

Dietmar Mehl, Simon Schönrock, Tim G. Hoffmann, Janette Iwanowski, Daniel Bartsch, Rüdiger Barz, Heike Gieler, Carina Kaminski, Stephan Larisch †, Katja Schulz, Mark Sierks & Anke Tiefmann

# Gewässerverrohrung in Mecklenburg-Vorpommern: Entscheidungsunterstützung für wasserwirtschaftlich und ökologisch begründete Handlungsoptionen

**Watercourse piping in Mecklenburg-Western Pomerania: Decision support for water management and ecologically justified options for action**

Verrohrungen von 23 % (7.145 km) der Gewässerstrecken 2. Ordnung in Mecklenburg-Vorpommern sorgen für gravierende wasserwirtschaftliche und ökologische Probleme. Neben spezifischen Eigenschaften der jungglazialen Landschaft ist vor allem die historisch gewachsene, starke landwirtschaftliche Ausrichtung hierfür verantwortlich. Meliorationsmaßnahmen (insbesondere Dränung) und der künstliche Anschluss von Binnenentwässerungsgebieten wurden daher verstärkt im 20. Jahrhundert vorgenommen und erfolgten spätestens ab dem Jahr 1970 planmäßig und systematisch. Viele Rohrleitungen sind mehr als 40 Jahre alt und stellen ein finanzielles Risiko für die Gewässerunterhaltung dar, da sie zunehmend baufällig werden. Für eine objektive Bewertung der Problemlagen auf Ebene von Rohrleitungshaltungen (quasihomogene Abschnitte von Rohrleitungen) wurde ein multikritischer/-faktorieller Bewertungsansatz als Entscheidungsunterstützungssystem konzipiert und für ausgewählte Wasser- und Bodenverbände und ihre Verbandsgewässer angewandt. Der Beitrag zeigt exemplarisch für den Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke" die Ergebnisse anhand der untersuchten Rohrleitungshaltungen (RH). Vier Handlungsoptionen stehen im Fokus und werden wie folgt empfohlen: (1) Instandsetzung (313 RH sowie 158 RH als Prüffall), (2) hydraulische Kapazitätserweiterung (773 RH sowie 2.433 RH als Prüffall), (3) Öffnung (517 RH sowie 3.477 RH als Prüffall), (4) Verschluss von Rohrleitungen (109 RH sowie 522 RH als Prüffall). Gerade mit den Optionen (3) und (4) eröffnen sich Chancen für nach- und synergiehaltige Lösungsstrategien, da neben den möglichen Vorteilen im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie-Zielsetzung (EG-WRRL) vor allem auch die möglichen positiven Effekte für Naturschutz, Hochwasserschutz, Klima- und Bodenschutz, für einen nachhaltigen Landschaftswasserhaushalt sowie für eine klima- und biodiversitätsfreundliche Landwirtschaft im Blickpunkt der Methodik stehen.

**Schlagwörter:** Verrohrte Tieflandgewässer, Binnenentwässerung, jungglaziale Landschaft, Entscheidungsunterstützungssystem, EG-WRRL, künstliche oder erheblich veränderte Fließgewässer

Piping of 23 % (7,145 km) of the 2nd order watercourses in Mecklenburg-Western Pomerania causes serious water management and ecological problems. Next to specific characteristics of the young glacial landscape, the historically developed strong agricultural orientation is taking into account for this. Melioration measures (especially drainage) and the artificial connection of inland drainage areas were therefore increasingly undertaken in the 20th century and were carried out systematically and according to plan from 1970 at the latest. Many of the pipelines are more than 40 years old and represent a high financial risk for watercourse maintenance, as they become increasingly dilapidated. Therefore, a multi-critical/ factorial assessment approach was designed as a decision support system and applied to selected water and soil associations and their association waters, in order to objectively assess the problematic situations at the level of reaches (quasihomogeneous sections of pipelines). This article shows results exemplarily for the water and soil association "Warnow-Beke" on the basis of examined pipeline sections (PS). There are four courses of action in focus and are recommended as follows: (1) repair (313 PS and 158 PS as inspection case), (2) expansion of hydraulic capacity (773 PS and 2,433 PS as inspection case), (3) opening of pipelines (517 PS and 3,477 PS as inspection case), and (4) closure of pipelines (109 PS and 522 PS as inspection case). Especially option (3) and (4) provide opportunities for sustainable and synergistic solution strategies, since in addition to possible advantages regarding the WFD objectives, the methodology also focuses on possible benefits for nature conservation, flood protection, climate and soil protection, a sustainable landscape water balance, as well as climate- and biodiversity-friendly agriculture.

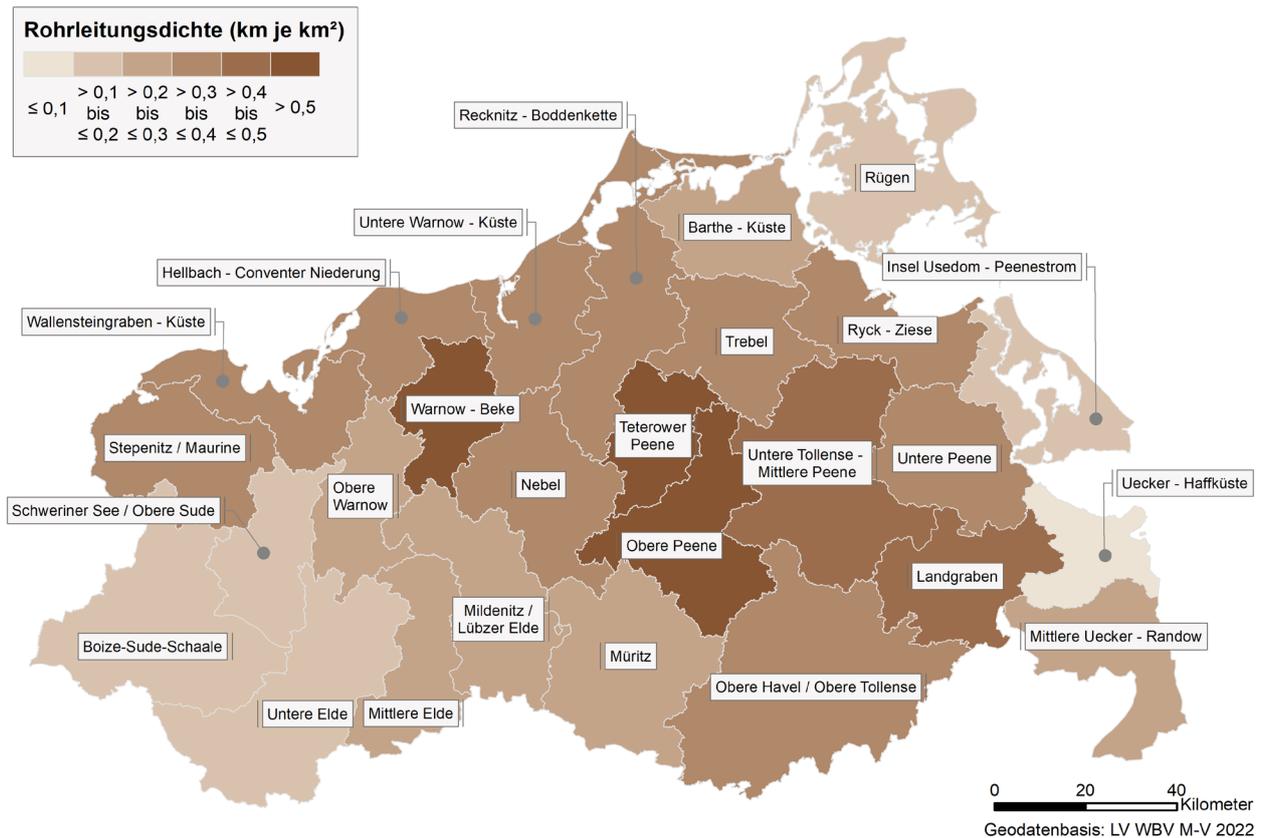
**Keywords:** Piped lowland watercourses, inland drainage, young glacial landscape, decision support system, WFD, artificial or heavily modified watercourses

## 1 Einleitung

### 1.1 Hintergrund

Verrohrungen zählen ebenso wie die häufig auch in Form kürzerer Rohrleitungen ausgeführten Durchlässe zu den "Durchleitungsbauwerken" (DIN 19661-1:1998-07). Mit einem Durchlass wird ein Fließgewässer, "in der Regel mit freiem Wasserspiegel und erheblicher Einengung des Abflussquerschnittes, unter einem Verkehrsweg oder Damm hindurchgeleitet" (DIN 4047-5: 1989-03), während bei einer Verrohrung "ein Fließgewässer unter flächenhaften Hindernissen, in der Regel mit freiem Wasserspiegel, durchgeleitet wird" (DIN 4047-5:1989-03).

Deutschlands Norden stellt einen Schwerpunktbereich der Gewässerverrohrung dar. So unterhalten z. B. die Wasser- und Bodenverbände (WBV) in Schleswig-Holstein insgesamt ca. 6.500 km Rohrleitungen (LV WBV S-H, 2017). In Mecklenburg-Vorpommern (M-V) sind auf der Basis detaillierter digitaler Daten (LV WBV M-V, 2022) insgesamt sogar 7.145 km verrohrte Gewässer 2. Ordnung gemäß § 48 LWaG M-V zu konstatieren. Das entspricht einem Anteil von 23 % bei insgesamt 31.460 km Gewässern 2. Ordnung in M-V. In drei Gebieten der für die Unterhaltung der Gewässer 2. Ordnung zuständigen Wasser- und Bodenverbände (WBV) überschreitet die mittlere Dichte verrohr-



**Abbildung 1**

Dichte der unterhaltungspflichtigen, verrohrten Gewässer in den Gebieten der Wasser- und Bodenverbände in Mecklenburg-Vorpommern, Daten- grundlage: LV WBV M-V (2022).

*Density of piped watercourses requiring maintenance in the areas of the water and soil associations in Mecklenburg-Western Pomerania, data basis: LV WBV M-V (2022).*

ter Gewässer den beachtlichen Wert von 0,5 km pro km<sup>2</sup> (Abb. 1). Bei einzelnen Wasser- und Bodenverbänden erreichen verrohrte Gewässerstrecken einen Anteil von über 30 % bis zu 35 % am Gewässerbestand (Tab. 1). Die größeren Gewässer 1. Ordnung nach § 48 LWaG M-V sind dagegen nicht verrohrt. Durch die Vielzahl verrohrter Nebengewässer in ihren Einzugsgebieten sind jedoch auch die Gewässer 1. Ordnung von Effekten der Gewässerverrohrung betroffen.

