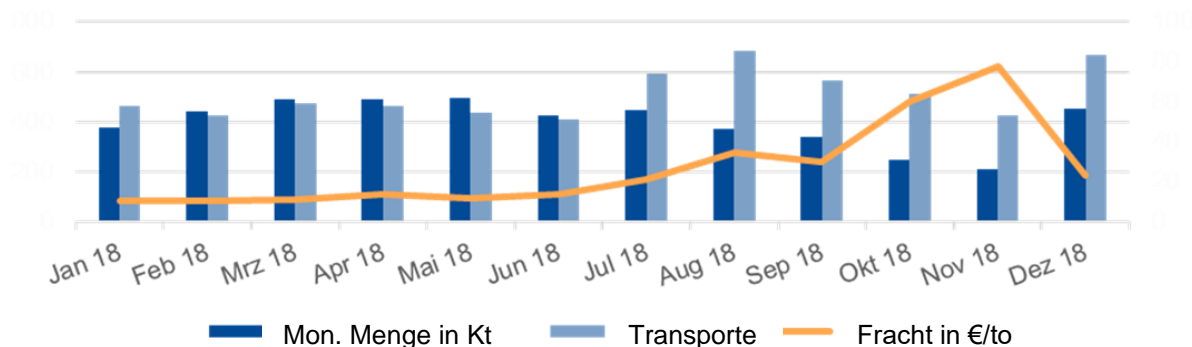


Abbildung 14: Entwicklung der Mengen und Frachtkosten im Jahr 2018 (Quelle: BASF)

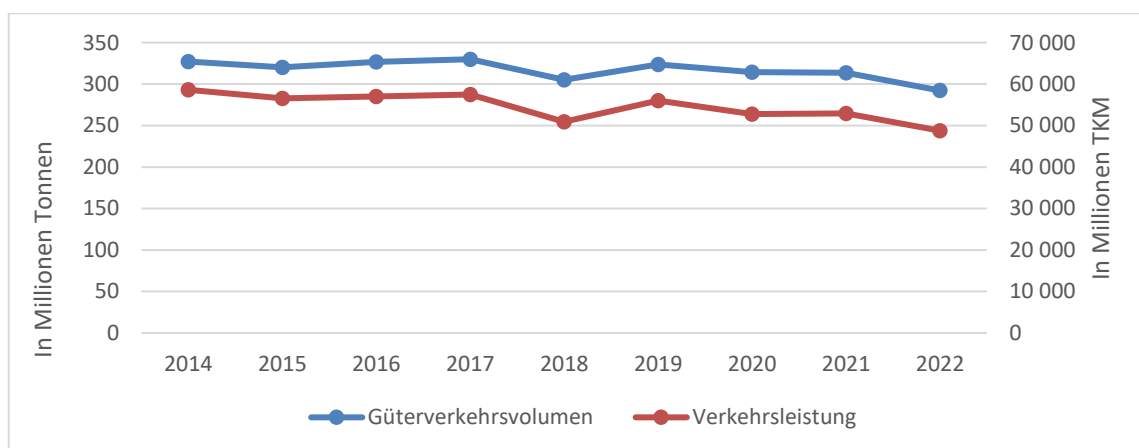


Abbildung 15: Entwicklung der Frachtraten pro Quartal zwischen 2019 und 2022 (Quelle: CBS)

Für den Zeitraum 2019-2022 ist zu beachten, dass die Frachtraten während der Niedrigwasserereignisse in den Jahren 2021 und 2022 in allen Marktsegmenten nach oben gedrückt wurden. Bei den Frachtraten für Trockengüter ist es wichtig, auch den Boom im Kohletransport und die Verlagerung von Schiffskapazitäten vom Rhein in die Donauregion (3% der Kapazität der Rhein-Trockengüterflotte) zu berücksichtigen. Die Frachtraten für Flüssiggüter stiegen 2022 allein aufgrund des Niedrigwassers an, und sind nicht auf strukturelle Faktoren zurückzuführen.

Kompensation fixer Schiffskosten bei verminderter Kapazitätsauslastung aufgrund von Niedrigwasser

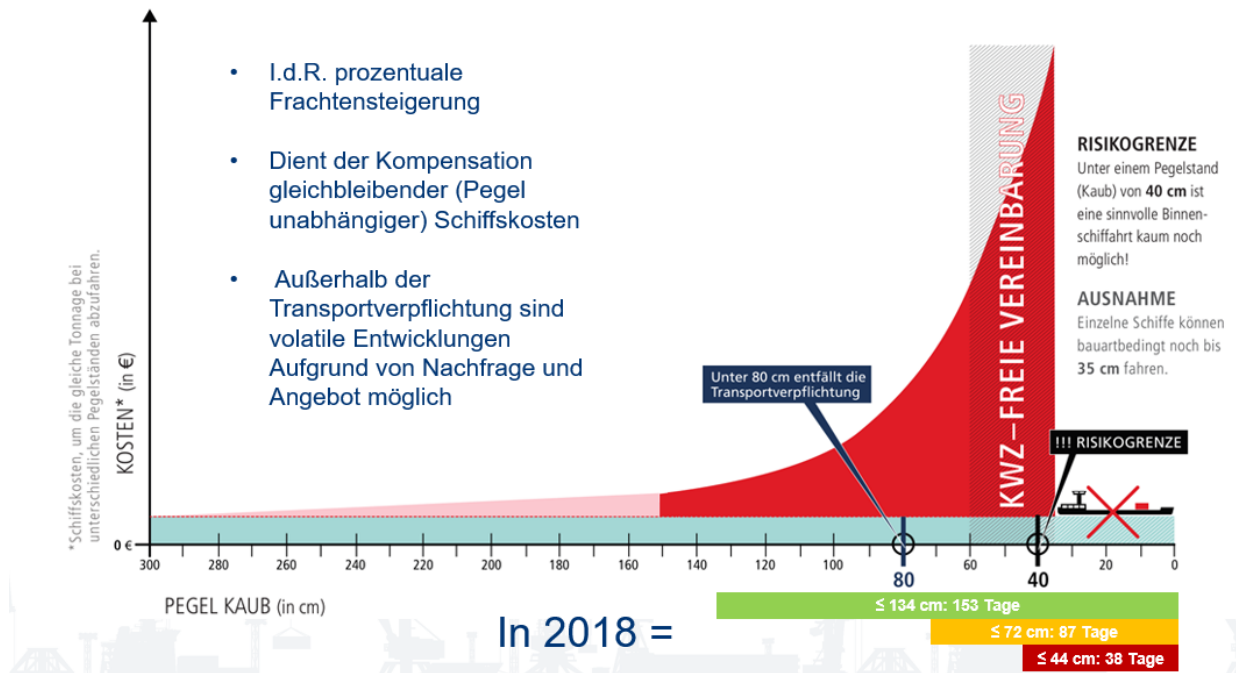


Abbildung 16: Kompensation der Fixkosten der Schiffe bei reduzierter Ladekapazität aufgrund von Niedrigwasser (Quelle: RHENUS Logistics)

Dies betrifft nicht nur die Beförderung von Trocken- und Flüssiggütern, sondern auch den Containertransport. Die folgende Abbildung zeigt, dass ein Standardcontainerschiff mit einer Ladekapazität von 208 TEU bei einem Pegelstand von 2,50 m bei Kaub 100% seiner Kapazität tragen kann. Wenn der Pegelstand bei Kaub auf 75 cm absinkt, führt dies zu einer Verringerung der Ladekapazität um 75%. Somit werden vier Schiffe oder vier Fahrten benötigt, um die gleiche Frachtmenge zu transportieren. Wenn der Pegelstand in Kaub weiter auf 55 cm absinkt, sind sechs Schiffe oder Fahrten erforderlich, um den Transport auszuführen.

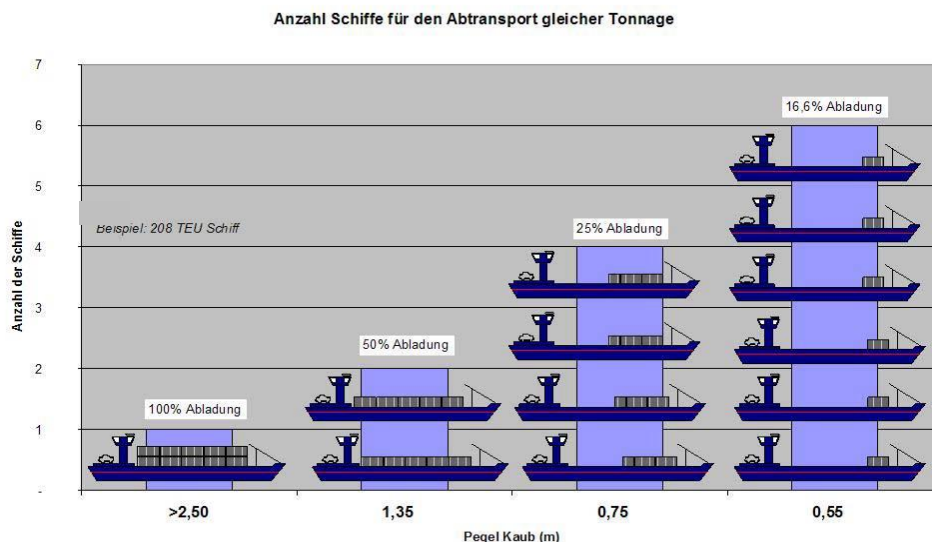


Abbildung 17: Anzahl der Schiffe, die für den Transport einer bestimmten Frachtmenge erforderlich sind (Quelle: CONTARGO)

Eine ähnliche Schlussfolgerung kann für eine Trockengüter- / Tankerflotte mit durchschnittlicher Kapazität gezogen werden. Unterhalb von 134 cm, 72 cm und 44 cm kann sie nur mit 50%, 25% bzw. 15% ihrer Kapazität fahren (Quelle: Rhenus Logistics, siehe auch Abbildung 18 unten). Bei einem Pegelstand von unter 40 cm bei Kaub kann keine Binnenschifffahrt stattfinden, auch wenn einige Schiffe für das Fahren bei einem Pegelstand von bis zu 35 cm ausgelegt sind.

Auswirkungen von Niedrigwasser auf ein Schiff der Reederei Rhenus mit durchschnittlicher Kapazität

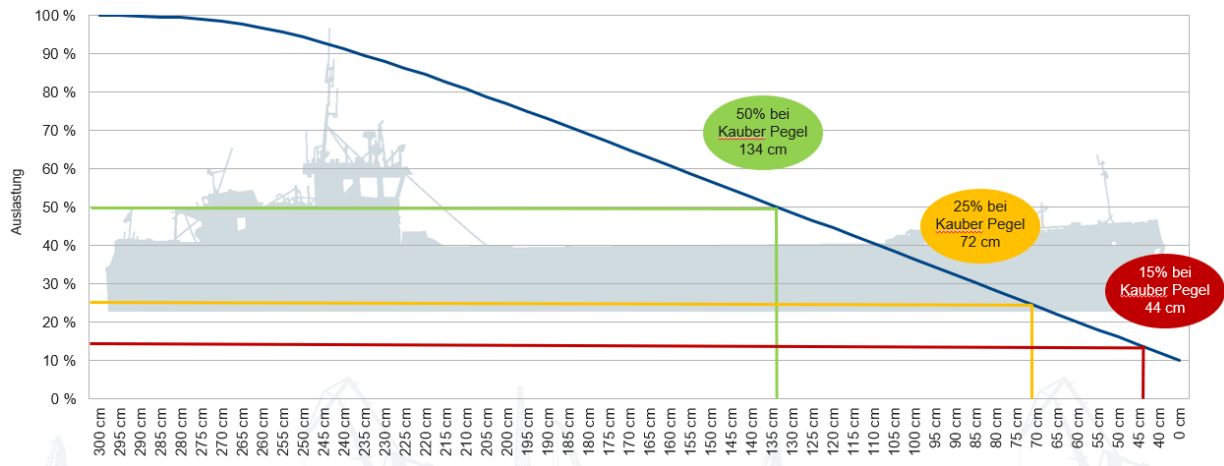


Abbildung 18: Flottenkapazität und Pegelstände bei Kaub (Quelle: RHENUS Logistics)

2.2. Lösungen

An Niedrigwasser angepasste Schiffe

Ob ein Schiff bei Niedrigwasser effizient eingesetzt werden kann oder nicht, hängt von folgenden Faktoren ab:

- Schiffskonstruktion (Leichtbau-Design)
- Tiefgang des Schiffes
- Konstruktion des Schiffshecks
- Größe der Schrauben
- Druck auf den Schrauben

Daher ist das Design der Schiffe, wie Rumpf und Antriebssystem, ein wesentlicher Aspekt, wenn die Beförderung bei Niedrigwasser in der Entwurfsphase berücksichtigt werden soll. Wie bereits oben erwähnt, gibt es nicht die eine Lösung für alle Fälle. Neu entworfene Schiffe müssen für bestimmte Fahrprofile optimiert werden. Daher stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, wie z. B.:

- Optimiertes Bugdesign zur Minimierung der Wellenbildung und des -widerstands für die verschiedenen Ladebedingungen (basierend auf dem Betriebsprofil)
- Optimierte Schraube(n) mit kleinerem Durchmesser zur Verringerung des Tiefgangs
- Anwendung von modernem Schraubendesign und Düse
- Einbau von zwei oder mehr Schrauben, um die Energieeffizienz bei niedrigem Tiefgang zu erhöhen
- Verhindern von Luftansaugung der Schraube durch Einbau von Tunneln, Flexunneln oder Abdeckplatten
- Optimierung von Gewicht und Größe

Eine Verbesserung der Robustheit von nachgerüsteten Schiffen gegen Niedrigwasser ist ebenfalls möglich. Anpassungsmaßnahmen an Schrauben, Achterschiff und zu zusätzlichem Auftrieb seit 2018 zugenommen, wie 2023 von Experten des Novimove-Projekts berichtet wurde. Genauer gesagt befasst sich das Novimove-Projekt mit dem Konzept des zusätzlichen Auftriebs. Dabei geht es darum, die physikalischen Eigenschaften (Auftrieb) von Schiffen anzupassen und dabei gleichzeitig eine wirtschaftliche Nutzlast bei niedrigen Wasserständen zu ermöglichen.