Für den hohen Umfang bzw. die bereichsweise hohe Dichte an verrohrten Gewässern spielen die Spezifika der jungglazialen Landschaft eine bedeutende Rolle. Die glazialen Landschaftsbildungsprozesse manifestierten sich in großen Teilen von M-V in mehrfachen Eisrückzugs- und Eisvorstoßphasen des Pommer-schen Stadiums der Weichselvereisung und damit verbundener Ausprägung der glazialen Serie (MARCINEK, 1975). Spät- und postglaziale Prozesse (z. B. Ostseeentwicklung, Moorbildung, Entwicklung der Gewässernetze) hatten zudem bedeutenden Einfluss auf die Landschaftsentwicklung (HURTIG, 1966; MARCINEK, 1968, 1978). Mecklenburg-Vorpommern ist daher "Tiefland", aber in weiten Teilen kein "Flachland", sondern besitzt große Anteile mit durchaus bewegtem Relief, unterschiedliche Untergrund- und Bodenverhältnisse und infolgedessen auch eine bereits naturraumbedingt große Vielgestaltigkeit der Gewässer und Gewässersysteme, ihrer Auen und der hydrologischen Verhältnisse (MEHL, 1998, 2004). Zu den bedeutendsten hydrologi-

schen Eigenarten der Jungmoränenlandschaft zählen die Gebiete ohne oberirdischen Abfluss, sogenannte "Binnenentwässerungsgebiete" (BEG). Sölle und Ackerhohlformen spielen zahlenmäßig die größte Rolle (KLAFS et al., 1973; KALETTKA, 1996), bilden aber meist kleinere BEG. Genetisch lassen sich viele BEG als Hohlformen auf aufgetautem Toteis oder erodierende Wirkungen von Gletscherwasser zurückführen, teilweise aber auch auf biogene, Untergrund auslaugende oder äolische Prozesse. SCHUMANN (1968) definierte das BEG "als das aus einer oder mehreren Hohlformen bestehende, von einer Wasserscheide allseitig begrenzte

**Tabelle 1**

Anteil verrohrter Gewässerstrecken an der Gesamtlänge der Gewässer 2. Ordnung ausgewählter Wasser- und Bodenverbände in Mecklenburg-Vorpommern, Datengrundlage: LV WBV M-V (2022).

*Proportion of piped watercourse stretches in the total length of 2nd order watercourses of selected water and soil associations in Mecklenburg-Western Pomerania, data basis: LV WBV M-V (2022).*

Wasser- und Bodenverband	Anteil verrohrter Gewässer
Warnow-Beke	34,8 %
Teterower Peene	33,4 %
Obere Peene	33,2 %
Obere Havel/Obere Tollense	30,1 %
Untere Tollense – Mittlere Peene	30,1 %

oberirdische Einzugsgebiet, in dem Niederschlag nur verdunsten und versickern kann". Im nicht vorhandenen Anschluss der BEG an die oberirdische Entwässerung liegt demzufolge die außerordentliche hydrologische Bedeutung. Insofern wären unter natürlichen Bedingungen viele BEG

- bei hydraulisch wenig bis gering infiltrationsfähigem Untergrund wasserführend bzw. feuchtgebietsgeprägt (im Regelfall Niedermoor, bei höherem atlantischen klimatischen Einfluss auch Hochmoor) oder
- würden bei guter Infiltrationsfähigkeit des Untergrundes in höherem Umfang zur Grundwasserneubildung beitragen, und
- würden in jedem Fall vor allem keinen Direktabflussbildungsbeitrag leisten (Hochwasserperspektive).

Für die Mehrheit der Binnenentwässerungsgebiete (BEG) kann von einem spätestens im 20. Jahrhundert vorgenommenen und insbesondere ab dem Jahr 1970 systematisch erfolgten, künstlichen Anschluss an das Fließgewässernetz ausgegangen werden. BIOTA (2014) hatte auf Basis des amtlichen Digitalen Geländemodells DGM 5 zur Verbreitung der natürlichen BEG folgende Ergebnisse erhalten (Abb. 2):

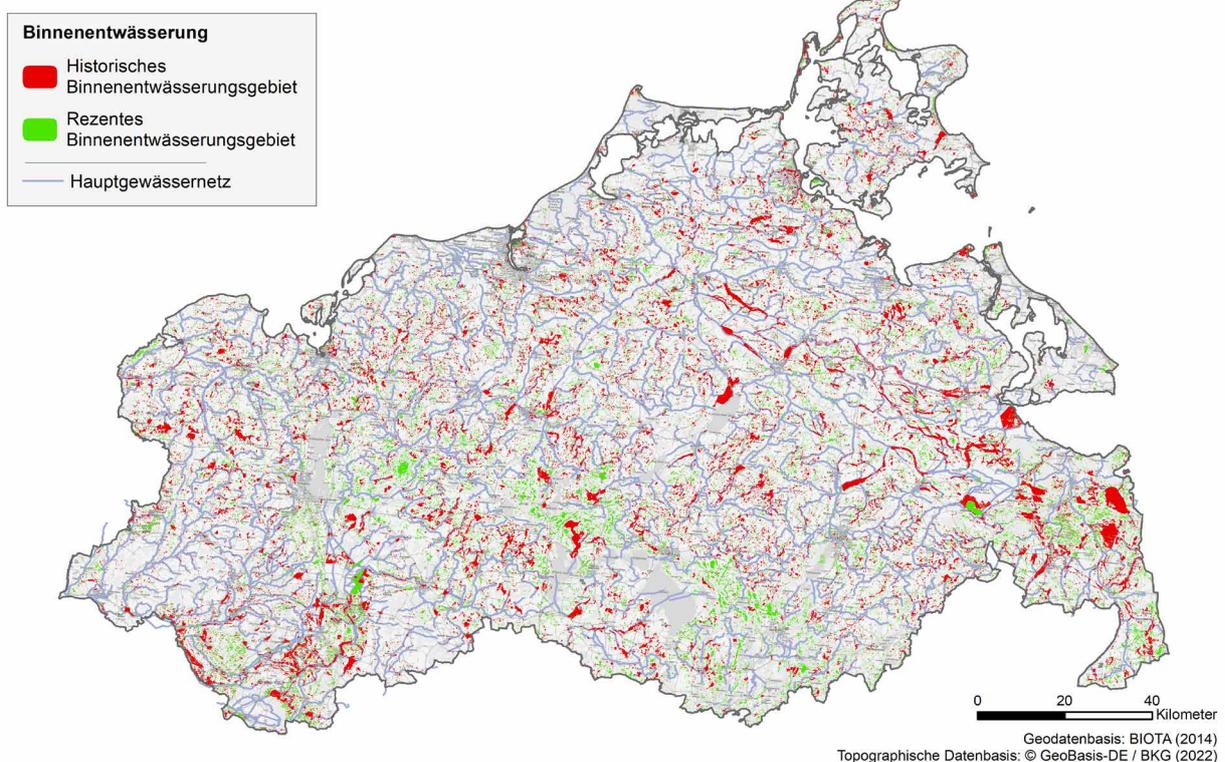
- Hohe 10,6 % (245.253 ha) der Landesfläche (ca. 23.170 km<sup>2</sup>) von M-V waren insgesamt ehemals als BEG (> 1 ha) anzusehen; hinzuzuzählen sind zudem noch unzählige Kleinst-

gebiete, vor allem kleinere Sölle, was den Flächenanteil der Binnenentwässerung weiter erhöhen würde.

- Aktuell beträgt der Flächenanteil der Binnenentwässerung (> 1 ha Arealgröße) nur noch 3,9 % (91.491 ha).
- Die nutzungsbedingt erfolgten Veränderungen in der Kulturlandschaft, überwiegend durch Melioration und Vorflutanschluss, führten nahezu gänzlich zur Aufhebung großflächiger Binnenentwässerung; nur im Bereich unter 100 ha sind nennenswerte Gebietsanteile erhalten geblieben.

Die Aufhebung der Binnenentwässerung ist auch Ursache für künstlich über die Quellbereiche hinaus verlängerte Gewässer und erklärt bereits einen Teil heute bestehender Gewässerverrohrung, da der Anschluss von BEG im Freigefälle häufig Gewässersohllagen tief unter Geländeniveau erforderte. Der andere Hintergrund der Gewässerverrohrung bildet der hohe Umfang an durchgeführten "Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, Ertragsfähigkeit und Bewirtschaftbarkeit land- und forstwirtschaftlicher Flächen ..." (Definition des Begriffs "Melioration" in TGL 24 299), insbesondere der auf Bodenwasserregulierung ausgerichteten hydromeliorativen Maßnahmen in der ehemaligen DDR. Heute sind in M-V ca. 885.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche hydromelioriert und damit künstlich entwässert, ca. 61 % der Landwirtschaftsfläche (BIOTA, 2010).

In der Fachliteratur des Meliorationswesens der DDR wurde zur Optimierung der Vorflutverhältnisse empfohlen, bei relativ gro-



## Abbildung 2

Detektierte historische und rezente Binnenentwässerungsgebiete in Mecklenburg-Vorpommern entsprechend BIOTA (2014).  
*Detected inland drainage areas in Mecklenburg-Western Pomerania according to BIOTA (2014).*

ßen Durchflüssen, kleinen Gefällen und kleinen Ausbautiefen (bis ca. 2 m unter Flur) auf offene Vorflutgräben zu setzen, während man sich bei relativ kleinen Durchflüssen, großen Gefällen und bei großen Ausbautiefen am Bau von Vorflutrohrleitungen orientierte. Im Rahmen der Projektierung für meliorationsbezogene Trassierungen von Vorflutern sollten nacheinander abwechselnde Lösungen im Sinne von Vorflutgraben oder Vorflutrohrleitung ausdrücklich geprüft werden, wobei die geringstmögliche Störung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung nicht das einzige, aber ein wesentliches Entscheidungskriterium war (WOLSKE & BEYER, 1978). Für alle Aspekte der Melioration gab es umfangreiche Fachempfehlungen (KOEPEKE, 1989) und galten rechtsverbindliche Standards bzw. Normen (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen – TGL).

Besonders bei der

- auf Geländeeinebnung ausgerichteten "Reliefmelioration",
- der auf die Schaffung größerer, einheitlich bewirtschaftbarer Schläge ausgerichteten "Flurmelioration" (VORMELCHERT & BOESLER, 1978),

- aber auch besonders bei der auf den (komplexen) Umbau der Entwässerungssysteme ausgerichteten "Komplexmelioration"

wurde auf Rohrleitungen gesetzt, stets um weitere Flächen für die Landwirtschaft zu erschließen und agrartechnologische Vorteile zu erzielen. Nach jüngster Einschätzung der WBV in M-V sind durchschnittlich rund 71 % der Rohrleitungen ab den 1970er Jahren bis ca. 1994 verlegt worden. Etwa 23 % der verrohrten Gewässerstrecken sind damit älter als 50 Jahre, aber ein geringer Anteil von 6 % ist sogar noch nach 1994 errichtet worden (LM, 2020). Das hohe Alter der Rohrleitungen führt dazu, dass hohe Prüfkosten (insbesondere Kamera-Befahrung), hohe Instandhaltungskosten und zunehmend bauliche und sekundäre Schäden auftreten, wobei das Gros der Leitungen Betonrohrleitungen sind (Abb. 3 bis 8). "In der Summe ergibt sich der von den WBV genannte Investitionsbedarf von 1,7 Mrd. Euro" (LM, 2020); die Zahl dürfte aktuell, baukosten- bzw. inflationsbedingt, eher bei > 2 Mrd. € liegen.

Die Bestimmungen des § 39 Absatz 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bezüglich der Inhalte und Ziele der Gewässerunterhal-



**Abbildung 3**  
Mehrfache Trichterbildung auf einer undichten Leitungstrasse bei Dorf Tatschow, Foto: Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke".  
*Multiple funnel formation on a leaking pipeline route near Tatschow village, photo: Water and soil association "Warnow-Beke".*



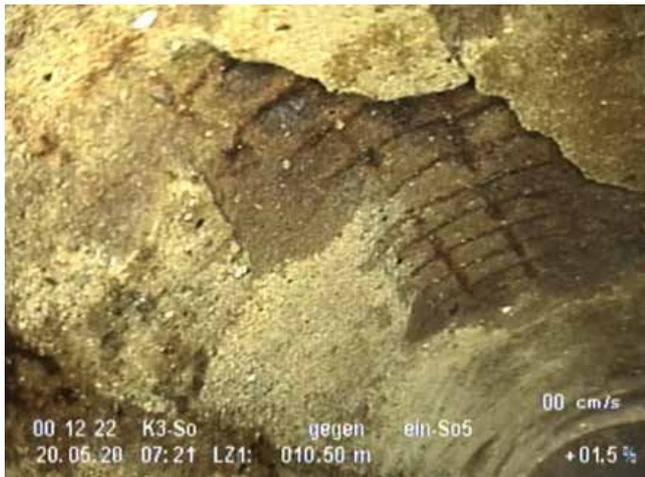
**Abbildung 4**  
Trichterbildung auf einer undichten Leitungstrasse bei Dummerstorf, Foto: Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste".  
*Funnel formation on a leaking pipeline route near Dummerstorf, photo: Water and soil association "Untere Warnow-Küste".*



**Abbildung 5**  
Schlechte Materialqualität ist verantwortlich für eine dünnwandige poröse Betonrohrleitung, Foto: Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke".  
*Poor material quality is responsible for a thin-walled porous concrete pipeline, Photo: Water and soil association "Warnow-Beke".*



**Abbildung 6**  
Querschnittseinengung durch Ablagerungen in einer Rohrleitung, Foto: Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke".  
*Cross-section narrowing due to deposits in a pipeline, Photo: Water and soil association "Warnow-Beke".*

**Abbildung 7**

Abgeplatzter Beton und freiliegender Bewehrungsstahl, Foto: Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste".

*Chipped concrete and exposed reinforcing steel, photo: Water and soil association "Untere Warnow-Küste".*

**Abbildung 8**

Abnahme des Abflussprofils um ca. 12 % infolge baulicher Schäden, Foto: Wasser- und Bodenverband "Schweriner See/Obere Sude".

*Decrease of the discharge profile by approx. 12 % due to structural damage, photo: Water and soil association "Schweriner See/Obere Sude".*

tung können insofern nur eingeschränkt Anwendung finden und erstrecken sich dann nahezu ausschließlich auf den Auftrag zur Erhaltung des ordnungsgemäßen Abflusses, was wiederum im Zusammenhang mit Fragestellungen der Landnutzung steht. Rohrleitungen wirken aber auch hydrologisch/hydraulisch imitierend, sodass hydroklimatisch oder durch Zunahme von Niederschlagswasseraufkommen (z. B. infolge von Neubau von Wohn- oder Gewerbegebieten) bedingte Veränderungen der Hochwasserabflusshöhen entsprechende Anpassungsbedarfe zeitigen. Aus ökologischer Sicht sind Rohrleitungen vermutlich die schwerste "schädliche Gewässerveränderung" (§ 3 WHG) überhaupt; hier sind vor allem zu nennen:

- Vollständige Unterbrechung horizontaler und vertikaler abiotischer Austauschprozesse (starke Entkopplung des verrohrten Gewässers aus den Zusammenhängen des Landschaftswasserhaushalts, vor allem kein Austausch mit dem Grundwasser, bei Hochwasser ggf. Druckströmung, keine Möglichkeit natürlicher fluvialer Erosion und Sedimentation, kein Ein- bzw. Austrag von natürlichem Sediment in die/ aus der Aue, keine Interstitialausbildung, kein Beitrag zum Nähr- und Schadstoffrückhalt) (WARD, 1989; PINAY et al., 1994; RICHTER et al., 1997; THORP et al., 2006; JENSCO et al., 2009; FULLER et al., 2015; GRIZETTI et al., 2019).
- (Nahezu vollständiger) Entfall als Gewässer- und Auenlebensraum, harte Wandung, keine Ufer, keine Struktur-/Habitatdiversität (NAIMAN & DECAMPS, 1997; BIRNIE-GAUVIN et al., 2017).
- Verhinderung oder zumindest äußerst starke Einschränkung für stromaufwärts gerichtete Wanderungen der aquatischen Fauna (grundsätzlich keine gegebene ökologische Durchgängigkeit) (JONES et al., 2020; BELETTI et al., 2020).

Grundsätzlich sind daher gravierend veränderte ökohydrologische Prozesse und Zusammenhänge maßgebend (FOHRER & SCHMALZ, 2012). Nach rechtlichen Maßstäben sind, ggf. über-

wiegend, verrohrte Fließgewässerkörper entweder als "künstlich" oder als "erheblich verändert" einzustufen (Artikel 2 EG-WRRL, § 28 WHG) und weisen ein "schlechtes ökologisches Potenzial" (Anhang V EG-WRRL, § 5 OGewV) auf. Von daher wären mit der Aufhebung von Verrohrung zahlreiche umweltfachliche Vorteile verbunden, die sich auch in entsprechenden rechtlichen Anforderungen bzw. europäischen und nationalen Strategien manifestieren, insbesondere:

- Soweit es sich um EG-WRRL-pflichtige Gewässer handelt, kann durch Öffnung und Renaturierung eine hydromorphologische Voraussetzung zur Erreichung des guten ökologischen Zustands/Potenzials geschaffen werden, v. a. im Hinblick auf Gewässerstruktur, Verbindung mit dem Grundwasser und ökologische Durchgängigkeit; dies gilt ggf. auch für kleinere Gewässer im Hinblick auf die Beeinflussung größerer, EG-WRRL-berichtspflichtiger Gewässer.
- Dies kann infolge der größeren Nähr- und Schadstoffrückhaltung auch einen substanziellen Beitrag für den Schutz der Küstengewässer und Meere darstellen (Erwägungsgrund Nr. 17 der EG-WRRL, Ziele der Europäischen Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)).
- Soweit Rohrleitungen in Oberläufen verschlossen werden könnten, kann das Wiederherstellen von BEG auch einen Beitrag zum Moor-, Klima- und Naturschutz darstellen, da damit die hydrologischen Voraussetzungen für die Reetablirung von Mooren (Verschluss des anthropogenen oberirdischen Abflusses, SUCCOW & JOOSTEN, 2001) geschaffen werden könnten (vgl. Nationale Moorschutzstrategie (BMU, 2021), Ziele des Klimaschutzgesetzes (KSG) für den Sektor Landwirtschaft).
- Die Öffnung oder der Verschluss von Rohrleitungen kann daher einen Beitrag zum Green Deal der Europäischen Kommission leisten (EU-Biodiversitätsstrategie für 2030, z. B. 25.000 km frei fließende Gewässer sowie Vorschlag der

EU-Kommission für einen Natur-Wiederherstellungsplan, Europäische Kommission, 2022).

- Geöffnete, renaturierte Gewässer stellen wertvollen Lebensraum dar und leisten ihren Beitrag im Sinne des Biotopverbundes (§ 1, § 21 BNatSchG).
- Es können in der Agrarlandschaft somit auch die Bemühungen um eine biodiversitäts- und klimafreundliche Landwirtschaft unterstützt werden (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021; MV Zukunftsrat, 2021).

**1.2 Zielstellung**

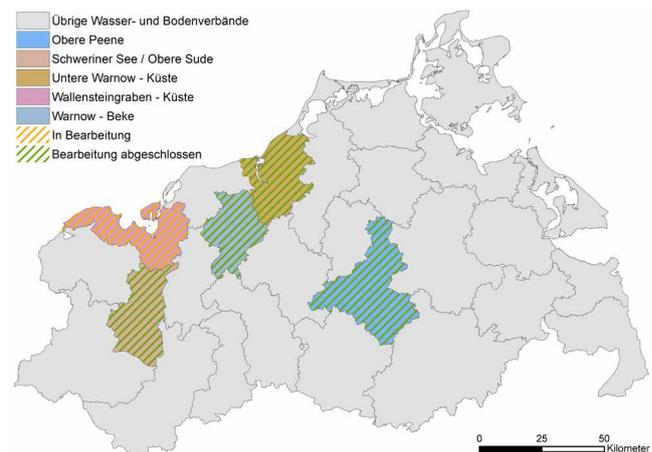
Zielstellung dieses Beitrages ist es, Grundlagen, Methodik und Ergebnisse der erfolgten Entwicklung eines primär wasserwirtschaftlichen, multifaktoriellen Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) auf der Basis eines dafür geeigneten Bewertungsalgorithmus für verrohrte Gewässer 2. Ordnung in M-V vorzustellen. Wasserwirtschaftliche EUS gelten allgemein als computergestützte Systeme, die Daten und Modelle über Wasser und relevante Faktoren des Wandels integrieren, um bei Managemententscheidungen zu helfen (WARDROPPER & BROOKFIELD, 2022).

Die Entwicklung von EUS gehört zu den etablierten Nutzenanwendungen in der Wasserwirtschaft und den verbundenen Wissenschaften, gerade auch im Sinne integrierter Wasser-/Gewässerbewirtschaftung (PINSON et al., 1997; HÖLLERMANN & EVERS, 2015; CANDIDO et al., 2022) oder im Bereich der modellgestützten Vorhersage hydrologischer Ereignisse und Folgen (SCHMITZ et al., 2008). Die Palette der EUS reicht von relativ einfachen, regelbasierten bis hin zu modellgestützten Systemen auf der Basis unterschiedlicher Ansätze (z. B. deterministisch, statistisch, Fuzzy-Logik, neuronale Netze) und entsprechend differierender Komplexität. Dies beeinflusst unter anderem den Aufwand in der Anwendung, die Aussagequalität, die Robustheit sowie die Aussageschärfe und hat für die praktische Anwendung, gerade für die Benutzerfreundlichkeit, daher hohe Bedeutung (DE KOK & WIND, 2003; GUIPPONI & SGOBBI, 2013; PALUTIKOF et al., 2019; WARDROPPER et al., 2021).

Aufgabe des nachfolgend vorgestellten EUS ist es, wasserwirtschaftlich und ökologisch begründete Handlungsoptionen für verrohrte Gewässer durch eine empirisch gut überprüfbare Operationalisierung geeigneter Faktorenbewertung hinreichend zu begründen. Das hat hohe kommunalpolitische Bedeutung, weil

die öffentlich-rechtliche Verpflichtung zum Ausbau von Gewässern 2. Ordnung gemäß § 67 WHG bzw. nach § 68 Absatz 1 LWaG M-V den Gemeinden obliegt.

Aus landespolitischer Perspektive beschäftigte sich der Ausschuss für Klimaschutz, Landwirtschaft und Umwelt des Landtages M-V in seiner Sitzung am 9. Mai 2022 ausführlich mit der Fragestellung des Umganges mit verrohrten Gewässern, gerade auch im Hinblick auf mögliche Strategien und Fragen der Finanzierung. Auf der Basis von Abstimmungen zwischen der Landesumweltverwaltung und einzelnen Wasser- und Bodenverbänden wurde bereits vordem vereinbart, einen einheitlichen und grundsätzlich räumlich übertragbaren Bewertungsalgorithmus zur Entscheidungsunterstützung zu erarbeiten. So wurden insgesamt vier kohärente Studien in Auftrag gegeben: BIOTA (2022a, b, c, 2023; Tab. 2, Abb. 9; Beispieluntersuchungsgebiet in Abb. 10), die z. T. auch auf Vorläuferstudien zur hydraulischen Berechnung der Rohrleitungen des jeweiligen Verbandes basieren (BIOTA 2019a, b) und auf die Handlungsoptionen im Sinne von Zielgrößen einer Entscheidung nach Tabelle 3 ausgerichtet wurden.