Abbildung 19: Optimierung von Heck und Schrauben der Schiffe (Quelle: CONTARGO)

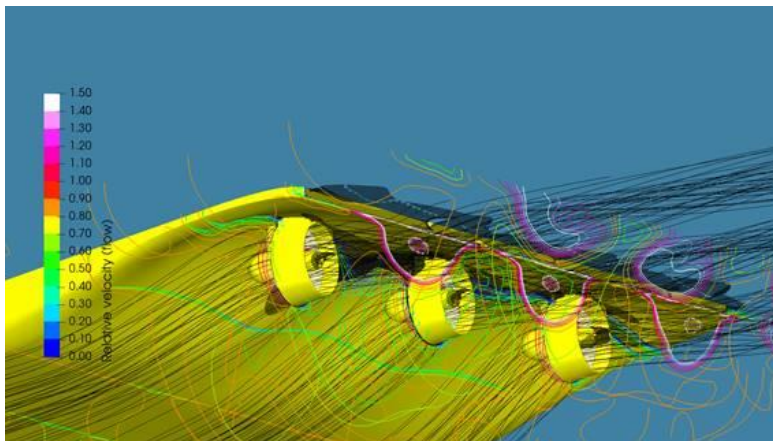


Abbildung 20: Analyse eines Schiffsheckdesigns mit numerischer Strömungsmechanik, CFD (Quelle: MARIN)



Abbildung 21: Schiffsheckdesign mit 3 Schubdüsen und reduziertem Schraubendurchmesser für den Betrieb bei Niedrigwasser (Quelle: MARIN, Photo: S. Oudakker, Oudcomb)

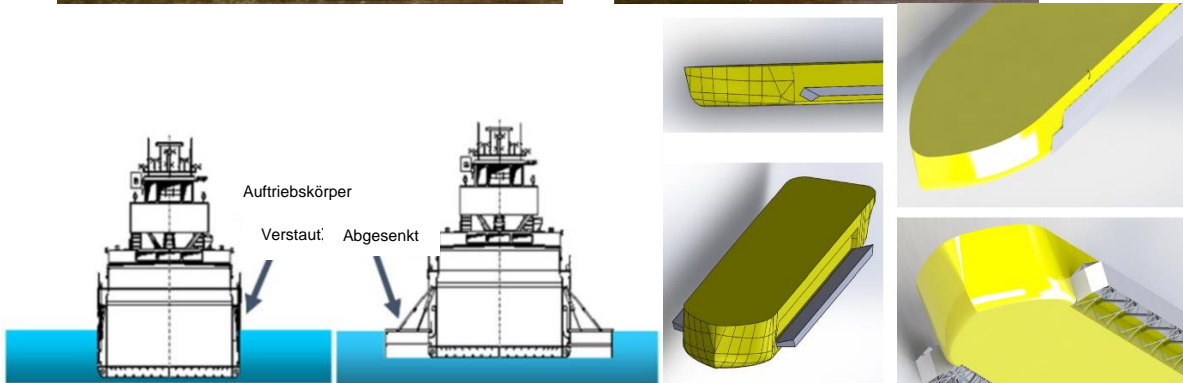
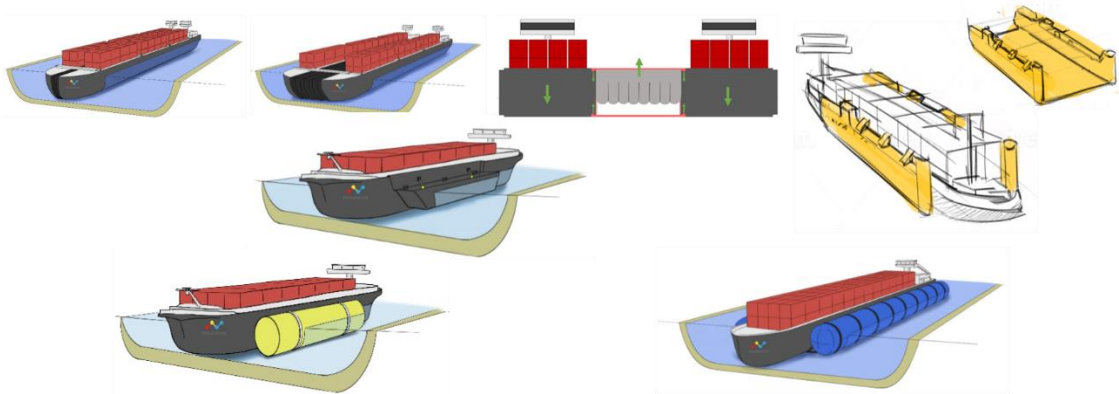


Abbildung 22: Erstes Konzept für zusätzlichen Auftrieb, geeignet für Neubauten und Nachrüstungen (Quelle: Novimove-Projekt)

Der Workshop 2018 kam zu dem Schluss, dass bereits alle notwendigen Mittel zur besseren Anpassung an Niedrigwasser zur Verfügung standen. Es bestand jedoch weiterhin ein gewisser Forschungsbedarf, um die Modellvorhersagen weiter zu verbessern, wie z. B.:

- Die Wechselwirkung des Schiffshecks mit Schrauben, Düsen, Rudern, Tunneln usw. in (extremem) seichtem Wasser
- Die Interaktion der Schiffe auf der Wasserstraße
- Die Interaktion von Schiff zu Schiff
- Der Schiffsverkehr auf begrenzten Wasserstraßen.

Seit 2018 ist ein größeres Interesse an Forschungsprojekten zu verzeichnen, die sich mit der Schifffahrt bei Niedrigwasser befassen, sowohl in kommerziellen als auch in öffentlichen Forschungsprojekten und an der Arbeit an für Niedrigwasser angepassten Schiffen.

2018 wurde auch darauf hingewiesen, dass solchen Anpassungsmaßnahmen Grenzen gesetzt sind. In der Tat sollten Binnenschiffe auch vielseitig und an die wirtschaftlich wichtigsten Situationen angepasst sein (nicht nur an Niedrigwasserphasen).*„Diese Herausforderung besteht auch heute noch und wurde von den Workshop-Teilnehmern im Jahr 2023 noch einmal hervorgehoben.*

Flotte

Eine Diversifizierung der Flotte wäre wünschenswert, um die Binnenschifffahrt besser an Niedrigwasser anzupassen, was bedeutet, dass ein bestimmter Teil der Flotte für den Einsatz in Zeiten von Hoch- oder Niedrigwasser angepasst würde. Dies würde jedoch zu zusätzlichen Kosten für die Binnenschifffahrt führen, da Teile der Flotte außerhalb ihrer Konstruktionsparameter arbeiten würden. Diese Kosten müssen in den Beförderungspreis einfließen. Es stellt sich auch die Frage, ob diese Schiffe überhaupt außerhalb ihrer Konstruktionsparameter betrieben werden sollen oder bis zur Verwendung am Liegeplatz verbleiben.

In den Workshops wurden weitere Lösungen zur Anpassung der Flotte an Niedrigwasser identifiziert, wie zum Beispiel:

- Optimierung bestehender Schiffe wie oben beschrieben
- Verwendung kleinerer Schiffe in gekoppelten Verbänden
- Angepasste Neubauten
- *Hinzufügen von Leichtern zu einem Schubverband bei Niedrigwasser, um die gleiche Menge zu transportieren. Die Eignung dieser Option müsste jedoch geprüft werden, insbesondere im Hinblick auf die Besatzungsvorschriften.*

Mehrere Flottenbetreiber haben bereits Erfahrung mit Optimierungsmaßnahmen. CONTARGO berichtete, dass während der Niedrigwasserspitze 2018 drei ihrer verbesserten Verbände immer noch mit jeweils zwei zusätzlichen Leichtern auf dem Mittelrheinabschnitt fahren konnten, um den niedrigeren Belastungsgrad auszugleichen.

Wie im Jahr 2023 berichtet, hat die BASF ihrerseits in den Neubau von angepassten Schiffen investiert, die bei Niedrigwasser eingesetzt werden können.



Abbildung 23: BASF-Neubau von an Niedrigwasser angepassten Schiffen. (Quelle: BASF)

Wie im Jahr 2023 berichtet, werden auch Optionen zur Reduzierung des Tiefgangs der Schubschiffe des thyssenkrupp SE Konzerns geprüft.

Insgesamt haben die Investitionen in den Neubau von angepassten Schiffen, die bei Niedrigwasser eingesetzt werden können, seit 2018 zugenommen. Die positiven Entwicklungen sind ein Beweis für die Anpassungsfähigkeit des Binnenschifffahrtssektors.

Die Bedeutung öffentlicher Mittel zur Unterstützung solcher Entwicklungen sollte nicht unterschätzt werden. Öffentliche Mittel können verschiedene Formen annehmen:

- Finanzierung der Forschung, z. B. Horizon Europe auf EU-Ebene
- Finanzierung der Flottenmodernisierung, mit Best-Practice-Beispielen in Deutschland (Förderung der nachhaltigen Modernisierung von Binnenschiffen) und Frankreich (Plan d'aide à la modernisation et à l'innovation de la flotte - PAMI). Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr teilte mit, dass im Herbst 2022 zwei Förderanträge bei der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt für den Austausch der Heckpartie eines Schiffes durch einen Neubau gestellt wurden, um Frachtschiffe für niedrige Wasserstände zu optimieren (beantragte Fördersumme ca. 5 Millionen Euro pro Antrag) und dass weitere Anträge angekündigt wurden. Derartige Maßnahmen sind im Aktionsplan "Niedrigwasser Rhein" (8-Punkte-Plan) vorgesehen.

In Szenarios, in denen eine bloße Optimierung der Flotten nicht ausreicht, müssen weitere Maßnahmen wie das Flottenmanagement oder Multimodalität betrachtet werden.

3. Verlader und Industrie

3.1. Auswirkungen

Die Auswirkungen des Niedrigwasserereignisses im zweiten Halbjahr 2018 sind nicht zu unterschätzen. Dieses Ereignis ist nicht neu, aber die Anfälligkeit der Binnenschifffahrt gegenüber Niedrigwasser scheint zugenommen zu haben. Obwohl das Niedrigwasserereignis von 2018 das zweit kürzeste der siebenschwersten Niedrigwasserphasen der letzten 100 Jahre ist, war 2018 auch das Jahr, in dem die Binnenschifffahrt aus wirtschaftlicher Sicht am stärksten darunter litt.

Für Kaub am Mittelrhein werden die Daten über die Anzahl der Tage mit einem Abfluss von weniger als $783 \text{ m}^3/\text{sec}$ (dies ist der gleichwertige Abfluss, der dem gleichwertigen Wasserstand von 78 cm in Kaub entspricht) statistisch modelliert, bis zum Jahr 1820 zurück. Ziel dieses Verfahrens ist es, die heutigen Abflüsse mit denen der Vergangenheit zu vergleichen. Die resultierenden Werte zeigen, dass es auch in der Vergangenheit Jahre (vor 2018 und 2022) mit starken Niedrigwasserzeiträumen gegeben hat.

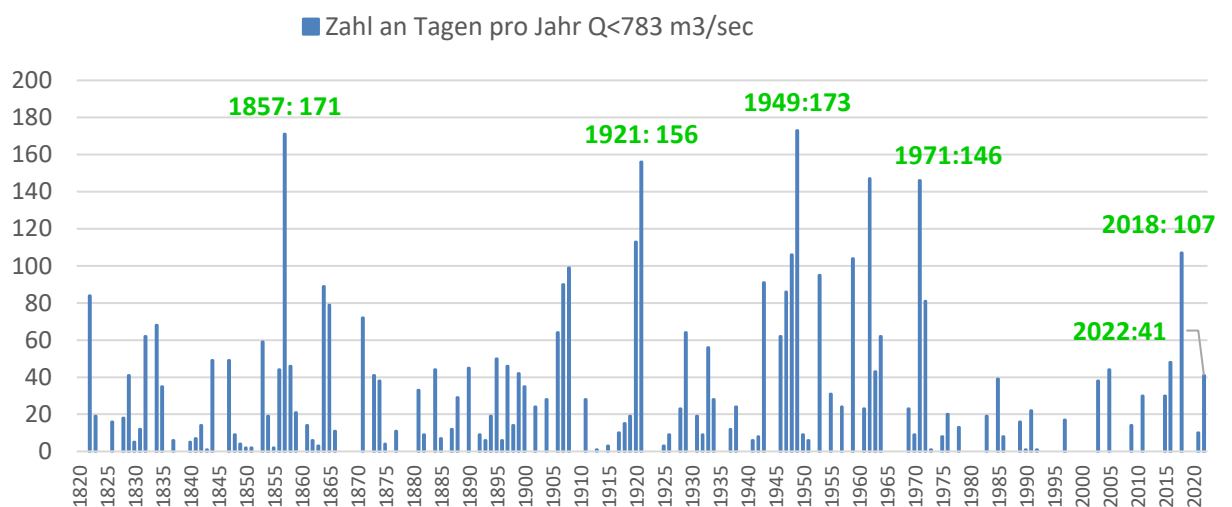


Abbildung 24: Anzahl der tage pro Jahr mit einem Abfluss $Q < 783 \text{ m}^3/\text{s}^*$ bei Kaub, Mittel Rhein

Quelle: Deutsche Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

* Entspricht einem Wasserstand von 78 cm (Gleichwertiger Wasserstand).