**Abbildung 9**  
Gebiete der Wasser- und Bodenverbände in Mecklenburg-Vorpommern, für die bislang entsprechende Potenzialstudien zum Umgang mit verrohrten Gewässern durchgeführt wurden bzw. werden.  
*Areas of the water and soil associations in Mecklenburg-Western Pomerania for which corresponding potential studies dealing with piped watercourses have been or will be carried out to date.*

**Tabelle 2**

Wichtige Kennzeichen des Gewässerbestandes der fünf beteiligten Wasser- und Bodenverbände (Datengrundlage: LV WBV M-V 2022).  
*Important characteristics of the watercourses of the five participating water and soil associations (data basis: LV WBV M-V 2022).*

Verbandsgebiet	Größe des Verbandsgebietes (km <sup>2</sup> )	Unterhaltungspflichtige Gewässer (km)	Dichte der unterhaltungspflichtigen Gewässer (km je km <sup>2</sup> )	Umfang der offenen Gewässer (km)	Umfang der verrohrten Gewässer (km)
Obere Peene	950	1.487	1,6	994	493
Schweriner See/Obere Sude	635	684	1,1	581	103
Untere Warnow – Küste	665	903	1,4	686	217
Wallensteingraben – Küste	641	885	1,4	647	237
Warnow - Beke	532	989	1,9	645	344

<b>Tabelle 3</b>	
Zuordnung der verschiedenen Handlungsoptionen für verrohrte Gewässer zu wichtigen Rechtsgrundlagen der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes sowie des Klimaschutzes.	
<i>Allocation of the various options for action for piped watercourses to important legal foundations of water management, nature conservation and climate protection.</i>	
<b>Handlungsoptionen</b>	<b>Rechtliche Ziele</b>
Öffnung	Umsetzung hydromorphologischer Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes/Potenzials der Fließgewässer im Sinne von Anhang V EG-WRRL bzw. OGewV; dadurch direkte Verbesserung der hydromorphologischen Qualitätskomponenten Morphologie, ökologische Durchgängigkeit und Wasserhaushalt.  Zustands-/Potenzialverbesserung im Hinblick auf biologische sowie chemisch-physikalische Qualitätskomponenten gemäß Anhang V EG-WRRL/OGewV durch Rückführung zu einem offenen, naturnahen Gewässer; damit auch Umsetzung der Ziele und Maßnahmen europäischer Naturschutzrichtlinien (FFH-RL, VSchRL) bzw. der Ziele des BNatSchG.  Ggf./fallweise Beitrag zur Minderung der Folgen von Überschwemmungen (Artikel 1e EG-WRRL) durch Erhöhung der hydraulischen Kapazität; dadurch ggf. Beitrag zur Umsetzung der HWRM-RL.  Umsetzung von Wiederherstellungsmaßnahmen gemäß Anhang VII EU-Wiederherstellungsverordnung (Entwurf, Europäische Kommission, 2022).
Verschluss	Verbesserung der Qualitätskomponente Wasserhaushalt gemäß Anhang V EG-WRRL bzw. OGewV (betrifft Entkopplung von ehemaligen Binnenentwässerungsgebieten, Verstärkung der Grundwasserneubildung, Wasserrückhalt in Landschaft und damit Förderung der gemäß Artikel 6 bzw. Artikel 1 a EG-WRRL schutzwürdigen wasserabhängigen Landökosysteme), Umsetzung des KSG bei Renaturierung/Reetablierung von Mooren in Binnenentwässerungsgebieten.  Beitrag zur Minderung der Folgen von Überschwemmungen (Artikel 1e EG-WRRL) durch Verminderung des Direktabflusses bzw. durch zusätzlichen Retentionsraum; Beitrag zur Umsetzung der HWRM-RL (Reetablierung von Rückhalteflächen).  Umsetzung von Wiederherstellungsmaßnahmen gem. Anhang VII EU-Wiederherstellungsverordnung (Entwurf, Europäische Kommission, 2022).
Austausch ohne Kapazitätserhöhung	Beitrag zur Minderung der Folgen von Überschwemmungen (Artikel 1e EG-WRRL) durch Zustandsverbesserung der Verrohrung (Sanierung); dadurch auch Beitrag zur Umsetzung der HWRM-RL.  Erhaltung des ordnungsgemäßen Abflusses gemäß § 39 Absatz 1 WHG.  Erhalt von nutzbringender landwirtschaftlicher Nutzung gemäß Art. 4 EG-WRRL.
Austausch mit Kapazitätserhöhung	Beitrag zur Minderung der Folgen von Überschwemmungen (Artikel 1e EG-WRRL) durch Zustandsverbesserung der Verrohrung (Sanierung) sowie Kapazitätserhöhung; Beitrag zur Umsetzung der HWRM-RL.  Erhaltung des ordnungsgemäßen Abflusses gemäß § 39 Absatz 1 WHG, Anpassung an Klimawandel (häufigere und erhöhte Spitzenabflüsse).  Erhalt von nutzbringender landwirtschaftlicher Flächen gemäß Art. 4 EG-WRRL.

## 2 Datengrundlagen

Die notwendigen Analysen erfolgten primär mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) und im Wesentlichen mit den Datengrundlagen entsprechend Tabelle 4. Neben Angaben zum jeweiligen Datentyp und der Datenquelle enthält Tabelle 4 auch eine Zuordnung der Datensätze zu den zu bewertenden Faktoren und Indikatoren des Bewertungsalgorithmus, der im Anschluss erläutert wird (Tab. 5).

## 3 Methodik

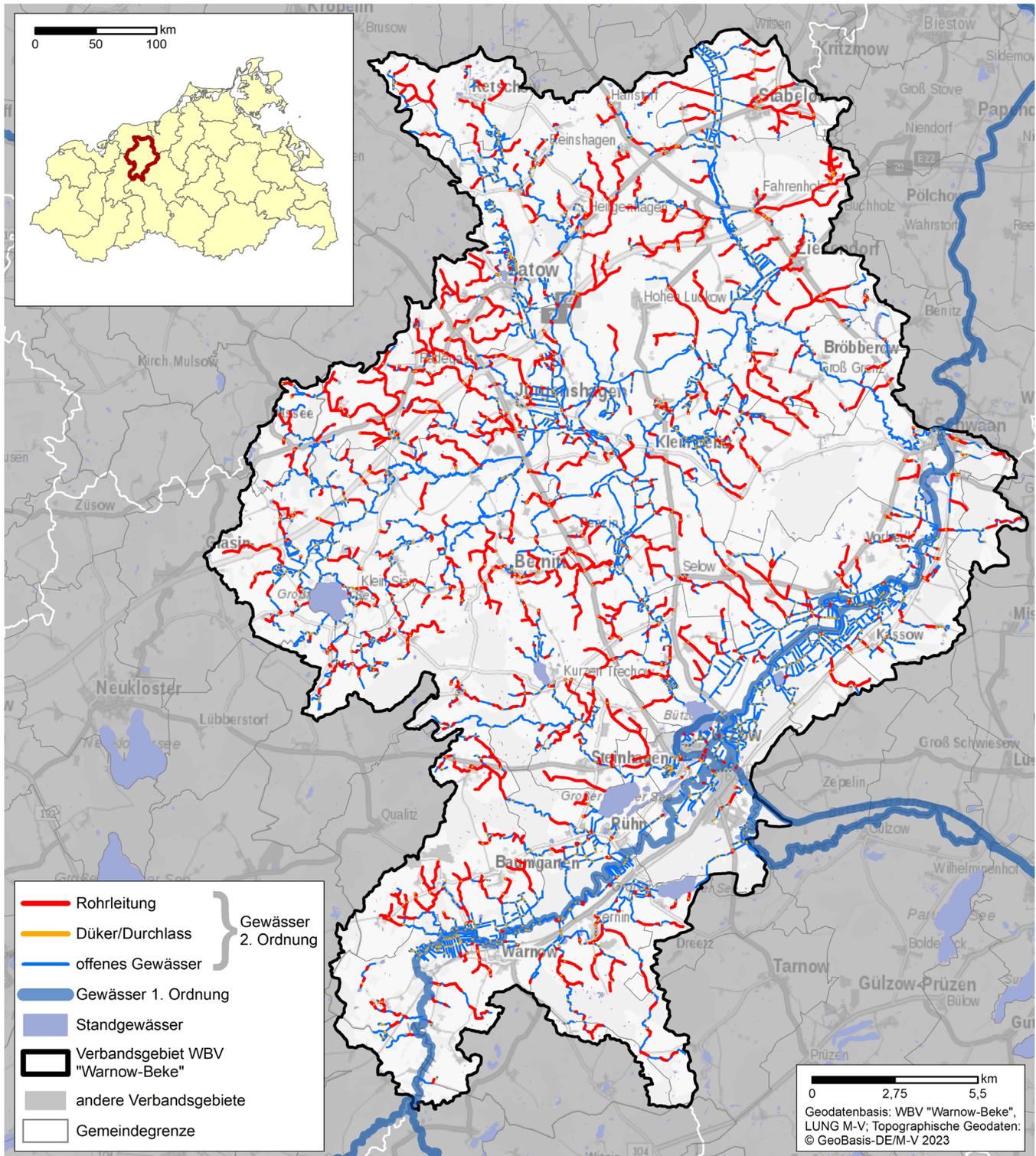
### 3.1 Aufbau und Ebenen des Bewertungsalgorithmus

Die Ergebnisse des Bewertungsalgorithmus sollten auf Ebene einer Haltung (Rohrleitungsstrecke zwischen zwei Schächten) abgeleitet werden. Schachtbauwerke dienen der Überprüfung/Kontrolle sowie der Unterhaltung und Reinigung von Rohrleitungen. Sie können aber insbesondere auch angeordnet worden sein, um Höhendifferenzen zu überwinden, Richtungsänderungen zu realisieren, Zuläufe aufzunehmen oder Rohrleitungsdimensionen zu ändern. Eine Rohrleitung besteht im Regelfall aus mehreren aufeinander folgenden Haltungen. Das Entscheidungsunterstützungsverfahren wurde als mehrstufiger Berechnungsansatz

konzipiert und gliedert sich in insgesamt sieben Indikatoren (A bis G), die jeweils anhand der Bewertungen zahlreicher Faktoren eingestuft werden (multifaktorieller Ansatz) (Tab. 5, Abb. 11).

Für den Bewertungsalgorithmus wurden u. a. folgende Bearbeitungsschritte konzipiert bzw. Konventionen vorgegeben:

- Die Bewertungen der sieben Indikatoren basieren immer auf den Bewertungen der den Indikatoren zugeordneten Bewertungsfaktoren bzw. Teilindikatoren. So ergibt sich beispielsweise die Einstufung der Hochwassergefährdung (Indikator A) aus der mittleren Einstufung (arithmetisches Mittel) der Faktoren A1 (Häufigkeit der Haltungsüberlastung), A2 (Baujahr) und A3 (Versagensanfälligkeit).
- Die einzelnen Bewertungsfaktoren werden auf Basis der Ausprägungen (AP) der zugrundeliegenden Daten in eine 10-stufige Bewertungsskala eingeordnet. Tabelle 6 zeigt dies beispielhaft für den Faktor A2 "Baujahr". Ein geringes Alter einer Haltung führt hier zu einem geringen Faktorwert, ein hohes Alter führt zu einem hohen Faktorwert, welcher letztlich zu einer hohen Einstufung von Indikator A beiträgt und somit auch zu einer Erhöhung der Priorität (1. Ebene).



**Abbildung 10**

Verbandsgebiet des Wasser- und Bodenverbandes "Warnow-Beke" mit offenen und verrohrten Abschnitten der Gewässer 2. Ordnung, Grafik (aus: BIOTA, 2022c).

Association area of the WBV "Warnow-Beke" with open and piped sections of the 2nd order watercourses, Graphic (from: BIOTA, 2022c).

<b>Tabelle 4</b>				
Zusammenstellung der Datengrundlagen, nach BIOTA (2022a, b, c).				
Compilation of the data basis, from BIOTA (2022a, b, c).				
Nr.*	Datensatz	Datentyp	Datenquelle	Faktor (Indikator)
<b>1</b>	<b>Gewässerinformationen</b>			
1.1	Standgewässer	Polygon	DLM 25 W	–
1.2	Fließgewässer (Gewässernetz M-V Basisrouten)	Linie	WBV-Kataster	–
1.3	Durchlässe, Düker (Gewässernetz M-V Basisrouten)	Linie	WBV-Kataster	A1-A3 (A)
1.4	Haltungen (Gewässernetz M-V Basisrouten)	Linie	WBV-Kataster	A1-A3 (A)
1.5	Schächte (Gewässernetz M-V Basisrouten)	Linie	WBV-Kataster	–
1.6	Einzugsgebiete der Oberflächengewässer im Verbandsgebiet: • Teileinzugsgebiete • kumulierte Einzugsgebiete	Polygon	LUNG M-V	–
<b>2</b>	<b>Topographische Informationen/Luftbilder</b>			
2.1	DGM 1 – Auflösung 1 x 1 m	Raster	LAiV M-V	A1 (A), B2 (B), 5, 6, 10, 15 (C-F), G1 (G)
2.2	GDI-MV (TK 10 bis 50)	Raster	Geobasis DE/M-V 2019	–
2.3	Luftbilder: DOP 20/40	Raster	Geobasis DE/M-V 2019	–
<b>3</b>	<b>Hydrologie</b>			
3.1	Mittlere Abflüsse (MQ) gem. Abflussregionalisierung M-V	Tabelle	BIOTA (2012)	9 (C-F)
3.2	Hochwasserabflussscheitel HQ(T) gemäß Abflussregionalisierung M-V	Tabelle	BIOTA (2016)	A1 (A), 6 (C-F)
<b>4</b>	<b>Fachdaten für Randbedingungen</b>			
4.1	Landnutzung nach ALKIS M-V (Stand: 28.01.2021)	Polygon	LAiV M-V	B2 (B), 1, 15 (C-F), G4, G7 (G)
4.2	WRRRL-Maßnahmen gemäß aktuellem Bewirtschaftungsplan	Punkt/ Linie/ Polygon	LUNG M-V	4 (C-F), G6 (G)
4.4	Bodendaten: KBK 25 (Stand: 2010), ergänzt mit Informationen zum Leitprofil)	Polygon	LUNG M-V	3, 13 (C-F), G2 (G)
4.5	Binnenentwässerung: (a) rezente Binnenentwässerungsgebiete (b) morphologische (ehemalige Binnenentwässerungsgebiete)	Polygon Polygon	Eigene Berechnung BIOTA (2014)	10, 12-15 (C-F)
4.6	Schutzgebiete: (a) Biotopverbände (im engeren Sinne, im weiteren Sinne) (Stand: 2011) (b) FFH-Gebiete (Stand: 2013) (c) Naturschutzgebiete (Stand: 2016) (d) Nationalparks (Stand: 2014) (e) Gesetzlich geschützte Biotope (Stand: 2015) (f) Europäische Vogelschutzgebiete, VSG (Stand: 2015) (g) Landschaftsschutzgebiete (Stand: 2013) (h) Naturparks (Stand: 2015) (i) Geschützte Landschaftsbestandteile (Stand: 2017)	Jeweils Polygon	Jeweils LUNG M-V	Jeweils 7 (C-F)
4.7	Wasserabhängige Landökosysteme	Polygon	LUNG M-V	2 (C-F)
4.8	Historische Gewässerverläufe	WMS	Messtischblätter 1888 (kvwmap, GDI-Service)	8 (C)
4.9	Straßen- und Wegenetz nach OSM (Lizenzen: ODbL 1.0, DbCL 1.0)	Linien	OpenStreetMap (© OpenStreetMap contributors)	G3 (G)
4.11	Bodenschätzung nach ALKIS M-V	Polygon	LAiV M-V	11, 12 (C-F)
4.12	FGSK 2017	Linien	LUNG M-V	4 (C-F), G 6 (G)

\* Nummerierungen zwecks interner Konsistenz nicht immer fortlaufend.

#### Abkürzungen:

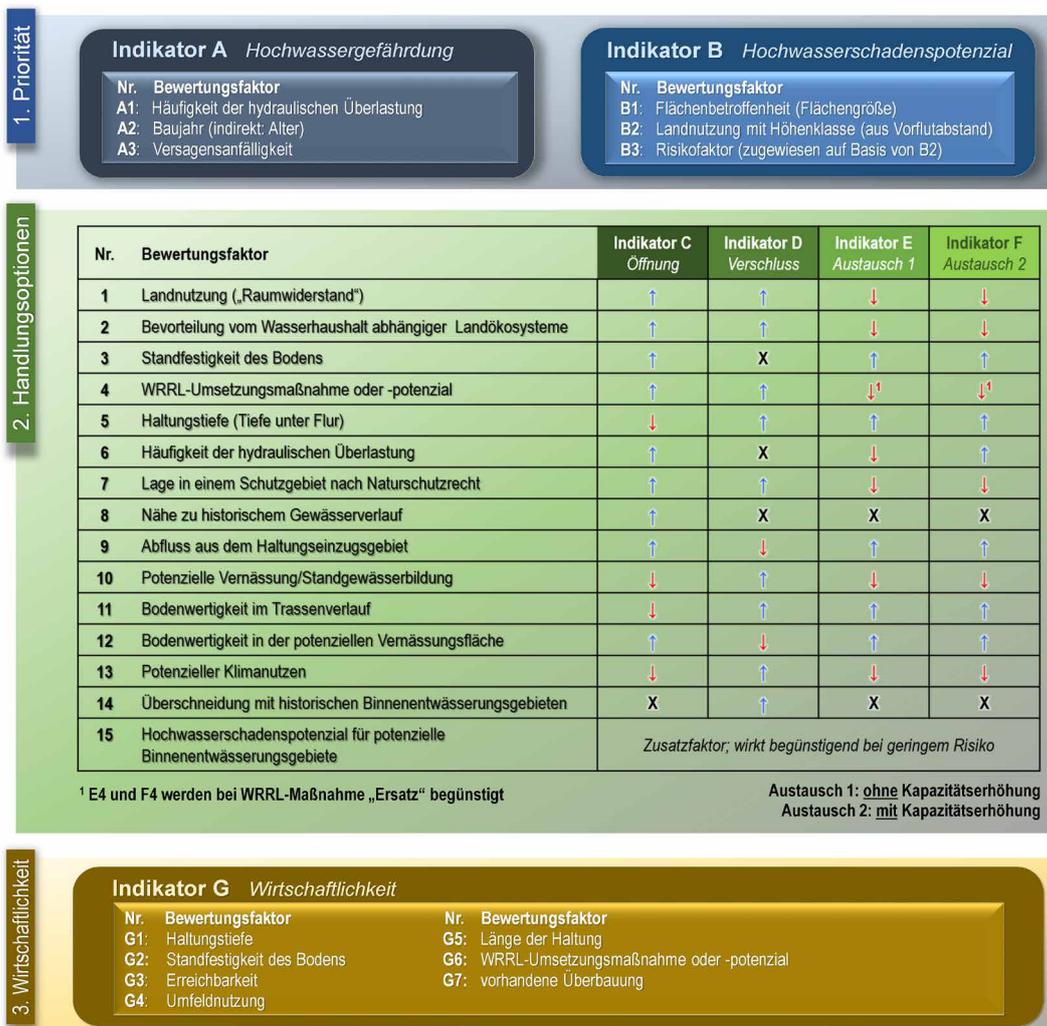
ALKIS M-V: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem Mecklenburg-Vorpommern  
DbCL: Database Contents License  
DGM: Digitales Geländemodell  
DLM: Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM)  
DOP: Digitale Orthophotos  
FGSK: Fließgewässerstrukturkartierung  
GDI: Geodateninfrastruktur  
KBK 25: Konzeptbodenkarte im Maßstab 1 : 25.000  
kvwmap WebGIS-Framework "Kommunale Verwaltung" der Firma GDI-Service

LAiV M-V: Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern  
LUNG M-V: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern  
ODbL: Open Database License  
OSM: OpenStreetMap  
VSG: Europäische Vogelschutzgebiete  
WBV W-B: Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke"  
WMS: Web Mapping Service (Schnittstelle nach OGC-Spezifikation)

**Tabelle 5**

Gliederung und Hauptfragestellungen des Verfahrens.  
Structure and main questions of the procedure.

Ebene	Indikatoren	Hauptfragestellungen
(1) <b>Priorität</b>	(A) <b>Hochwassergefährdung</b> (B) <b>Hochwasserschadenspotenzial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liegt aufgrund des Zustands und der Dimensionierung der Haltungen eine Hochwassergefährdung vor?</li> <li>Besteht aufgrund einer gegebenen Hochwassergefährdung ein Erfordernis für bauliche Maßnahmen (Instandhaltung, Erweiterung, Austausch)?</li> <li>Bei welchen Haltungen besteht aufgrund von Hochwassergefährdung und vorhandenem Schadenspotenzial die größte Priorität?</li> </ul>
(2) <b>Handlungsoptionen</b>	(C) <b>Öffnung</b> (D) <b>Verschluss</b> (E) <b>Austausch ohne Kapazitätserhöhung</b> (F) <b>Austausch mit Kapazitätserhöhung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welche der vier Handlungsoptionen C bis F ist auf Basis der einbezogenen Bewertungsfaktoren die zu empfehlende Variante?</li> <li>Gibt es Alternativen zur empfohlenen Handlungsoption?</li> </ul>
(3) <b>Wirtschaftlichkeit</b>	(G) <b>Wirtschaftlichkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ist tendenziell mit einem hohen oder mit einem geringen wirtschaftlichen Aufwand zu rechnen?</li> </ul>



**Abbildung 11**

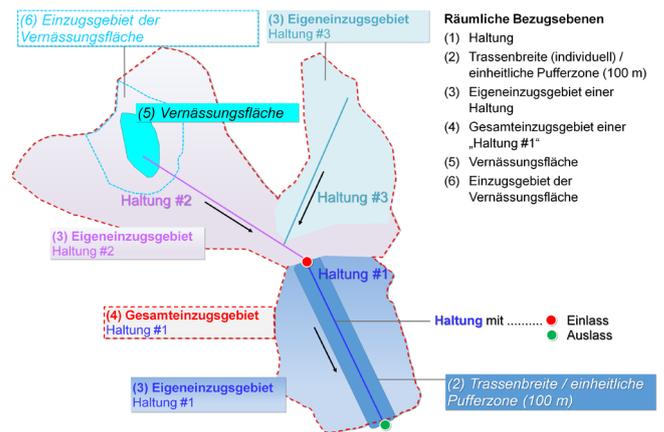
Schematische Darstellung des Bewertungsalgorithmus mit sieben Indikatoren und den maßgeblichen Bewertungsfaktoren für die Indikatoren C bis F. Erläuterung zur potenziellen Wirkung der sich daraus ergebenden Handlungsoptionen: blauer Pfeil: wirkt begünstigend, roter Pfeil: wirkt mindernd, x: keine Relevanz.

Schematic representation of the assessment algorithm with seven indicators and the relevant assessment factors for indicators C to F. Explanation of the potential impact of the resulting options for action: blue arrow: has a favourable effect, red arrow: has a mitigating effect, x: no relevance.