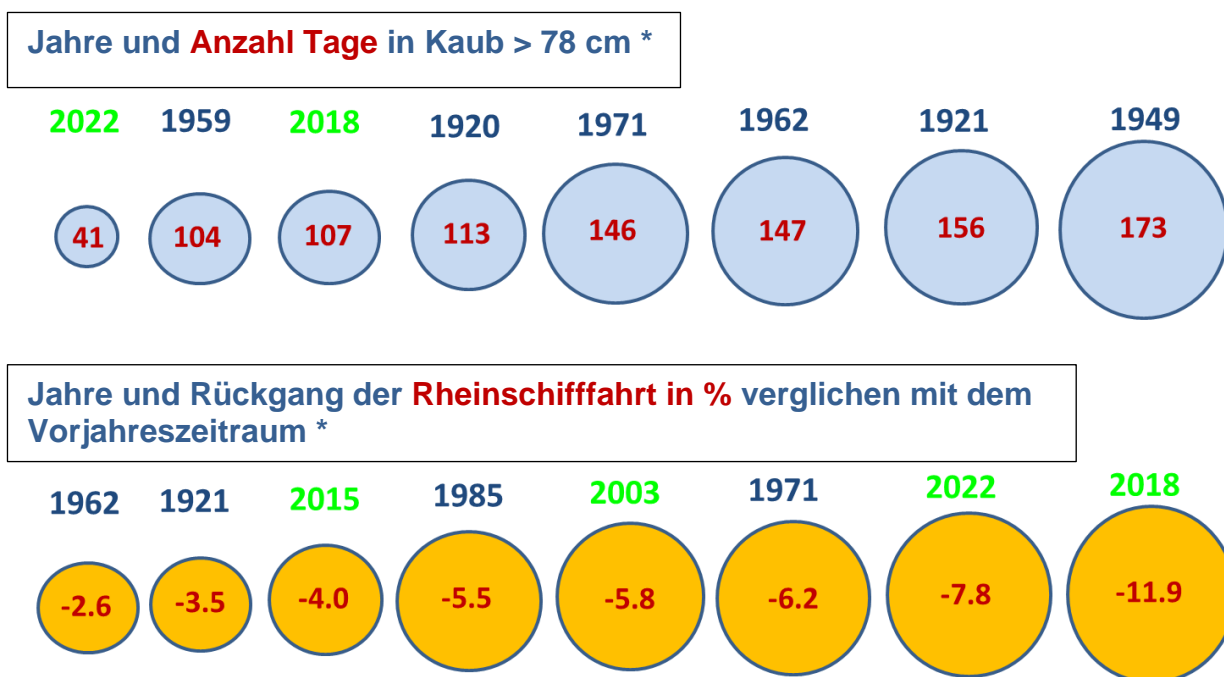


Abbildung 25: Anzahl der Niedrigwassertage im Vergleich zur Auswirkung auf die Rheinschifffahrt (Quelle: ZKR-Berechnung nach Daten von Destatis und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, bereitgestellt von der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Im Zusammenhang mit dieser Abbildung ist zu beachten, dass das Jahr 2022 bei weitem nicht das achtlängste Niedrigwasserereignis der letzten 100 Jahre ist. Da es jedoch an zweiter Stelle der Niedrigwasserjahre steht, die die stärksten wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt auf dem Rhein hatten, wurde entschieden, dieses Jahr der ersten Zeile dieser Abbildung hinzuzufügen und grau zu markieren.

* Die Weltkriegsjahre (1914-1918; 1940-1945) und die Jahre der wirtschaftlichen Depression (1919, 1923, 1931, 1932, 1975, 2009) sind ausgeschlossen. Im Jahr 2022 ist der Rückgang des Rheinverkehrs auch mit den Folgen des Krieges in der Ukraine verbunden.

Tabelle 1 Finanzielle Auswirkungen des Niedrigwassers Niederlande und Deutschland

		Niederlande	Deutschland	Gesamt
Finanzielle Auswirkungen Binnenschifffahrtssektor	Nettoumsatz	+378 Mio. €	+95 Mio. €	+473 Mio. €
	Zusatzkosten	-302 Mio. €	-76 Mio. €	-378 Mio. €
	Nettogewinn	+76 Mio. €	+19 Mio. €	+95 Mio. €
Finanzielle Auswirkungen Verlader	Transportkosten	-245 Mio. €	-243 Mio. €	-488 Mio. €
	Produktionsrückgang	-60 Mio. €	-2,1 Mrd. €	-2,2 Mrd. €
	Strategische Lager	-66 Mio. €	-65 Mio. €	-131 Mio. €
	Neg. Auswirkungen insgesamt	-371 Mio. €	-2,4 Mrd. €	-2,8 Mrd. €
Finanzielle Auswirkungen insgesamt		-295 Mio. €	-2,4 Mrd. €	-2,7 Mrd. €

Abbildung 26: Wirtschaftliche und finanzielle Auswirkungen des Niedrigwasserereignisses 2018 in den Niederlanden und Deutschland, vorgestellt von der IWT Plattform (Quelle: Economische impact laagwater, Erasmus UTP)

Wie in den vorherigen Kapiteln erläutert, kann der Grund für diese schwerwiegenden Auswirkungen mit vielen Aspekten wie der Flottenentwicklung, der Infrastruktur, aber auch der Logistik zusammenhängen. In der Tat wird das Prinzip der „Just-In-Time“-Logistik bevorzugt, bei dem Rohstoffe, Produkte und Teile nach Bedarf geliefert werden, anstatt sie auf Lager vorzuhalten. Unternehmen können so die Lagerkosten senken, indem sie weniger Material lagern müssen. Dies wirkt sich jedoch bei Ereignissen wie dem Niedrigwasser zu Ungunsten der Binnenschifffahrt aus.

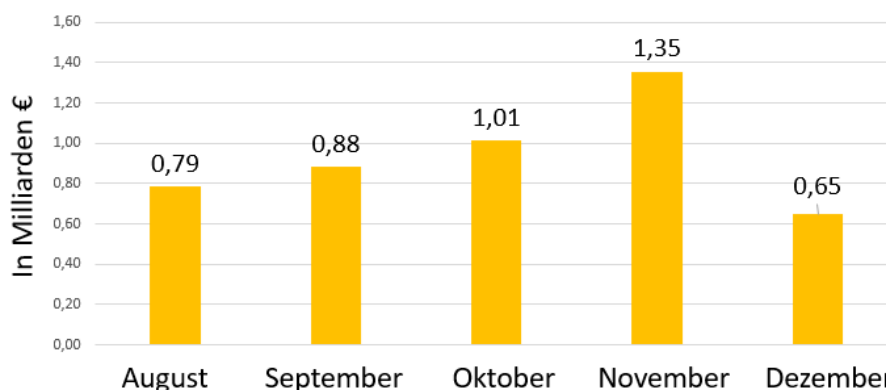
Die Unterbrechung der Logistikketten durch das Niedrigwasserereignis im Jahr 2018 verursachte erhebliche wirtschaftliche Verluste. Für Deutschland war dadurch die Lieferung von Rohstoffen (insbesondere Eisenerz, Kohle und Grundchemikalien) sowie von Endprodukten der Chemie-, Metall- und Petrochemie-Industrie beeinträchtigt, was zu einem Rückgang der deutschen Industrieproduktion um fast 5 Milliarden Euro führte.

Niedrigwasser wirkten sich insbesondere auf die deutschen Unternehmen BASF und thyssenkrupp¹ aus, für die die Rheinschifffahrt eine wichtige Rolle spielt. Wenn Endprodukte nicht (oder nur in begrenzten Mengen) verschifft und keine Rohstoffe geliefert werden können, ist am Ende ein Produktionsrückgang unvermeidlich. Dies wurde 2023 von thyssenkrupp erneut hervorgehoben, da die Produktion an die Rohstoffversorgung angepasst werden muss. Langfristig sehen beide Unternehmen Niedrigwasser als Bedrohung an, insbesondere für den großen integrierten Chemiekomplex der BASF in Ludwigshafen und den Hochofenstandort von thyssenkrupp in Duisburg. Versorgungsengpässe für die Kunden bei Niedrigwasser sind ebenfalls nachteilig für diese Unternehmen.

Einige Branchenvertreter gaben sogar an, dass die Standorte am Oberrhein wegen unklarer künftiger Entwicklungen in Frage stünden. Thyssenkrupp bekräftigte im Jahr 2023, dass es langfristig potenzielle Risiken für den Betrieb seines Produktionsstandorts in Duisburg sieht.

ZKR-Modell

Geschätzte Auswirkungen des Niedrigwassers auf die deutsche Industrieproduktion im Jahr 2018 – in Milliarden Euro



➔ **Summe der geschätzten Auswirkungen im 3. und 4. Quartal 2018 : 4,68 Mrd. Euro**

≈ 0,63 % der gesamten deutschen Industrieproduktion im 3. und 4. Quartal *

Quelle: ZKR-Berechnung. Laut Destatis, Fachserie 4 Reihe 3.1, entfielen im 3. und 4. Quartal 2018 739,2 Mrd. Euro auf die deutsche gewerbliche Produktion.

Abbildung 27: Geschätzte Auswirkung von Niedrigwasser auf die deutsche Industrieproduktion (Quelle: ZKR-Berechnung basierend auf Destatis)

Die Logistikketten müssen sich auch an andere Folgewirkungen von Niedrigwasser anpassen, wie den Umgang mit unvorhergesehenen Lagerbeständen in See- und Binnenhäfen. Dabei müssen Waren länger als erwartet gelagert werden, und Verzögerungen beim Be- und Entladen treten nicht nur in der Binnenschifffahrt, sondern auch bei anderen Verkehrsträgern auf. Für Unternehmen wie den thyssenkrupp-Konzern, der auch eigene Häfen für Lieferung und Umschlag seiner Waren und Rohstoffe betreibt, bedeuten Niedrigwasserereignisse einen erhöhten Umschlagaufwand vor Ort und zusätzliche Kosten.

¹ Das Chemieunternehmen COVESTRO war ebenfalls von der Krise betroffen.

Außerdem ist der Einsatz kleinerer Frachtschiffe erforderlich, die gegenüber Niedrigwasser widerstandsfähiger sind, um die Beförderungsmenge zu maximieren. Dies impliziert Änderungen der Transportkette. In der Tat können drei bis vier Schiffe erforderlich sein, um die gleiche Gütermenge zu befördern, die im Allgemeinen auf einem einzigen Schiff transportiert wird.

In Niedrigwasserphasen wird die Binnenschifffahrt daher zu einer kostspieligen und unzuverlässigen Option:

- Anstieg der Frachtraten (bis zu siebenmal höher als bei normalem Wasserstand), direkt verbunden mit der Knappheit an Schiffskapazität und der begrenzten Verfügbarkeit von Leichtern, die bei niedrigem Wasserstand fahren können;
- erhebliche Zunahme der Anzahl der Fahrten, die für den Transport der gleiche Gütermenge erforderlich sind,
- **Kostensteigerungen aufgrund der Nutzung alternativer Verkehrsträger und anderer Ineffizienzen (z. B. zusätzliche Entladekapazität, Umschlag),**
- erhöhtes Unfallrisiko (niedriger Wasserstand kombiniert mit zusätzlichen Schiffen auf den Wasserstraßen), wodurch die Versicherungskosten steigen,
- Produktionsausfälle, bei denen Unternehmen außerdem einen enormen Energieverbrauch haben, um die vollständig durchgehende Produktion bei Chemie- oder Stahlunternehmen zurückzufahren oder hochzufahren, und die daher zusätzlich finanzielle Verluste bedeuten,
- und Engpässe im Vertrieb / beim Kunden, was sich in der Bilanz schließlich alles aufsummiert.

Eine Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger, insbesondere auf Schiene und Straße, ist ebenfalls eine direkte Folge des Niedrigwassers, insbesondere in Marktsegmenten, in denen starker multimodaler Wettbewerb herrscht, wie beispielsweise beim Containerverkehr. Dies zeigt die Entwicklung des wasserseitigen Containerverkehrs in den Schweizer Rheinhäfen. Im ersten Halbjahr 2018 fand aufgrund des Unfalls bei Rastatt (Unterbrechung der Eisenbahnstrecke auf der Rheinachse) eine Verlagerung von der Schiene auf die Binnenschifffahrt statt. Das Niedrigwasserereignis in der zweiten Jahreshälfte 2018 führte jedoch erneut zu einer Verlagerung des Verkehrs, diesmal jedoch in Form eines Verlusts von Marktanteilen für die Binnenschifffahrt, der zu einer Verringerung des Containerverkehrs auf dem Rhein um 16% in der ersten Jahreshälfte 2019 im Vergleich zu 2018 führte. Noch schwerer wiegt das Problem der möglichen dauerhaften Auswirkung solcher ereignisbedingten Modalverschiebungen, da die Verlagerer möglicherweise eher zögern, die Binnenwasserstraße als Transportmittel zu wählen.

3.2. Lösungen

Maßnahmen (einschließlich interner Maßnahmen) am oder in der Nähe des Produktionsstandortes des Verladers

Für die Industrie müssen bei Niedrigwasser kurzfristige Antworten gefunden werden, die zu einer internen Geschäftsanpassung führen, hauptsächlich durch Priorisierung über verschiedene Geschäftsbereiche hinweg, sowie enge Überwachung und Planung. Ein Beispiel ist die Entscheidungskette, die in der BASF bei Niedrigwasser stattfindet, wie unten dargestellt. **Thyssenkrupp betonte 2023 außerdem, dass sich implementierte Kommunikationsroutinen als effiziente Methode zur Bewältigung von Niedrigwasserereignissen bestätigt haben.**

Leichterfahrten kommen fast zum Erliegen bei Wasserständen von $\leq 60\text{cm}$; im Oktober 2018, erreichten die Wasserstände auf dem Rhein, am Pegel Kaub, ein Rekordtief von 31cm

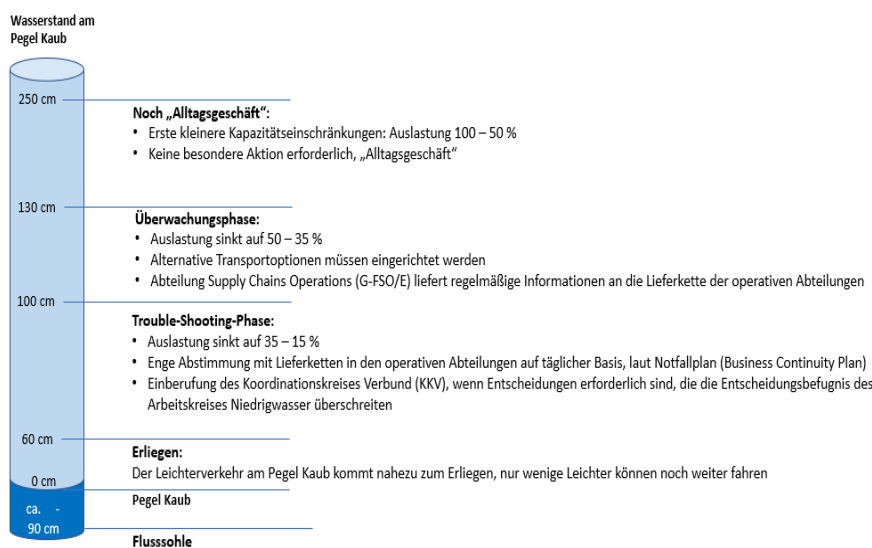


Abbildung 28: Entscheidungskette der BASF bei Niedrigwasser (Quelle: BASF)

Andere Maßnahmen, die thyssenkrupp an seinem Produktionsstandort oder in der Nähe des Standorts durchführt, betreffen ebenfalls:

- Optimierung der Umschlagskapazität vor Ort
- Erhöhung der Lagerbestände vor Ort, zusätzliche Lagerkapazität für Rohstoffe vor Ort und in der Nähe des Standorts. Tatsächlich berichtete thyssenkrupp, dass höhere Rohstoffvorräte die Verluste an Transportkapazität teilweise ausgleichen konnten.

Transportkapazität

Über die Optimierung von Schiffen und Flotten hinaus gibt es weitere Maßnahmen mit Best-Practice-Beispielen wie zum Flottenmanagement oder zur Multimodalität. Die Anstrengungen zur Verbesserung der Transportkapazität und -strategie wurden vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2023 anerkannt.

Zeitcharterverträge

Eine Maßnahme, die während des Niedrigwasserereignisses 2018 erprobt wurde und sich als effizient erwiesen hat, war der Rückgriff auf Binnenschiffe mit verbesserter Tonnagekapazität, die auch bei niedrigeren Wasserständen noch eingesetzt werden können, im Rahmen von langfristigen Zeitcharterverträgen¹. Für einen wichtigen Akteur der Branche wie BASF konnte so die Kapazität für den Transport kritischer Rohstoffe auch bei länger anhaltenden Niedrigwasserständen gesichert werden.

Diese Maßnahme hat sich auch 2022 als effizient erwiesen, zusammen mit Maßnahmen zur Anpassung der Schiffe und zusätzlichen an Niedrigwasser angepassten Schiffen auf Abruf (bei Kaub $<120\text{ cm}$). Hierdurch konnte BASF die Anzahl der verfügbaren Schiffe in der extremen Niedrigwassersituation im Juli/August 2022 verdoppeln. Eine zusätzliche Schwierigkeit im Jahr 2022 bestand nach Angaben von thyssenkrupp darin, verfügbare Kapazitäten zu finden, um die geringeren Ladungsmengen, die pro Schiff transportiert werden können, zu kompensieren. Viele Schiffe waren bereits bei Kraftwerken für Kohletransporte (die in diesem Zeitraum ebenfalls boomten) unter Vertrag.

¹ Charnen von Schiffen für einen bestimmten Zeitraum anstelle einer bestimmten Anzahl von Fahrten oder Reisen.

Multimodalität

Die Verfügbarkeit alternativer Modallösungen und die weitere Zusammenarbeit mit anderen Verkehrsträgern - insbesondere der Schiene - wird auf jeden Fall als eine der möglichen Lösungen zur Bewältigung künftiger, wiederkehrender Niedrigwasserereignisse angesehen. Es ist wichtig zu bedenken, dass die Organisation der Lieferung von Waren (als Endprodukte oder Rohstoffe) auf alternative Weise im Krisenfall kein einfacher Prozess ist, insbesondere aus Gründen der Kapazität (die Kapazitäten der Bahn sind begrenzt und können bei niedrigem Wasserstand nicht alle in der Binnenschifffahrt anfallenden Mengen kompensieren) sowie aufgrund von technischen / infrastrukturellen Einschränkungen und den technischen Möglichkeiten für das Beladen und Entladen an den Produktionsstandorten. Darüber hinaus fallen zusätzliche Kosten an. Dies wurde 2023 erneut von thyssenkrupp betont. Nach Meinung des Konzerns, sei eine Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger bei Niedrigwasser besonders wichtig, um die Versorgung mit kritischen Rohstoffen / Endprodukten sicherzustellen und den Ausfall von Leichtern (nicht alle Mengen) in etwa auszugleichen. Thyssenkrupp berichtete, dass es zusätzliche langfristige Schienentransportkapazitäten unter Vertrag genommen hat, um Niedrigwassersituationen zu bewältigen. Der Hafen Straßburg berichtete auch, dass bei Niedrigwasserereignissen eine vorübergehende Verlagerung auf andere Verkehrsträger ebenfalls eine Option sein kann, um den Transport bestimmter Produkte, insbesondere von Containern, zu ermöglichen. Um bei solchen Vorfällen die Multimodalität zu fördern, muss eine rasche Umstellung auf andere Verkehrsträger an den Terminals möglich sein. Hierzu ist eventuell der Bau neuer und / oder die Änderung / Optimierung bestehender Ladepunkte erforderlich. Im Allgemeinen können beide Verkehrsträger voneinander profitieren, wenn es auf den Binnenschifffahrts- oder Eisenbahnkorridoren zu Unterbrechungen oder Überlastungen kommt.

Anpassung von Logistik-, Umschlag- und Lagerkonzepten

Zusätzlich zu den oben genannten Maßnahmen ist die Anpassung der Logistik- und Lagerkonzepte Teil des Maßnahmenportfolios, das für eine bessere Widerstandsfähigkeit der Binnenschifffahrt in Niedrigwasserphasen zur Verfügung steht.

Für wichtige Akteure der Branche könnte eine Lösung darin bestehen, die Umschlagkapazitäten in den Häfen neben den Industriestandorten zu erweitern. Hierfür ist allerdings eine starke Anbindung an das Hinterland mit einem alternativen Verkehrsträger erforderlich – wie beispielsweise die Schiene – die derzeit für die erforderliche Kapazität von / zu den ARA-Häfen (Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen) nicht existiert. Außerdem sollten die verantwortlichen Staaten den Spielraum für eine Erweiterung der Tanklagerkapazitäten an den Chemiestandorten positiv bewerten.

In Zukunft wird sicherlich eine Erhöhung der Lagerkapazität notwendig sein, um Niedrigwasserereignisse besser zu bewältigen und auch in solchen Zeiten genügend Material vorrätig zu haben. Das bedeutet, dass die Logistiker größere Lager am Zielort zur Verfügung haben müssen. Für die Versorgung mit Rohstoffen sollten solche Lager möglichst nahe an den Produktionsstandorten liegen.

Die betriebliche Neugestaltung von Logistikstandorten (z. B. längere Öffnungszeiten und Nutzung des Wochenendes) kommt ebenfalls in Betracht.

Intensiver Dialog zwischen den beteiligten politischen/administrativen Parteien, der Logistik und der Industrie

Last but not least kann ein intensiver Dialog innerhalb der Logistikgemeinschaft erforderlich sein, um solche Vorfälle antizipieren und, im Fall einer neuen Krise, schnell reagieren zu können. Beispielsweise wurden im Dezember 2019 bzw. Mai 2018 Handbücher für das internationale Notfallmanagement für Eisenbahnunternehmen bzw. für Infrastrukturbetreiber veröffentlicht, um eine größere Störung des europäischen Eisenbahnnetzes zu vermeiden, wie beispielsweise den Vorfall von Rastatt im Jahr 2017, als ein Tunnel im Zuge von Bauarbeiten einstürzte und die Rheintalbahn für sechs Wochen gesperrt wurde.¹² Es lohnt sich zu überlegen, ob ein solches Instrument kurz- bis mittelfristig für den Binnenschifffahrtsverkehr nützlich sein könnte, um mit niedrigen Wasserständen besser umgehen zu können, und allgemeiner, ob ein multimodales Handbuch für Vorfälle entwickelt werden könnte, die alle Verkehrsträger betreffen.

Dringend notwendig ist ein Notfallplan, der im Vorfeld entwickelt werden muss, und der angewendet werden kann, wenn ein Niedrigwasserereignis auftritt. Er sollte alle Prozesspartner in allen Verkehrsträgern einbeziehen.

4. Physische Infrastruktur

4.1. Auswirkungen

Direkte Auswirkungen auf die Infrastruktur treten eher bei Hochwasser als bei Niedrigwasser auf. Niedrigwasser kann jedoch durch eine höhere Verkehrsdichte und eine geringere Kieffreiheit erhebliche indirekte Auswirkungen haben, was zu einer erhöhten Belastung der Flusssohle führt und mögliche Hindernisse für die Schifffahrt verursachen kann. Vor allem in Niedrigwassersituationen könnten Konflikte um seltene Wasserressourcen zunehmen, da andere Nutzer und Nutzungen wie Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft, Industrie und Energieerzeugung einen höheren Bedarf haben könnten. Die möglichen Auswirkungen können je nach Rheinabschnitt und seinen hydromorphologischen Merkmalen unterschiedlich sein. (Siehe auch Kapitel 1.3 über Hydrologie und Klimawandel).

Fahrrinne

Für die Binnenschifffahrt ist eine stabile und widerstandsfähige Flusssohle vorzuziehen. Dies ist das Ziel der Wartungsarbeiten von Wasserstraßenverwaltungen. Natürliche Flüsse haben jedoch keine Flusssohle mit diesen statischen Eigenschaften. Unter dem Gesichtspunkt der Wiederherstellung und Erhaltung der Natur wäre ein dynamischer Flussboden günstiger. Die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60 / EG) sorgte für eine bessere Kommunikation und ein besseres Verständnis zwischen den verschiedenen Nutzern der Flüsse. Im nächsten Schritt müssen gemeinsame Ziele festgelegt werden, die Planung der Maßnahmen sollte einem integrierten Ansatz folgen und zwischen den verschiedenen Nutzungsarten und Nutzer koordiniert werden. Darüber hinaus müssen die Auswirkungen des Klimawandels bei der Ermittlung möglicher Maßnahmen zur Stabilisierung der Fahrrinnenverhältnisse, die gleichzeitig die dynamischen Prozesse beim Sedimenttransport erhalten, berücksichtigt werden.