- Insbesondere auf der 2. Ebene (Handlungsoptionen) werden Faktoren mehrfach, d. h. für mehrere Indikatoren, verwendet. Daher wurde in Abbildung 13 immer die Polung der Faktoren (↑↓) angegeben. Diese zeigt an, ob ein hoher Faktorwert den jeweiligen Indikator (eine Handlungsoption) begünstigt (↑) oder nicht (↓).
- Bei einzelnen Faktoren/Teilfaktoren wurde es zudem als sinnvoll erachtet, deren jeweilige Einstufung längen- oder flächengewichtet je nach Geometrietyt der Datengrundlagen zu berücksichtigen.
- Für die Handlungsoption "Öffnung" (Indikator C) gilt das Zusatzkriterium einer Haltungstiefe von < 2,5 m unter Flur. Andernfalls wird die Handlungsoption aufgrund von zu hohem baulichen Aufwand nicht empfohlen.
- Die Handlungsoption "Verschluss" (Indikator D) wird nur auf solche Haltungen angewandt, für die bei Umsetzung dieser Handlungsoption ein Potenzial zur Einrichtung oder Wiederherstellung eines Binnenentwässerungsgebietes angezeigt ist.
- Die Faktoren 10 "Potenzielle Vernässung/Standgewässerbildung", 12 "Bodenwertigkeit in der potenziellen Vernässungsfläche", 13 "Potenzieller Klimanutzen", 14 "Überschneidung mit historischen Binnenentwässerungsgebieten" und 15 "Hochwasserschadenspotenzial für Binnenentwässerungsgebiete" werden nur dann berechnet, wenn ein Potenzial zur Entstehung einer Vernässungsfläche besteht. Dies gilt für alle vier Handlungsoptionen (Indikatoren C bis F).
- Von den Handlungsoptionen "Austausch ohne Kapazitätserhöhung" (Indikator E) und "Austausch mit Kapazitätserhöhung" (Indikator F) kann maximal eine der beiden Handlungsoptionen empfohlen werden.

Das Verfahren fußt auf folgenden Bewertungsgrundlagen:

- Ebene 1 (Priorisierung hinsichtlich Hochwassergefährdung und Hochwasserschadenspotenzial): 6 Faktoren



**Abbildung 12**  
Räumliche Bezugsebenen; EZG = (oberirdisches) Einzugsgebiet. Spatial reference planes (EZG = (surface) catchment area).

- Ebene 2 (Empfehlung von Handlungsoptionen): 15 Faktoren
- Ebene 3 (Abschätzung der Wirtschaftlichkeit): 7 Faktoren

Jeder einzelne Faktor ist bezüglich der jeweiligen Datengrundlagen und Berechnungs-/Bewertungsmethodik bei BIOTA (2022a, b, c) umfassend und steckbriefhaft dokumentiert. Hier kann und soll eine Darstellung nur exemplarisch erfolgen. Auch enthalten die Studien (BIOTA, 2022a, b, c) dezidierte Hinweise zur Gewinnung und Transformation entsprechender Grundlagendaten.

### 3.2 Räumliche Bezugsebenen

Entsprechend der variierenden Geometrietypen (Punkt-, Linien- und Flächenobjekte) werden im Verfahren verschiedene Raumebenen angesprochen, auf deren Grundlage die erforderlichen Geoinformationen zur Bewertung der einzelnen Bewertungsfaktoren räumlich abgegriffen werden müssen (räumliche Bezugsebenen). Dabei sind die räumlichen Ebenen je nach Faktor hydrologisch/hydraulisch bestimmt oder hängen von den Objekteigenschaften ab. Insgesamt wurden für den Bewertungsalgorithmus sechs verschiedene räumliche Bezugsebenen genutzt (Abb. 12).

Tabelle 6		
Exemplarische Darstellung der 10-stufigen Bewertungsskala für den Faktor A2 "Baujahr" und Angabe der qualitativen Einstufung.		
Exemplary presentation of the 10-step rating scale for factor A2 "year of construction" and indication of the qualitative classification.		
A 2 – Baujahr		
Faktorwert	Qualitative Einstufung	Ausprägung (Spanne Baujahr)
10	Sehr hoch	< 1940
9		≥ 1940 ... < 1950
8	Hoch	≥ 1950 ... < 1960
7		≥ 1960 ... < 1970
6	Mäßig	≥ 1970 ... < 1980
5		≥ 1980 ... < 1990
4	Gering	≥ 1990 ... < 2000
3		≥ 2000 ... < 2010
2	Sehr gering	≥ 2010 ... < 2019
1		≥ 2019
-1	---	keine Angabe

### 3.3 Ableitung von Handlungsoptionen

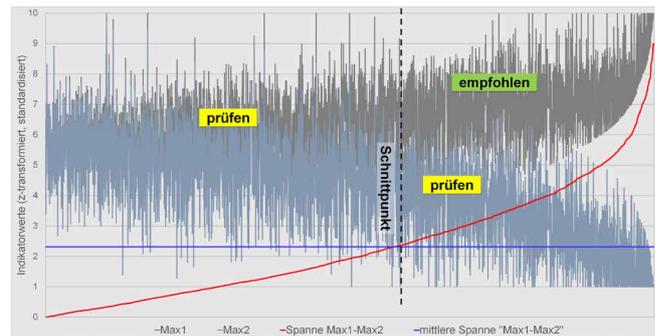
Um eine der Handlungsoptionen für eine Haltung explizit empfehlen zu können, erfolgt auf Basis der Indikatorwerte der vier möglichen Handlungsoptionen eine Einstufung in die Kategorien "empfohlen", "prüfen" und "nicht empfohlen". Die Indikatorwerte der Handlungsoptionen werden über das arithmetische Mittel der Bewertungen der Faktoren 1 bis 15 ermittelt:

$$Ind_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad \text{mit}$$

- k – Indikator C, D, E oder F
- i – Bewertungsfaktor für Indikator k
- x – Einstufung eines Bewertungsfaktors von 1 bis 10
- n – Anzahl Bewertungsfaktoren für Indikator k (hier max. n = 15)

Um die Indikatorwerte zwischen den vier Handlungsoptionen statistisch vergleichen zu können, wurden diese zunächst z-transformiert (BAHRENBURG et al., 2017; BORTZ & SCHUSTER, 2016), da jede Handlungsoption eine eigene Verteilung hat, die sich durch verschiedene statistische Kenngrößen, wie z. B. Mittelwert und Standardabweichung, beschreiben lassen. Daher sind die Indikatorwerte einer Handlungsoption, wie z. B. Öffnung, nicht direkt mit den Indikatorwerten einer anderen, wie z. B. Verschluss, vergleichbar. Durch die z-Transformation haben die Verteilungen aller Handlungsoptionen einen Mittelwert von 0 (Null) und eine Standardabweichung von 1. Da die z-transformierten Indikatorwerte außerhalb des Wertebereichs der 10-stufigen Bewertungsskala liegen können, wurden diese in einem nächsten Schritt auf den Wertebereich 1 bis 10 normiert, um deren Interpretierbarkeit zu vereinfachen.

Grundlage zur Ableitung einer Empfehlung für eine Handlungsoption bildet nun die Spanne zwischen der Handlungsoption mit dem höchsten (transformierten und normierten) Indikatorwert (Max<sub>1</sub>) und der Handlungsoption mit dem zweithöchsten (transformierten und normierten) Indikatorwert (Max<sub>2</sub>). Diese Spanne wird zunächst für jede Haltung einzeln ermittelt. Anschließend wird über alle Haltungen des Verbandsgebiets die mittlere Spanne (arithmetisches Mittel) berechnet. Diese wird als Grenzwert zur Ableitung einer Empfehlung entsprechend der in Tabelle 7 aufgeführten Kriterien angesetzt. Abbildung 13 verdeutlicht das Prinzip graphisch. Über diese Vorgehensweise wird sichergestellt, dass nur Handlungsoptionen mit einem eindeutig hohen Indikatorwert, also einer großen Differenz zur Handlungsopti-



**Abbildung 13**  
Ableitung einer Empfehlung für eine Handlungsoption auf Basis der Indikatorwerte der einzelnen Handlungsoptionen.  
*Derive a recommendation for an option for action based on the indicator values of the individual options for action.*

on mit dem zweithöchsten Indikatorwert, empfohlen werden. Als "zu prüfen" eingestuft wird eine Handlungsoption, wenn sie unterhalb des Grenzwertes liegt und dabei mindestens den zweithöchsten Indikatorwert (Max<sub>2</sub>) darstellt. Für diese Handlungsoptionen wird aufgrund des geringen Abstands zwischen höchstem und zweithöchstem Indikatorwert keine explizite Empfehlung ausgesprochen, da es keinen eindeutig höchsten Indikatorwert gibt. Dennoch können beide Handlungsoptionen (Max<sub>1</sub> und Max<sub>2</sub>) potenziell in Frage kommen und sollten daher vom jeweiligen Anwender geprüft werden. Aufgrund des geringen Abstands von Max<sub>1</sub> und Max<sub>2</sub> ist dabei unter Umständen die Handlungsoption mit dem geringeren Indikatorwert die zu favorisierende. Insofern sollte in einem solchen Fall eine Abwägung anhand einer Experteneinschätzung erfolgen. Die Einstufung "zu prüfen" kann also zur Umsetzung einer Handlungsoption führen. Es kann aber auch Fälle geben, in denen die beiden als "zu prüfen" eingestuften Handlungsoptionen nicht für eine Umsetzung in Frage kommen. Dementsprechend ermöglicht eine Einstufung als "zu prüfen" eine flexible Handhabung, bei der am Ende über ein Expertenurteil entschieden wird.

Explizit nicht empfohlen wird eine Handlungsoption, wenn sie den geringsten Indikatorwert aller Handlungsoptionen aufweist und sichergestellt ist, dass zwei alternative Handlungsoptionen einen höheren Indikatorwert haben.

**Tabelle 7**  
Kriterien zur Ableitung einer Empfehlung für eine Handlungsoption.  
*Criteria for deriving a recommendation for a course of action.*

Einstufung	Kriterien für Einstufung
Empfohlen	Wenn Spanne zwischen höchstem und zweithöchstem Indikatorwert ≥ Grenzwert (mittlere Spanne über alle Haltungen) und die Handlungsoption Max <sub>1</sub> entspricht. Zusatzkriterium für Handlungsoption "Öffnung": Haltungstiefe < 2,5 m.
Prüfen	Wenn Spanne zwischen höchstem und zweithöchstem Indikatorwert < Grenzwert (mittlere Spanne über alle Haltungen) und die Handlungsoption Max <sub>1</sub> ODER Max <sub>2</sub> entspricht.
Nicht empfohlen	Wenn Indikatorwert einer Handlungsoption < Max <sub>2</sub> entspricht. (Die Handlungsoption hat also den niedrigsten Indikatorwert und es ist sichergestellt, dass mindestens zwei alternative Handlungsoptionen mit höheren Indikatorwerten existieren.)

#### 4 Ergebnisse (exemplarisch für den Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke")

Exemplarisch werden die Ergebnisse des Entscheidungsunterstützungssystems für verrohrte Gewässer 2. Ordnung für den WBV "Warnow-Beke" vorgestellt; dies umfasst 4.151 Haltungen.