¹ https://uic.org/IMG/pdf/railway_undertaking_s_handbook_for_international_contingency_management_1.0.pdf

² https://www.corridor-rhine-alpine.eu/files/downloads/european_context/InternationalContingencyManagementHandbook_RFCs.pdf

Schleusen

Es kann auch andere Auswirkungen des Niedrigwassers geben, beispielsweise beim Betrieb von Schleusen. Am Oberrhein steht jedoch das ganze Jahr über einen ausreichenden Abfluss zur Verfügung, um die Durchfahrt und den Betrieb der Schleusen zu gewährleisten.

Obwohl die Auswirkungen des Niedrigwassers auf die Infrastruktur der Binnenwasserstraßen sehr begrenzt sind, ist diese Infrastruktur ein wesentlicher Bestandteil der Lösungen zur Bewältigung von Niedrigwassereffekten.

Interaktion mit anderen Nutzern und Verwendungszwecken

Eine Studie von KHR/Deltares zeigt, dass das Gletscher- und Schneeschmelzwasser in mittlerer und ferner Zukunft fehlen wird, was zu häufigeren Niedrigwassersituationen auf dem Rhein zwischen Basel und der Nordsee führen wird. Die wachsende Wassernachfrage von Natur, Gesellschaft und Wirtschaft wird das Niedrigwasserrisiko erhöhen. Sektorübergreifende Zusammenhänge und Kompromisse bei der Wassernutzung und -zuteilung unter den Bedingungen des Klimawandels müssen ermittelt und in die Flussgebietsplanung einbezogen werden. Die KHR hat die ZKR gebeten, ihre Forschungsfragen zu den künftigen Abflüssen im Rhein, aber auch zu den sozioökonomischen Szenarios zu formulieren, damit die Wissenschaft die notwendigen Modelle und Ergebnisse für eine fundierte Entscheidungsfindung liefern kann.

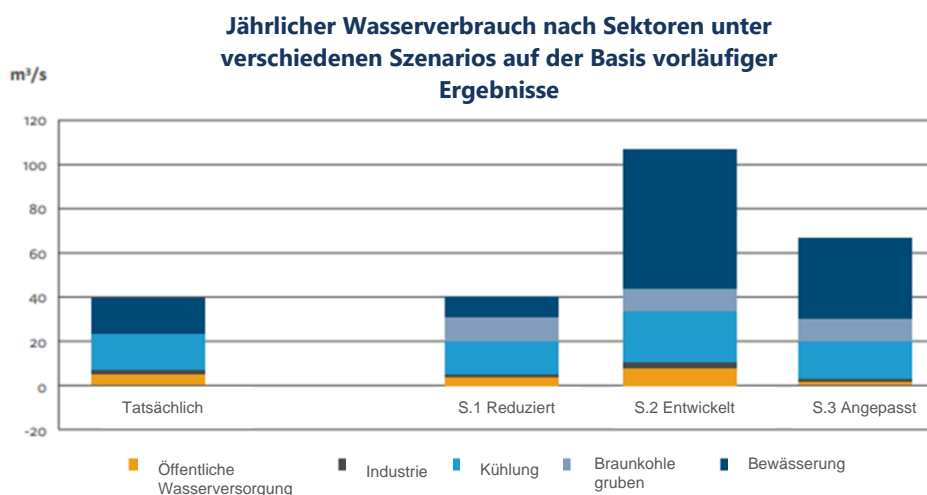


Abbildung 29: Jährlicher Wasserverbrauch nach Sektoren unter verschiedenen Szenarios

Ein erster integrierter Überblick über sozioökonomische Szenarios für den Abfluss des Rheins (KHR 2019) zeigt die Auswirkungen von Veränderungen bei der Wasserverfügbarkeit und -nutzung. Der Wasserverbrauch der öffentlichen Wasserversorgung und der Industrie ist gering und bleibt unbedeutend. Informationen über den Wasserverbrauch für Bewässerung und Kühlung - jetzt und in Zukunft - sind sehr spärlich, unklar und unsicher. Künftig wird eine erhebliche Menge Wasser für die Befüllung von Braunkohletagebaugruben benötigt werden. In zukünftigen Szenarios könnte der Wasserverbrauch im Rheineinzugsgebiet von 50-75 m³/s auf 200-250 m³/s im Sommer ansteigen. Daher müssen auch diese Sektoren Maßnahmen zur Verringerung oder Anpassung ihres Wasserbedarfs ergreifen.

4.2. Lösungen

Im Hinblick auf den Ausbau der Infrastruktur wurde die Einführung eines gesellschaftlichen Dialogs als wichtiges Element zur Schaffung gleicher Wettbewerbsbedingungen für alle Nutzer und Nutzungen vorgeschlagen. Deutschland hat dies bereits getan, um den fachlichen Dialog mit allen relevanten Akteuren entlang des Rheins zu intensivieren. Dies kann den Meinungs- und Gedankenaustausch über die Auswirkungen extremer Niedrigwasserereignisse auf die verschiedenen Akteure und den daraus resultierenden Handlungsbedarf unterstützen. Er kann auch die Sensibilisierung der Öffentlichkeit und die Akzeptanz notwendiger zukünftiger Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel entlang des Rheins unterstützen.



Abbildung 30: Aktionsplan Niedrigwasser Rhein (Quelle: BMDV)¹

In den Niederlanden wird die Entwicklung der Flüsse im Rahmen des "Integrierten Flussmanagementprogramms" behandelt. Dieses umfasst alle Aktivitäten an den Flüssen, wie Hochwasserschutz, Wasserwirtschaft, Trinkwasserversorgung, Naturentwicklung, Landwirtschaft und Binnenschifffahrt. Das Programm zielt darauf ab, alle Funktionen in Bezug auf die prognostizierten Entwicklungen mit Niedrig- und Hochwasserzeiträumen und dem erwarteten Anstieg des Meeresspiegels auszugleichen. Das Programm wird vom Ministerium für Infrastruktur und Wasserwirtschaft verwaltet und bezieht andere Ministerien, Provinzen und lokale Wasserwirtschaftsämter mit ein. Es besteht bereits eine Vereinbarung über die Anpassung des Flussbettes, um bessere Schifffahrtsbedingungen bei Niedrigwasser zu gewährleisten.

Die Aufgabe der klimaangepassten Wasserstraßen ist dringend und komplex. Ein internationaler Ansatz und Wissensaustausch sind für mögliche zukünftige und integrierte Lösungen wünschenswert. Laufende Programme sowohl in Deutschland (Aktionsplan Niedrigwasser Rhein) als auch in den Niederlanden (Klimasichere Netze/Hauptwasserstraßennetz und integriertes Flussmanagement) können sich gegenseitig helfen und verstärken, um die Folgen des Klimawandels darzulegen und Handlungsperspektiven zu entwickeln, wie klimaangepasste Wasserstraßen für die verschiedenen Abschnitte des Rheins geschaffen werden können.

¹ [Aktionsplan "Niedrigwasser Rhein"](#)

Unterhaltung von Wasserstraßen

Gut geplante und durchgeführte Unterhaltungsarbeiten sind der Schlüssel zur Gewährleistung einer schiffbaren Fahrrinne bei Niedrigwasserereignissen. Am Rhein fallen diese Unterhaltungsarbeiten in die Zuständigkeit der Wasserstraßenverwaltungen oder der Betreiber, die hohe Qualitätsstandards einhalten. Diese Standards müssen auch in Zukunft beibehalten werden, sie sind aber möglicherweise an die Verfügbarkeit einer Fahrrinne bei Niedrigwasser und an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. Zu den Unterhaltungsmaßnahmen gehören u.a. die Ermittlung des Ist-Zustandes durch Vermessung sowie Baggerungen, die Anpassung bestehender Buhnen und Parallelwerke, die künstliche Sedimentzugabe und die Umsetzung moderner Konzepte, wie z.B. die Arbeit mit der Natur und flexible Buhnen, wo dies möglich ist

Optimierungen der Wasserstraße

Im sogenannten „Bundesverkehrswegeplan 2030“, dem zentralen Planungsinstrument für das deutsche Verkehrssystem, das alle Verkehrsträger abdeckt, sind Maßnahmen zur Optimierung des Tiefgangs im beladenen Zustand auf dem deutschen Rheinabschnitt aufgeführt. Das Projekt „Abladeoptimierung der Fahrrinnen am Mittelrhein“ führt zu einer Erhöhung der Fahrrinntiefe von 1,90 m auf 2,10 m und die Abladeverbesserung am Niederrhein [wörtlich: „Abladeverbesserung und Sohlenstabilisierung am Rhein zwischen Duisburg und Stürzelberg“] zu einer Erhöhung der Fahrrinntiefe von 2,50 m auf 2,70 m/ 2,80 m. Auch wenn der Nutzen der Abladeoptimierungen für den Transport im Bereich normaler niedriger bis mittlerer Wasserstände am größten ist, können sie doch dazu beitragen, die Ausfallzeiten bei extremen Niedrigwasserereignissen zu reduzieren. Diese Maßnahmen sollten so schnell wie möglich umgesetzt werden.

Im Jahr 2022 hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr eine Beschleunigungskommission für das Projekt am Mittelrhein eingesetzt. Die Kommission soll Beschleunigungspotenziale im Sinne einer schnelleren Umsetzung der Maßnahme identifizieren. Ebenfalls im Jahr 2022 führte die Bundesanstalt für Wasserbau¹ Studien zu wasserbaulichen Optionen durch, die dazu dienen, zunächst das Potenzial verschiedener Lösungen zur Optimierung der Schifffbarkeit des Mittelrheins bei Niedrigwasser zu ermitteln.

In Bezug auf den **Umweltschutz** wurden allgemeine Bedenken geäußert. In allen Projekten müssen die Mehrfachnutzung und die unterschiedlichen Nutzer des Rheins berücksichtigt werden. Der Rhein ist nicht nur eine Binnenwasserstraße, sondern auch eine Trinkwasserressource, ein Lebensraum für Tiere und Pflanzen und eine wichtige Ressource für Erholungssuchende. Daher müssen alle möglichen Infrastrukturmaßnahmen demokratisch diskutiert und abgewogen, und mögliche negative Auswirkungen dieser Maßnahmen kompensiert werden. Dies kann zu längeren Genehmigungsverfahren führen. Es wurde festgestellt, dass die Kommunikation und die Zusammenarbeit der verschiedenen Nutzer zugenommen haben, und die Bestimmung gemeinsamer Ziele noch nicht abgeschlossen ist. Im Rahmen des sogenannten „Aktionsplan Niedrigwasser Rhein“, den das deutsche Verkehrsministerium BMDV gemeinsam mit der Industrie und den Verbänden entwickelt hat, wird über eine Allianz der Nutzer und Anrainer des Rheins diskutiert. Win-Win-Lösungen scheinen daher möglich zu sein, wenn von Beginn der Projektplanung an ein integrierter Ansatz implementiert, die Nutzung priorisiert und die natürlichen Ressourcen geschützt werden. Ein weiterer Ausgleich zwischen den Anforderungen der TEN-V-Verordnung und den Anforderungen der WRRL wird für die weitere Entwicklung der Wasserstraßen und die Sanierung von Flüssen von wesentlicher Bedeutung sein.²

¹ <https://hdl.handle.net/20.500.11970/112743>

² Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über die Leitlinien der Union für den Ausbau des transeuropäischen Verkehrsnetzes in Überarbeitung: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R1315>

Gleichzeitig wurden die extrem langwierigen **Genehmigungsverfahren** von den Akteuren der Binnenschifffahrt kritisiert, die eine deutliche Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse forderten. Diese langwierigen Verfahren wurden als erhebliches Risiko für die Entwicklung der Wasserstraßeninfrastruktur und damit als Risiko für die Ansiedlung der Industrie entlang des Rheins gesehen.

Wasserwirtschaft

Es wurde auch festgestellt, dass das Gewässermanagement am Rhein verbessert werden muss. Der Schwerpunkt sollte darauf gelegt werden, das Wasser im System zu halten, insbesondere in Hoch- oder Niedrigwasserphasen, indem es gespeichert oder der Nutzungszyklus des Wassers verlängert wird.

Es wurde auch vorgeschlagen, mehr Wasser in vorgelagerten Seen wie dem Bodensee oder Seen in den Schweizer Alpen zu halten. Gemeinsam mit anderen betroffenen Interessengruppen und Organisationen müssen mögliche Lösungen zur Sicherstellung einer ausreichenden Einleitung in Dürreperioden durch Planung neuer und Erweiterung bestehender Wasserreservoirs als mittel- bis langfristige Lösungen weiter untersucht werden.

Der Bau neuer Wasserreservoirs / Staudämme ist ebenfalls höchst umstritten und wird von Ökologen und der IKSR wegen der negativen Auswirkungen auf Landschaft und Ökologie kritisiert (z. B. Fischwanderung, Unterbrechung des Sedimenttransports) und muss ebenfalls vor dem Hintergrund der Wasserrahmenrichtlinie und dem Grundsatz des Verschlechterungsverbots diskutiert werden.

Wasserspeicher sind wichtige Faktoren für die zeitliche Umverteilung des Abflusses. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde hat eine Studie¹ durchgeführt, um das Potenzial von Wasserspeichern im Rheineinzugsgebiet zur Unterstützung von Niedrigwasserständen zu ermitteln. Das Potenzial dieser Lösungen hängt stark von den Bedürfnissen anderer Nutzer und Nutzungen ab.

Die oben genannten Optionen zur Wasserbewirtschaftung berücksichtigen derzeit keine Veränderungen bei der Wasserverfügbarkeit und -nutzung. Wie bereits erwähnt, untersucht die KHR sozioökonomische Szenarios, bei denen ein erster Trend zeigt, dass der Wasserverbrauch im Rheineinzugsgebiet von 50-75 m³/s auf 200-250 m³/s im Sommer steigen könnte. Daher müssen auch andere Nutzer und Nutzungen Maßnahmen zur Verringerung oder Anpassung ihres Wasserbedarfs ergreifen.

5. Digitale Instrumente und Informationsdienste

Digitale Lösungen bieten, nicht nur während Niedrigwasserereignissen, eine einzigartige Möglichkeit zur Unterstützung der Binnenschifffahrt mit Echtzeitinformationen zur verfügbaren Fahrrinntiefe, zu kurzfristigen und langfristigen Wasserstandsvorhersagen, zur Verkehrsintensität und zur voraussichtlichen Ankunftszeit (ETA). Die Weiterentwicklung dieser Lösungen liegt zum Teil bei der Binnenschifffahrt und zum Teil bei den zuständigen Wasserstraßenverwaltungen. **Niedrigwasserereignisse können jedoch den Einsatz solcher digitalen Instrumente fördern**

¹ <https://doi.bafg.de/BfG/2022/BfG-2100.pdf>

Verfügbarkeit von Informationen über die Abmessungen der Fahrrinne und das Konzept eines Niedrigwasserkorridors

Informationen zur verfügbaren Fahrrinntentiefe werden im Allgemeinen von den zuständigen Wasserstraßenverwaltungen bereit gestellt. Diese Informationen sind jedoch zum Zeitpunkt der Veröffentlichung häufig nicht auf dem neuesten Stand, da die Nachbearbeitung der Vermessung Zeit erfordert. Daher wird der veröffentlichten Messung ein erheblicher Sicherheitsspielraum hinzugefügt, um die Verzögerung zu kompensieren. Um die tatsächlich verfügbare Fahrrinntentiefe besser nutzen zu können, wurde mit dem CoVadem-Projekt ein System entwickelt, mit dem Tiefendaten, die in Echtzeit an Bord von Binnenschiffen gemessen wurden, an andere Schiffe weitergeleitet werden. Durch die Verwendung dieses Systems hat der Schiffsführer einen besseren Überblick über die tatsächliche Situation und kann so die Schiffsbeladung optimieren, siehe www.covadem.org. In einem nächsten Schritt könnten die Wasserstraßenverwaltungen ihre gemessenen Daten als Referenz für die Daten integrieren, um die Benutzerfreundlichkeit des Systems weiter zu verbessern.



Abbildung 31: COVADEM-Datenerfassung (Quelle: RWS)

Eine andere, noch weiter zu entwickelnde Möglichkeit, ist die Eigenschaft von Schiffen, untereinander in Echtzeit und dynamisch Messdaten auszutauschen. So könnte ein vorausfahrendes Schiff die nachfolgenden informieren. Um dies zu ermöglichen, muss entlang der gesamten Länge des Rheins eine umfassende Netzabdeckung erreicht werden. Derzeit gibt es noch Abschnitte ohne Internetverbindung.

Neben privaten Initiativen bietet auch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes über den Elektronischen Wasserstraßen-Informationsdienst (www.elwis.de) einen Tiefenatlas als Zwischenlösung an¹. Seit Herbst 2022 wird der Erstellungsprozess für die Tiefenlinienpläne der Elektronischen Binnenschifffahrtskarten auf drei Pilotstrecken getestet. Danach wird er schrittweise der Rheinschifffahrt zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wird derzeit die Möglichkeit geprüft, einen Niedrigwasserkorridor innerhalb der bestehenden Fahrrinne einzurichten. Für die Zukunft wird die (teil-)autonome Vermessung untersucht, um die Mess- und Auswerteprozesse durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz und unbemannten Oberflächenfahrzeugen (USVs) zu optimieren (Umsetzung in Vorbereitung, Zeithorizont 7 Jahre).

¹ <https://www.elwis.de/DE/Service/Tiefenatlas-Rhein/Tiefenatlas-Rhein-node.html>

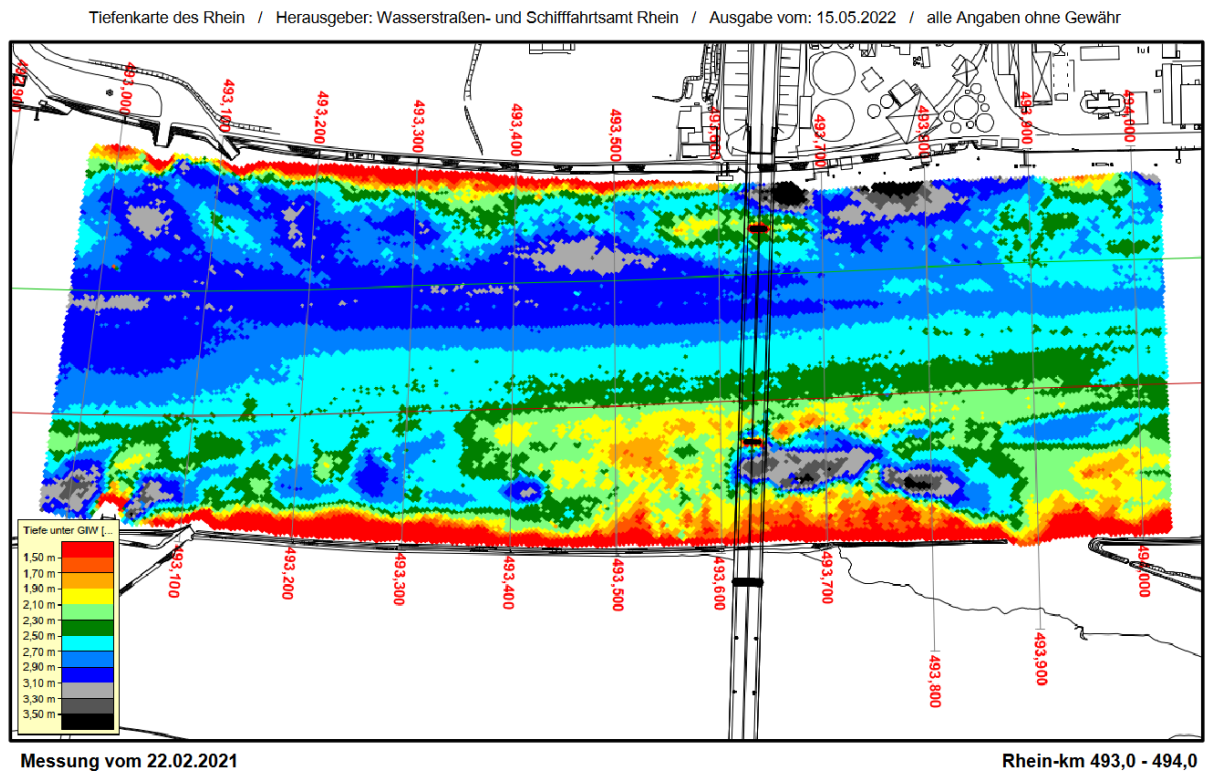


Abbildung 32: Tiefenatlas für den Rhein (Quelle: Elwis.de)

Wasserstandsvorhersagen

Seit dem Workshop im Jahr 2018 wurden durch die deutsche Verwaltung (BfG, WSV) neue Informationsdienste für Wasserstandsvorhersagen zur Verfügung gestellt. BASF und thyssenkrupp hoben in ihren Präsentationen die Vorteile dieser neuen Dienste für die Vorbereitung und Planung ihrer Transporte und Produktion hervor. Anders als im Jahr 2018 ist es nun möglich, die anhaltende Niedrigwassersituation auf einer gleitenden 6-Wochen-Basis abzuschätzen. Für sieben relevante Rheinpegel stehen Wasserstandsvorhersagen und Prognosen für einen Zeitraum von bis zu vier Tagen zur Verfügung.

KAUB

Wasserstände der vergangenen 7 Tage und Wasserstandsvorhersage am 04.02.2020 13:45 Uhr

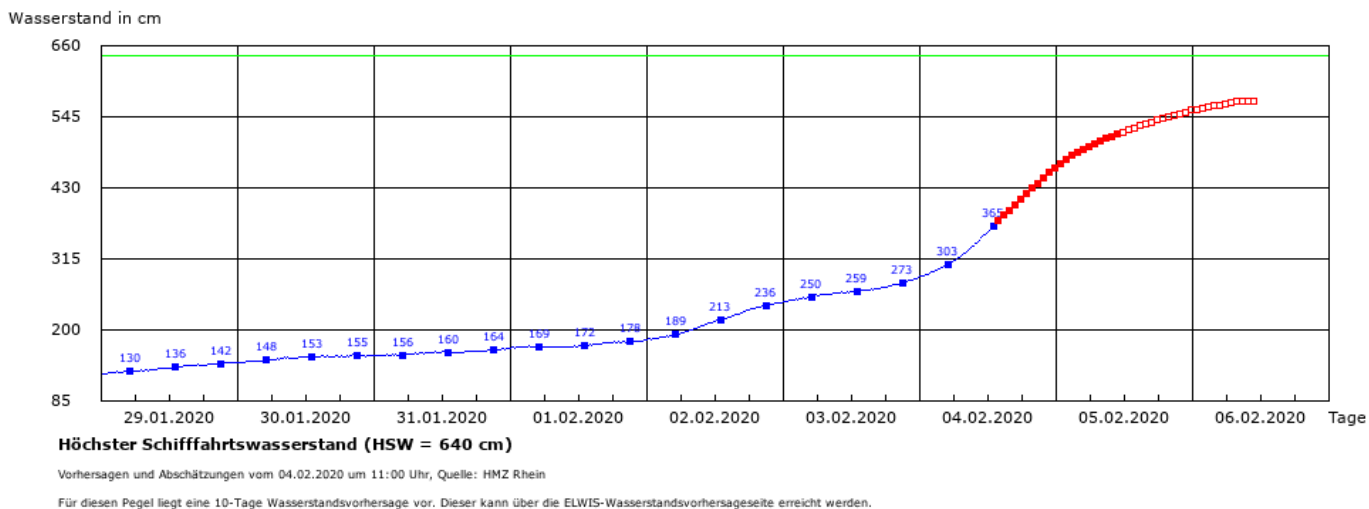


Abbildung 33: 4-Tage-Wasserstand und Vorhersage (Quelle: Elwis.de)

Eine probabilistische 14-Tage-Vorhersage für ausgewählte Pegel am Rhein ist ein neuer Service mit stündlicher bis täglicher Auflösung. Diese verbesserte Vorhersage wurde von der BfG im Rahmen von Forschungsprojekten (z.B. dem Projekt IMPREX¹) entwickelt und ist über das ELWIS (www.elwis.de) der WSV zugänglich. Das Vorhersagesystem ist seit Juli 2022 in Betrieb (es ersetzt ein 10-Tage-Vorhersagesystem, das seit 2019 in Betrieb war) und wird täglich aktualisiert.

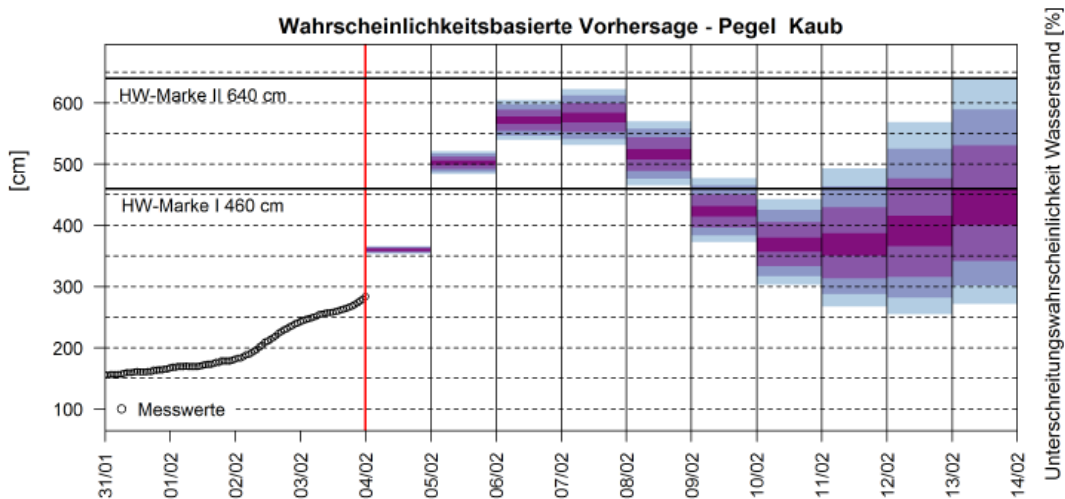


Abbildung 34: Verbesserte Wasserstandsvorhersage (14-Tage-Vorhersage, Quelle: Elwis.de)

Das Ziel der 14-Tage-Vorhersage ist es, die Schiffsführer und die Verloader bei der Planung und Optimierung ihrer Lade- und Transportvorgänge zu unterstützen und kritische Situationen auf der Reise zu vermeiden, wie z.B. einen unangemessenen Tiefgang der Schiffe im Verhältnis in Bezug auf die verfügbare Fahrrinntiefe. Dies geschieht normalerweise, wenn die Abflussverhältnisse beim Laden falsch eingeschätzt werden und keine geeigneten Informationen zum Wasserstand für die gesamte Länge der Fahrt verfügbar sind. Die neue Prognose soll dazu beitragen, dies zu verhindern.