##### 4.1 Priorisierung hinsichtlich Hochwassergefährdung und Hochwasserschadenspotenzial (Indikatoren A, B)

Zu Indikator A (Abb. 14) können folgende Kernaussagen für das Verbandsgebiet getroffen werden:

- Faktor A1 – Häufigkeit der hydraulischen Überlastung: Bei über der Hälfte der Haltungen im Verbandsgebiet (54,2 %) ist mit einer sehr häufigen Überlastung – d. h. bereits bei HQ2 oder HQ5 – zu rechnen (Bewertungsklassen 9 und 10). Bei weiteren 901 Haltungen ist mit Überlastungen bei einem HQ10 oder HQ20 zu rechnen (Bewertungsklassen 7 und 8). Die gegenwärtige Dimensionierung der Haltungen im Verbandsgebiet ist also hochwasserkritisch (Abb. 15).
- Faktor A2 – Baujahr bzw. indirekt Alter der Haltungen: Fast zwei Drittel der Haltungen im Verbandsgebiet (65,7 %) stammt aus den 1970er oder 1980er Jahren (Bewertungsklassen 5 und 6). 55 Haltungen stammen aus den 1950er Jahren oder sind noch älter.
- Faktor A3 – Versagensanfälligkeit: Die Versagensanfälligkeit wird anhand der Teilfaktoren "Durchmesser" (A3.1) und "Material" (A3.2) bestimmt (mittlere Bewertung). Demnach

weisen 39,1 % der Haltungen (1.625 Haltungen) eine sehr hohe (Bewertungsklassen 9 und 10) und 36,5 % (1.514 Haltungen) immerhin noch eine hohe Versagensanfälligkeit auf (Bewertungsklassen 7 und 8). Bei fast drei Viertel der Haltungen (73,6 %) wurde das verwendete Innenmaterial der Haltungen als ungünstig eingestuft (Bewertungsklasse 10 oder 8 für Teilfaktor A3.2 hinsichtlich Materialeinstufungen). Die hohen Bewertungsklassen von Teilfaktor A3.1 (Durchmesser) untermauern die anhand von Faktor A1 ermittelten Überlastungen der Haltungen.

Bei Indikator B (ohne Abbildung) zeigt sich, dass das Hochwasserschadenspotenzial, im Sinne des Schadens durch einen möglichen Rückstau in Abhängigkeit von der Nutzungsart der gefährdeten Flächen (DIN 19661-1:1998-07), im Verbandsgebiet gering ist. So besteht bei 116 Haltungen (2,8 %) ein hohes bis sehr hohes Hochwasserschadenspotenzial (Bewertungsklassen 7 bis 10). Der überwiegende Anteil der Haltungen (3.901, entspricht 94,0 %) weist ein sehr geringes bis geringes Hochwasserschadenspotenzial auf (Bewertungsklassen 1 bis 4). Dies ist in Kombination mit dem jeweils haltungsbezogen ermittelten Vorflutabstand zur Geländeoberkante auf die überwiegend agrarische Landnutzung im Verbandsgebiet und den verhältnismäßig geringen Anteil an Siedlungsflächen zurückzuführen.

Nach kombinierter Priorisierung auf Basis der Hochwassergefährdung (Indikator A) und des Hochwasserschadenspotenzials (Indikator B) wurden insgesamt 85 Haltungen mit einer hohen (Bewertungsklassen 7 und 8) oder sehr hohen Priorität ermittelt (Bewertungsklasse 9, betrifft fünf Haltungen).

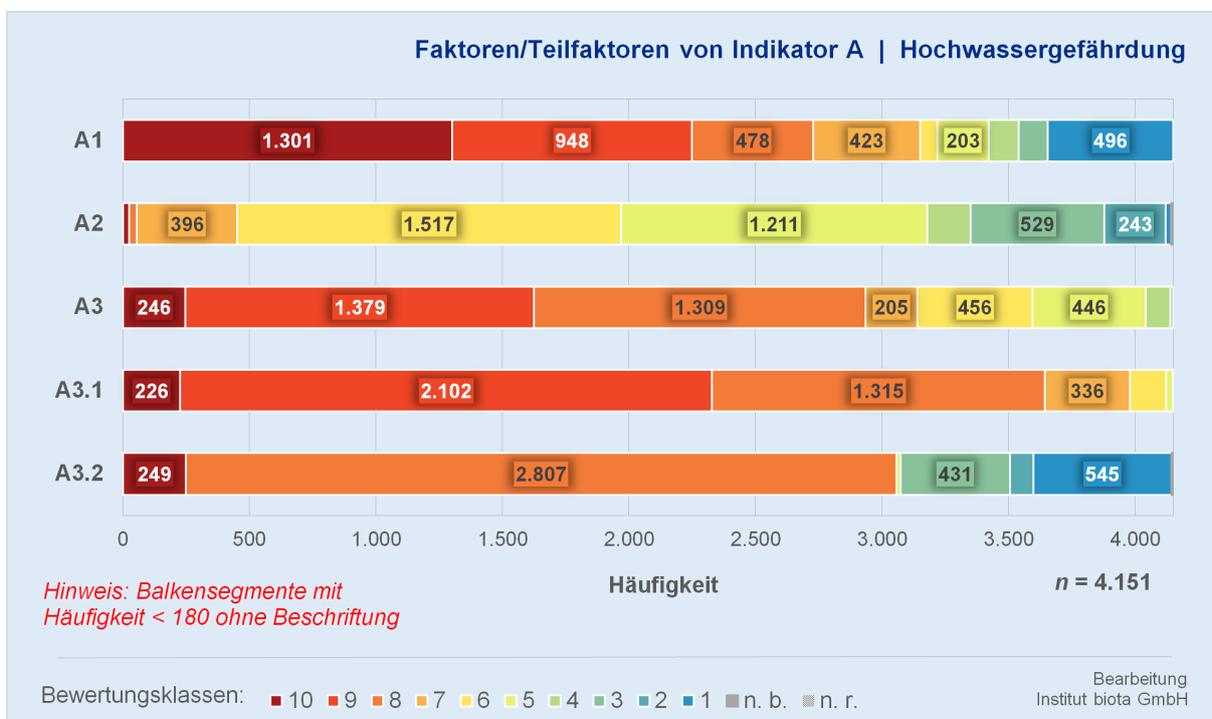
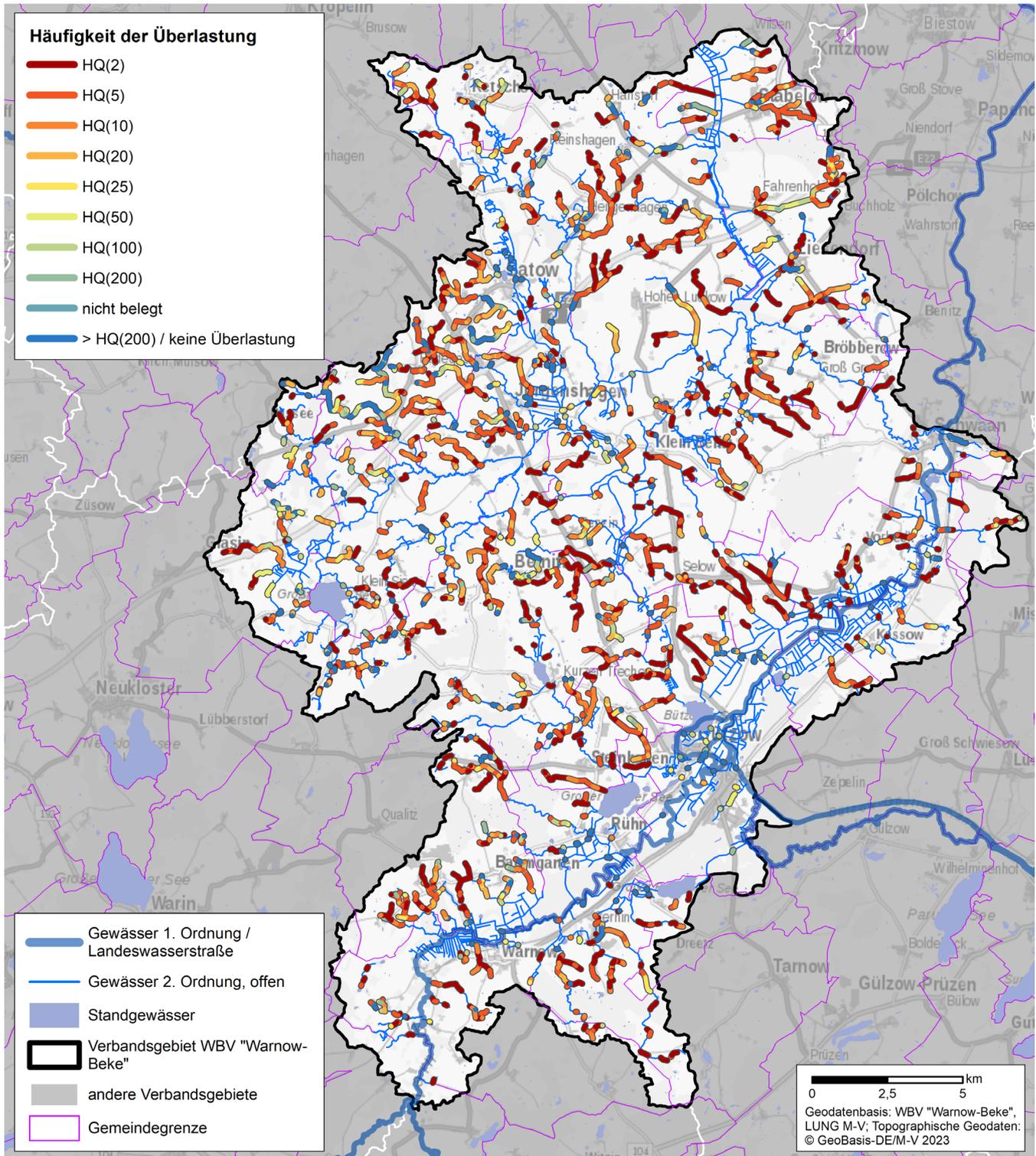


Abbildung 14

Absolute Häufigkeiten der Bewertungsklassen für die Faktoren und Teilfaktoren von Indikator A "Hochwassergefährdung" für die Haltungen des Wasser- und Bodenverbandes "Warnow-Beke" (aus: BIOTA, 2022c).  
 Absolute frequencies of the assessment classes for the factors and sub-factors of indicator A "flood hazard" for the piped sections of the water and soil association "Warnow-Beke" (from: BIOTA, 2022c).



**Abbildung 15**

Faktor A1 – Einstufung der Überlastungshäufigkeit der Haltungen im Gebiet des Wasser- und Bodenverbandes "Warnow-Beke" (aus: BIOTA, 2022c).  
 Factor A1 - Classification of the overload frequency of the piped sections in the area of the water and soil association "Warnow-Beke" (from: BIOTA, 2022c).