¹ <https://www.imprex.eu/central-european-rivers>

Weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte der BfG führten zu einem probabilistischen 6-Wochen-Vorhersagesystem für Abfluss und Wasserstände, das seit Juli 2022 für die Wasserstraßen Rhein und Elbe in Betrieb ist. Es bietet eine wöchentliche Auflösung und zweiwöchentliche Aktualisierungen für drei Rheinpegel und ist auch über ELWIS verfügbar. Ziel der 6-Wochen-Vorhersage ist die Planung der Logistik, z. B. der Bestände und Kapazitäten.

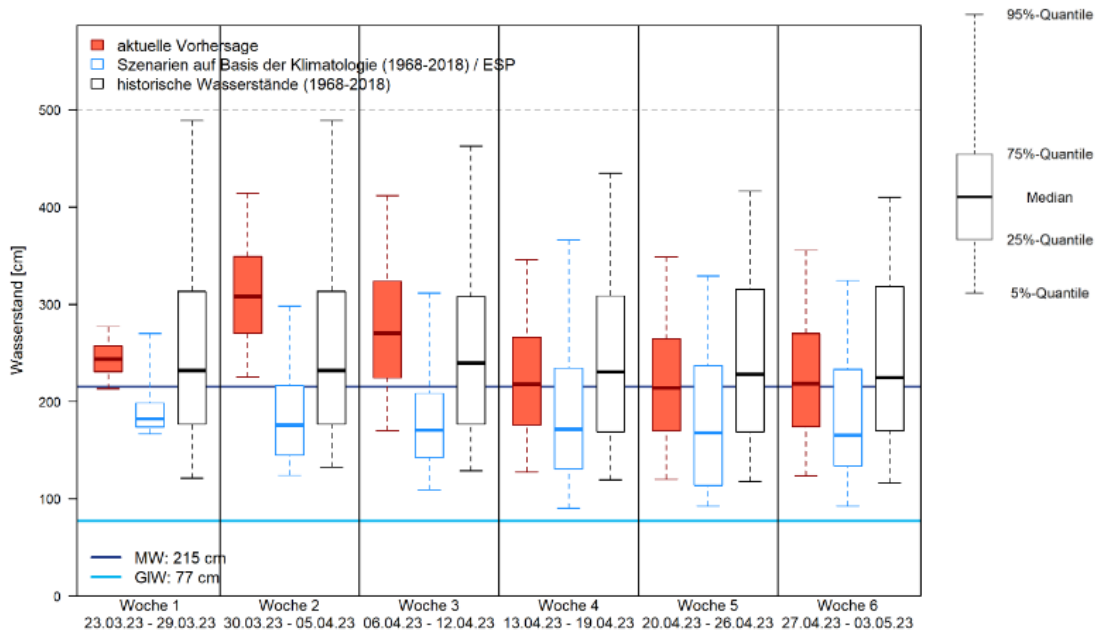


Abbildung 35: Probabilistische 6-Wochen-Prognose (Quelle: Elwis.de)

Wie bereits erwähnt (Abschnitt 1.2), stellt der DAS-Basisdienst "Klima und Wasser" Projektionen von Abflusswerten, Wasserständen und Wassertemperaturen auf der Grundlage aktueller Klimamodell-Ensembles (z.B. CORDEX, RCP8.5 und anderen Szenarios) für Rhein, Donau, Elbe, Weser, Ems und Küstengewässer in täglicher Auflösung bis zum Jahr 2100 bereit. Der Dienst ist seit Dezember 2020 in Betrieb und entwickelt Informationsprodukte und Szenarios nach IPCC-Zyklen und der "Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel".

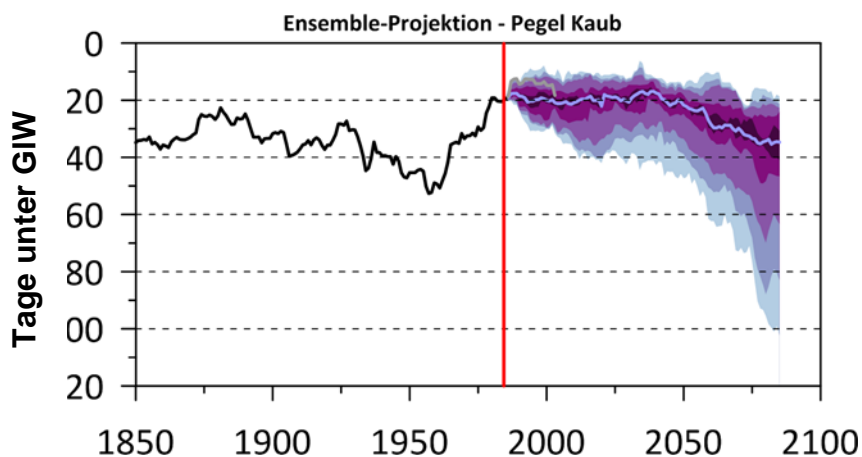


Abbildung 36: Probabilistische 100-Jahres-Projektion (Quelle: BfG)

Binnenwasserstraßen- und schifffahrtsbezogene Informationen des oben genannten Dienstes sind über das Klimaportal zugänglich <https://ws-klimaportal.bafg.de>. Weitere Informationen können über <https://www.das-basisdienst.de/> abgerufen werden. Ziel ist es, strategische Planungen, wie z.B. Verkehrskonzepte und Infrastruktur, zu unterstützen. Es ist auch eine wichtige Säule für den neuen Arbeitsablauf der WSV, um die aktuellen gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich der Berücksichtigung des Klimawandels zu erfüllen, die im April 2021 eingeführt wurden.

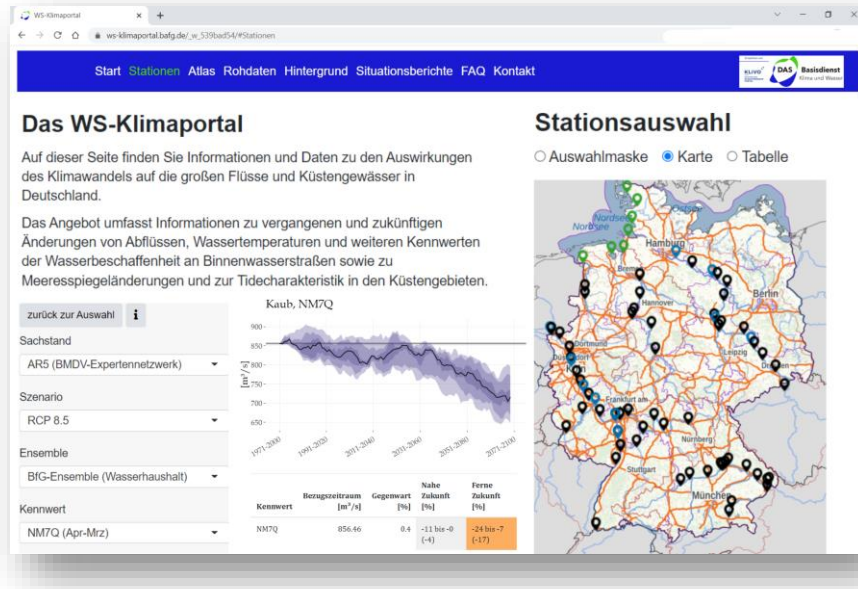


Abbildung 37: Klimaportal (Quelle: BfG)

Das hydrologische Modellsystem wird kontinuierlich gepflegt und verbessert. So werden beispielsweise wasserwirtschaftliche Maßnahmen sowie der Wasserbedarf verschiedener Sektoren implementiert, was eine Verknüpfung mit Klima- und sozioökonomischen Szenarien ermöglicht.

Korridor-Management

Das Korridormanagement kann Instrumente für eine bessere Steuerung der Verkehrsströme in einem Korridor liefern. Dadurch kann zu weniger Staus, geringerem Kraftstoffverbrauch, höherer Frachtauslastung, besserer Koordinierung zwischen Verladern, Terminals und Schiffsbetreibern sowie zu einer höheren Gesamteffizienz der gesamten Transportkette kommen.

Das Konzept des Korridormanagements zielt darauf ab, bestehende RIS auf einer Route oder in einem Netzwerk zu verbessern und zu verknüpfen, um RIS nicht nur lokal, sondern auch auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene bereitzustellen. Daher wird das Korridormanagement die Routenplanung, Reiseplanung sowie das Transport- und Verkehrsmanagement unterstützen. In diesem Zusammenhang wird „Korridormanagement“ als Informationsdienst definiert, der von den Wasserstraßenverwaltungen und mit Wasserstraßennutzern und verwandten Logistikpartnern gemeinsam genutzt wird, um die Nutzung der Binnenschifffahrtskorridore innerhalb europäischen Wasserstraßennetzes zu optimieren.

Gegenwärtige Einschränkungen für die Implementierung der oben genannten Ansätze sind:

- Verfügbarkeit von Echtzeitdaten
- Vorlaufzeit der Vorhersagen
- Verschiedene Dienstleister
- Integration aller Informationen

Die von den Verwaltungen oder Betreibern gesammelten Informationen könnten nach dem Beispiel von RIS COMEX¹ in einen Korridoransatz integriert werden. 15 Partner aus 13 europäischen Ländern schlossen sich in diesem Projekt zusammen, dem bisher größten RIS-Implementierungsprojekt in Europa. Das Projekt wurde im Juni 2022 erfolgreich abgeschlossen und resultierte in der EuRIS² Web-Plattform, einer zentralen europäischen mehrsprachigen RIS-Plattform. RIS wie EuRIS können Schiffsführern helfen, bei erhöhter Nachfrage aufgrund von Niedrigwasser verfügbare Liegeplätze zu identifizieren.

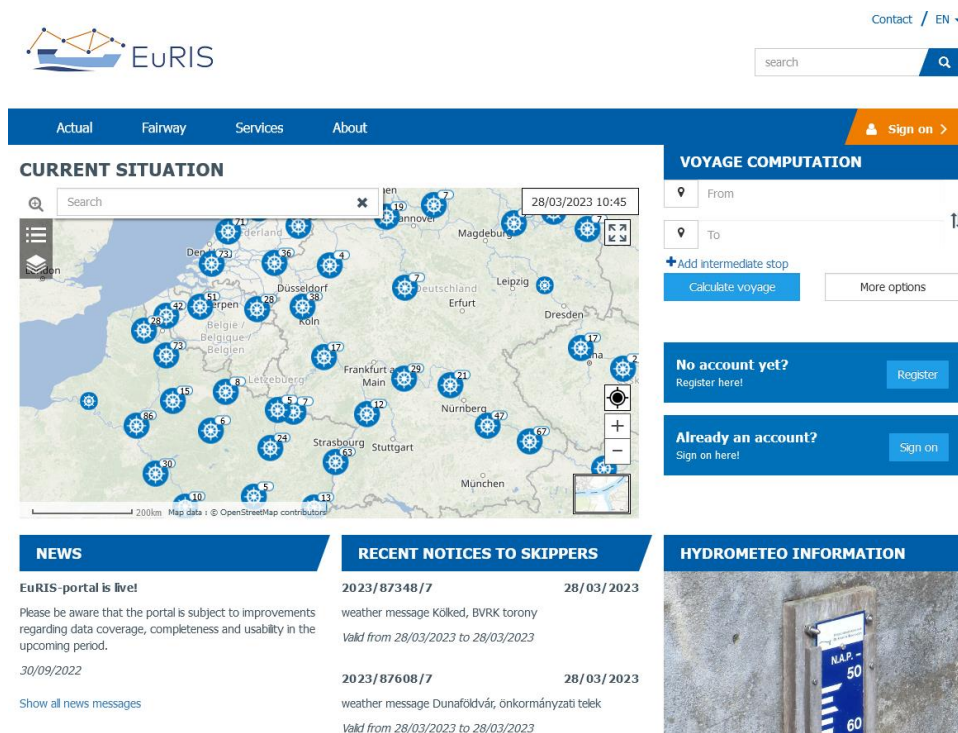


Abbildung 38: EuRIS-Korridormanagement (Quelle: eurisportal.eu)

In Anlehnung an den Korridoransatz wurde im Rahmen des NOVIMOVE-Projekts unter anderem das Smart River Navigation System (SRNS) entwickelt, das aus zwei Konzepten besteht: einem so genannten Smart Navigation System (SNS) zur Optimierung des Schiffsbetriebs (Verringerung des Treibstoffverbrauchs und Steigerung der Ladung) und einem Dynamic Scheduling System zur Verbesserung des Korridormanagements durch optimierte Planung an Schleusen und Brücken, um die Wartezeiten zu verkürzen und zuverlässige Reisepläne zu erhalten. Das System nutzt bereits entwickelte Dienste, wie z. B. Informationen zur Fahrrinntiefe mit der „Covadem Box“ und den Covadem Cloud-Diensten.

Mittel- bis langfristig scheint auch eine weitere Optimierung des Lieferkettenmanagements (z. B. durch dynamische Sendungsverfolgung) eine Lösung zu sein.

¹ <https://www.riscomex.eu/>

² <https://www.eurisportal.eu/>

6. Schlussfolgerungen und nächste Schritte

In beiden Workshops wurde klar festgestellt, dass dringende und sofortige Folgemaßnahmen erforderlich sind. Die Binnenschifffahrt muss sich auf längere Trockenperioden und zahlreichere Extremereignisse einstellen. Die Binnenschifffahrt muss daher widerstandsfähiger gegen Niedrigwasserereignisse werden, um ihre Zuverlässigkeit und langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten. Um die Widerstandsfähigkeit der Binnenschifffahrt gegenüber Niedrigwasserereignissen zu verbessern, muss ein breites Spektrum von Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die von verschiedenen Akteuren durchgeführt werden und nicht nur die Binnenschifffahrt betreffen. Es ist jedoch auch klar, dass den Maßnahmen, die vom Privatsektor durchgeführt werden können, Grenzen gesetzt sind. Der Privatsektor wird nicht in der Lage sein, diese Entwicklungen allein zu bewältigen. Die Politik muss eine wesentliche Rolle hierbei spielen.

Die erforderlichen Maßnahmen sind bereits bekannt und verfügbar. Das Niedrigwasser, das die Binnenschifffahrt in den Jahren 2018 und 2022 beeinträchtigt hat, zeigt jedoch, dass dringender Handlungsbedarf besteht. Um einen ersten Schritt zur Umsetzung der verfügbaren Maßnahmen zu machen, bestand unter den wichtigsten Akteuren der Binnenschifffahrt ein klarer Konsens darüber, dass angemessene Finanz- und Planungsressourcen zur Verfügung gestellt werden sollten.

Die Workshops gaben daher Aufschluss über die Art der Maßnahmen und Aktionen, die ergriffen werden sollten, um die Widerstandsfähigkeit der Binnenschifffahrt bei Niedrigwasser zu verbessern. Die Umsetzung kurz-, mittel- und langfristiger Maßnahmen ist in den Bereichen Infrastruktur, Flotte, Verloader, Logistik und Industrie erforderlich.

Die ZKR plant auch künftige Aktivitäten wie Workshops und Runde Tische, um die Identifizierung und Umsetzung von Projekten und Maßnahmen weiter zu unterstützen und Forschungsaktivitäten anzuregen.

Übergreifende und politische Maßnahmen

Viele Teilnehmer des Workshops forderten **koordinierte Maßnahmen der EU**. Obwohl Niedrigwasser im Allgemeinen ein regionales Problem darstellt, wirkt es sich auf die Binnenschifffahrt in ganz Europa aus. Daher könnten einige Überlegungen zur Bewältigung solcher Ereignisse in der Zukunft auch auf EU-Ebene, möglicherweise auf der **Ebene der anderen Flusskommissionen**, der Expertengruppe für die Umsetzung von Naiades oder Korridoren, erörtert werden.

Weitere Koordinierung und **Harmonisierung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) mit denen der TEN-V-Verordnung** ist erforderlich. Eine erste Initiative zum Start des Koordinierungsprozesses wurde bereits von der PIANC-Task Group zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie initiiert. Dieser Prozess muss weiterentwickelt und vertieft werden, und die Interessengruppen müssen in die Harmonisierung einbezogen werden.

Die Intensivierung des Dialogs zwischen Industrie, Logistik, Politik und Umweltverbänden wurde im Workshop als notwendige Maßnahme identifiziert. Um einen solchen Dialog zu fördern und sicherzustellen, dass das Thema entsprechend verfolgt wird, könnte eine konkrete Maßnahme für die ZKR darin bestehen, regelmäßige „Niedrigwassergespräche“ mit relevanten Akteuren (beispielsweise alle zwei Jahre) zu organisieren. **Dies wurde 2023 zusammen mit der Notwendigkeit einer starken grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen den Rheinanliegerstaaten bestätigt**

Auf nationaler Ebene werden bereits Aktionspläne wie der Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ entwickelt. Im Juli 2019 legte das Bundesverkehrsministerium den Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ vor, um dramatische Folgen für die Wirtschaft und die Rheinschifffahrt durch Dürre zu vermeiden. Die extreme Niedrigwasserperiode hatte schwerwiegende Folgen für Unternehmen wie thyssenkrupp, deren Stahlwerk die Kohle ausging. Der Plan umfasst Maßnahmen, die alle im Workshop erörtert wurden, wie bessere Wasserstandsprognosen, bessere und aktuellere Informationen, die Schaffung neuer Speicherkapazitäten, Unterstützung für den Bau neuartiger Flachwasserschiffe und die Optimierung der Beladung im Mittel- und Niederrhein (siehe auch Kapitel 4.2. Lösungen).

Außerdem forderten und empfahlen die Teilnehmer:

- Die privaten und öffentlichen Initiativen zu unterstützen und gemeinsame Aktionen zu fördern, um eine nachhaltige Nutzung des Binnenschifffahrtssystems zu gewährleisten und ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen den zahlreichen Nutzungen des Rheins herzustellen;
- einen sozialen und multidisziplinären Dialog zu führen (siehe Beispiele des deutschen Aktionsplans für Niedrigwasser im Rhein und des niederländischen Programms für integrierte Flussbewirtschaftung).
- die Integration der Binnenschifffahrt in Systeme zum Dürremanagement.

Flotte

Was die Flotte anbelangt, so sind **umfangreiche Investitionen** erforderlich, sowohl für Neubauten, die besser für künftige Niedrigwassersituationen geeignet sind, als auch für die Anpassung der bestehenden Flotte.

Seit 2018 ist ein größeres Interesse an Forschungsprojekten zu verzeichnen, die sich mit der Schifffahrt bei Niedrigwasser beschäftigen. Insbesondere könnten **EU-Kofinanzierungsmittel** für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich sowie für die Entwicklung von Schiffen und Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden.

Die EU-Unterstützung für Projekte wie das IMPREX-Projekt sollte fortgesetzt werden. Darüber hinaus wurden nationale Förderprogramme zur Unterstützung der Umsetzung solcher Forschungskonzepte eingerichtet (z. B. in Deutschland und in Frankreich), die als bewährte Verfahren für die Entwicklung neuer Förderprogramme betrachtet werden sollten. Um die Entwicklung solcher nationalen Finanzierungsprogramme zu fördern, sollte die Binnenschifffahrt als "grüne Aktivität" im Rahmen der EU-Taxonomie anerkannt werden.

Verlader, Logistik und branchenbezogene Maßnahmen

Abgesehen von ihren Bemühungen, ihre Flotte zu optimieren, haben die Verlader viele andere Maßnahmen ergriffen, um ihre Widerstandsfähigkeit bei Niedrigwasser zu verbessern, und zwar in Form von verbesserten Kommunikationsprozessen, gesicherten Zeitcharterverträgen für niedrigwasserangepasste Binnenschiffe sowie Maßnahmen am oder in der Nähe des Produktionsstandorts des Verladers wie optimierte Umschlag- und Lagerkapazitäten. Auch die Nutzung alternativer Verkehrsträger hat zugenommen. Mittel- bis langfristig sollten die bereits durchgeführten Maßnahmen fortgesetzt und die multimodale Infrastruktur verbessert werden, um die Verlagerung auf andere Verkehrsträger im Falle von Störungen zu erleichtern. Darüber hinaus könnten die Umschlag- und Lagerkapazitäten in Häfen in der Nähe von Industriestandorten erweitert werden.

Infrastrukturmaßnahmen

Eine der wichtigsten und dringlichsten Maßnahmen ist die Optimierung der Fahrrinntiefen im deutschen Rheinabschnitt, wie sie im Bundesverkehrswegeplan 2030 festgelegt ist, etwa im Projekt "Abladeoptimierung der Fahrrinnen am Mittelrhein" zur Erhöhung der Fahrrinntiefe von 1,90 m auf 2,10 m bezogen auf den entsprechenden Wasserstand in dieser Engstelle. Deutschland hat bereits eine Beschleunigungskommission für das Projekt eingesetzt. Die Teilnehmer forderten, das Projekt so schnell wie möglich umzusetzen.

Parallel dazu müssen andere Maßnahmen eingeleitet oder fortgesetzt werden, die von größter Bedeutung sind, darunter Studien zur Wasserbewirtschaftung, zum Wasserbau und zur Anpassung der Entwicklung und Instandhaltung der Infrastruktur an den Klimawandel. Als Beispiel für verwandte Aktivitäten in Deutschland entwickelt die BAW das Konzept eines Niedrigwasserkorridors weiter, der in Zeiten extrem niedriger Abflüsse zum Einsatz kommen kann. Die BfG intensiviert die Untersuchungen zur möglichen Nutzung bestehender Wasserspeicher, um den Wasserstand des Rheins in extremen Niedrigwasserperioden zu erhöhen. Insgesamt ist es von größter Bedeutung, dauerhaft für zuverlässige Transportbedingungen auf dem Rhein zu sorgen.

Digitale und informationsbezogene Maßnahmen

Eine weitere Verbesserung der **Wasserstandsvorhersagen** und des hydrologischen Modellsystems ist möglich und notwendig, z. B. die Integration von Wasserbewirtschaftungsmaßnahmen oder des Wasserbedarfs verschiedener Sektoren in Verbindung mit Klima- und sozioökonomischen Szenarien. Solche Verbesserungen werden auch in Bezug auf **aktuelle** Informationen über die **Fahrrinntiefe** erwartet, insbesondere durch die Weiterentwicklung digitaler Lösungen und die Fähigkeit von Binnenschiffen, dynamische Echtzeittiefenmessungen untereinander auszutauschen. Dies ist ein typisches Beispiel dafür, wie Wissenschaft in eine Dienstleistung umgewandelt wird, um die Anpassung der Binnenschifffahrt an Niedrigwasser zu unterstützen. Auch das **Korridormanagement** und die **Steuerung der Lieferketten** sollten weiter entwickelt und optimiert werden.

	Was wurde seit 2018 erreicht?	Was noch erreicht werden muss	
		Mittelfristig	Langfristig
A - Infrastruktur	A1 - Einrichtung einer Kommission zur beschleunigten Umsetzung der „Abladeoptimierung am Mittel- und Niederrhein“	A1 - Umsetzung des Projekts „Abladeoptimierung am Mittel- und Niederrhein“	
		A2 - Integrierter Ansatz zur Projektplanung	
	A3 - Hochwertige Instandhaltung von Wasserstraßen und Infrastruktur		A3 - An den Klimawandel angepasste Erhaltung von Wasserstraße und Infrastruktur
	A4 - Studien zur Verbesserung der Wasserwirtschaft am Rhein		A4 - Verbesserte Wasserwirtschaft am Rhein; Studie über die Möglichkeit neuer Wasserspeicher / Erweiterung der Planung zu bestehenden Wasserspeichern
	A5 - Untersuchung der wasserbaulichen Optionen zur Gewährleistung zuverlässiger Transportbedingungen auf dem Rhein		A5 - Implementierung wasserbaulicher Optionen zur Gewährleistung zuverlässiger Transportbedingungen auf dem Rhein
B - Flotte	B1 - Forschung zur Optimierung bestehender Fahrzeuge und von Neubauten		
	B2 - Öffentliche Finanzierung		
	B3 - Prüfen, ob es möglich ist, einem Schubverband bei Niedrigwasser weitere Leichter hinzuzufügen, um die gleiche Menge zu transportieren		
	B4 - Steigerung der Anzahl der für Niedrigwasser optimierten Fahrzeuge		
C - Verlader, Logistik, Industrie	C1 - Sichere Zeitcharterverträge für Schiffe, die für niedrige Wasserstände geeignet sind		
	C2 - Optimierung der Umschlag- und Lagerkapazitäten vor Ort und in der Nähe des Standorts, Aufstockung des Bestands vor Ort	C2 - Erweiterung der Umschlag- und Lagerkapazitäten in den Häfen in der Nähe von Industriestandorten	
	C3 - Forschung zur Anpassung von Transport-/Lagerkonzepten		
	C4 - Effiziente interne Kommunikationsprozesse		
	C5 - Nutzung alternativer Verkehrsträger (z. B. langfristige Transportkapazität per Zug)	C5 - Bau / Optimierung von Terminals, um die Verkehrsverlagerung zu erleichtern	

	Was wurde seit 2018 erreicht?	Was noch erreicht werden muss	
		Mittelfristig	Langfristig
D - Digitale Werkzeuge und Informationsdienste	D1 - Verbesserung der Wasserstandsvorhersage		
	D2 - Aktuelle Informationen zur Fahrrinntiefe		
	D3 - Korridormanagement zur Optimierung von Routen- und Reiseplanung, Transport und Verkehrsmanagement		
	D4 - Optimierung des Lieferkettenmanagements		
E - Querschnitte und Politik	E1 - Dialog zwischen Industrie, Logistik, Politik und Umweltverbänden		
	E2 - Grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen den Rheinanliegerstaaten		
	E3 - Gesellschaftlicher und multidisziplinärer Dialog (in Anlehnung an das deutsche Konzept)		
	E4 - Integration der Binnenschifffahrt in die Systeme zum Dürre-Management der IKSR		
	E5 - Beitrag der ZKR zu den sozioökonomischen Szenarien der KHR		