### 4.2 Empfehlung von Handlungsoptionen (Indikatoren C bis F)

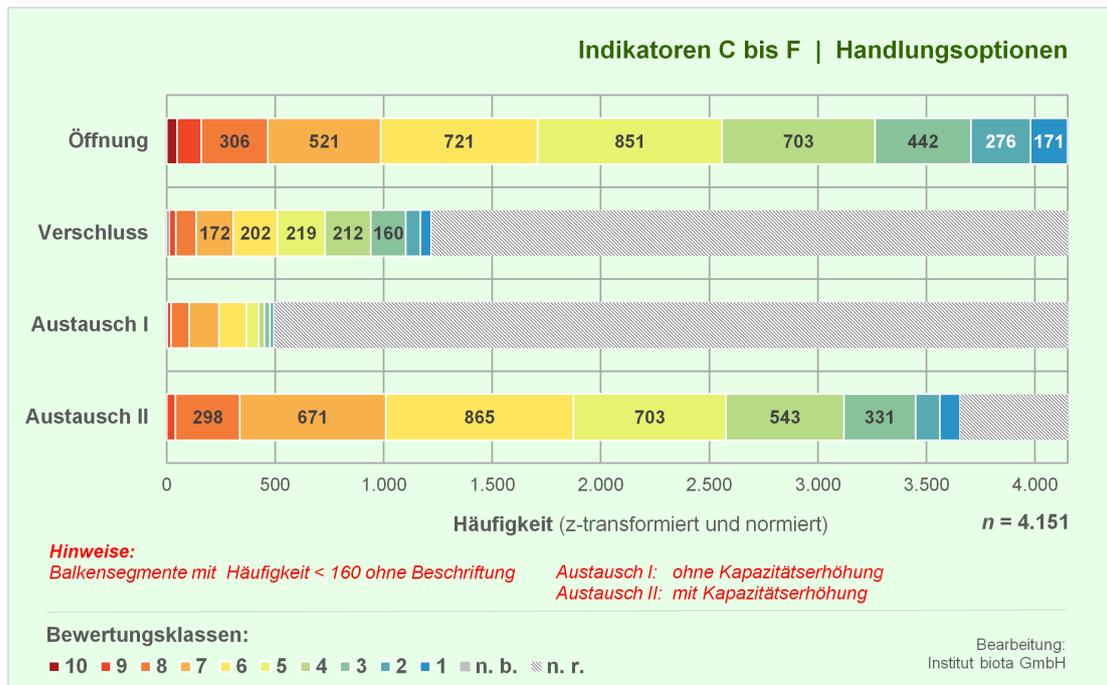
Die Bewertungen der 15 betrachteten Faktoren bilden bei jeder Haltung die Grundlage zur Einstufung der vier Handlungsoptionen. Zur qualitativen Einstufung des (gesamten) Potenzials wurde der relative Anteil an Haltungen mit einem Faktorwert  $\geq 7$  (hohe bis sehr hohe Einstufung) als Schwellenwert angesetzt. Dadurch kann jeder Faktor einer der folgenden vier normierten Gesamtkategorien zugeordnet werden:

- Hohes Potenzial:  $\geq 25\%$  der Haltungen haben in der Bewertungsskala einen Faktorwert  $\geq 7$ .
- Erhöhtes Potenzial:  $\geq 10\%$  der Haltungen haben in der Bewertungsskala einen Faktorwert  $\geq 7$ .
- Mäßiges Potenzial:  $\geq 1\%$  der Haltungen haben in der Bewertungsskala einen Faktorwert  $\geq 7$ .
- Geringes Potenzial:  $< 1\%$  der bewerteten Haltungen haben in der Bewertungsskala einen Faktorwert  $\geq 7$ .

In Abbildung 16 sind die absoluten Häufigkeiten der zehn Bewertungsklassen für die vier Handlungsoptionen dargestellt (Indikatoren C bis F), die sich aus den Bewertungen der Einzelfaktoren ergeben. Die Bewertungen der Indikatoren bilden die Grundlage für die Empfehlung von Handlungsoptionen. Neben der Ableitung einer Empfehlung sind die Indikatorwerte auch für die Beurteilung der als "zu prüfen" eingestuften Haltungen von Bedeutung. Bei diesen Haltungen kann keine eindeutige Empfehlung ausgesprochen werden, sodass hier anhand der Höhe

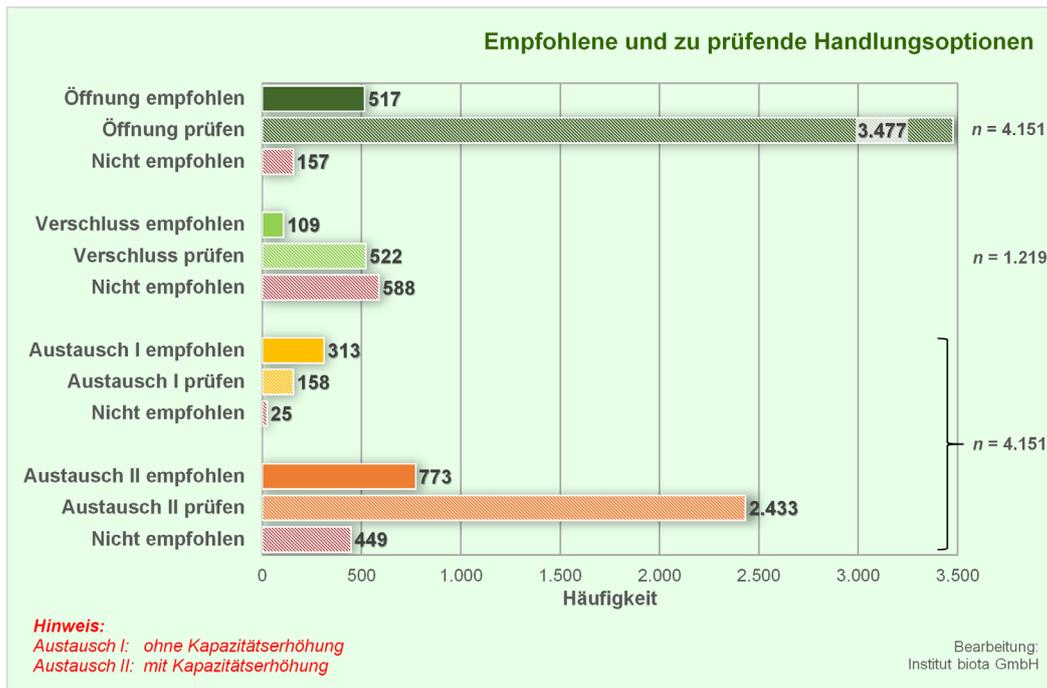
der Indikatorwerte entschieden werden sollte, ob eine jeweilige Handlungsoption in Frage kommt. Das Potenzial zur Umsetzung der vier Handlungsoptionen kann wie folgt zusammengefasst werden (Abb. 16):

- Indikator C – Öffnung: Das Potenzial zur Öffnung von Haltungen wird auf Basis der Indikatorwerte als erhöht (23,8 %) eingestuft. Insgesamt 987 Haltungen im Verbandsgebiet weisen einen Faktorwert  $\geq 7$  auf.
- Indikator D – Verschluss: Das Potenzial zum Verschluss von Haltungen wird auf Basis der Indikatorwerte als mäßig (7,4 %) eingestuft. Insgesamt 308 Haltungen im Verbandsgebiet weisen einen Faktorwert  $\geq 7$  auf. Grundsätzlich kann aber auch bei den übrigen Haltungen, für die ein Potenzial zur Bildung einer Vernässungsfläche bei Haltungsverschluss ermittelt wurde, ein Verschluss in Frage kommen. Tendenziell sind hier jedoch auf Basis der einbezogenen Datengrundlagen andere Handlungsoptionen zu bevorzugen.
- Indikator E – Austausch ohne Kapazitätserhöhung: Das Potenzial zum Austausch von Haltungen ohne Erhöhung der Kapazität wird auf Basis der Indikatorwerte als mäßig (5,8 %) eingestuft. Insgesamt 242 Haltungen im Verbandsgebiet weisen einen Faktorwert  $\geq 7$  auf.
- Indikator F – Austausch mit Kapazitätserhöhung: Das Potenzial zum Austausch von Haltungen mit Erhöhung der Kapazität wird auf Basis der Indikatorwerte als erhöht (24,3 %) eingestuft. Insgesamt 1.009 Haltungen im Verbandsgebiet weisen einen Faktorwert  $\geq 7$  auf.



**Abbildung 16**

Absolute Häufigkeiten der Bewertungsklassen (z-transformiert und normiert) für die Handlungsoption "Öffnung" (Indikator C) für die Haltungen des Wasser- und Bodenverbandes "Warnow-Beke" (aus: BIOTA, 2022c).  
 Absolute frequencies of the rating classes (z-transformed and normalised) for the action option "opening up" (indicator C) for the piped sections of the water and soil association "Warnow-Beke" (from: BIOTA, 2022c).



**Abbildung 17**

Absolute Häufigkeiten der eindeutig empfohlenen Handlungsoptionen sowie der als "zu prüfen" eingestuften Handlungsoptionen für die Haltungen des Wasser- und Bodenverbandes "Warnow-Beke" (aus: BIOTA, 2022c).  
 Absolute frequencies of the clearly recommended options for action and the options for action classified as to be examined for the piped sections of the water and soil association "Warnow-Beke" (from: BIOTA, 2022c).

Bezüglich dieser Auswertungen ist zu berücksichtigen, dass allein die Höhe der Indikatorwerte nicht zwangsläufig eine Empfehlung der Handlungsoption bedingt. Die Entscheidung, ob eine Handlungsoption für eine Haltung empfohlen wird, erfolgt auf Basis des Abstandes der Handlungsoptionen mit dem höchsten und dem zweithöchsten Indikatorwert (Kapitel 3.3). Somit können auch solche Handlungsoptionen mit einem hohen Indikatorwert als "zu prüfen" eingestuft sein. Diese Fällen sollte insbesondere hinsichtlich ihrer Machbarkeit nachgegangen werden, da durchaus ein Potenzial zur Realisierung gegeben sein kann.

Für insgesamt 1.712 Haltungen (41,2 %) kann auf Basis des Bewertungsalgorithmus eine der vier möglichen Handlungsoption eindeutig empfohlen und wie folgt beschrieben werden (Abb. 17):

- **Öffnung:** Es besteht ein erhöhtes Potenzial zur Öffnung von Haltungen. Diese Handlungsoption wird für 517 Haltungen (12,5 %) eindeutig empfohlen.
- **Verschluss:** Es besteht ein mäßiges Potenzial zum Verschluss von Haltungen. Diese Handlungsoption wird für insgesamt 109 Haltungen (2,6 %) eindeutig empfohlen. Bei diesen Haltungen besteht damit ein Potenzial zur Einrichtung eines Binnenentwässerungsgebiets bzw. dessen Wiederherstellung, sofern es sich um ein historisches Binnenentwässerungsgebiet handelt.
- **Austausch ohne Kapazitätserhöhung:** Für insgesamt 313 Haltungen (7,5 %) wird ein Austausch ohne Erhöhung der Hal-

tungskapazität empfohlen (Austausch I). Bei diesen Haltungen wurde keine Überlastung festgestellt.

- **Austausch mit Kapazitätserhöhung:** Für insgesamt 773 Haltungen (18,6 %) wird aufgrund ihrer tendenziell häufigen Überlastung ein Austausch mit Erhöhung der Haltungskapazität empfohlen (Austausch II). Dieses Ergebnis spiegelt die festgestellte häufige hydraulische Überlastungssituation der Haltungen im Verbandsgebiet wider.

Für insgesamt 2.439 Haltungen (58,7 %) kann keine eindeutige Empfehlung einer Handlungsoption erfolgen, da die jeweils höchsten Indikatorwerte der Handlungsoptionen sehr nahe beieinanderliegen. Daher wird für diese Haltungen eine Prüfung der beiden Handlungsoptionen mit den höchsten Indikatorwerten hinsichtlich Machbarkeit empfohlen.

Ein kartographisches Fallbeispiel zur Empfehlung einer Handlungsoption zeigt Abbildung 18, was verdeutlicht, dass die fachlichen Empfehlungen nach der Methodik zunächst streng nur haltungsweise zu interpretieren sind. Systemfolgen und damit gegebene Abhängigkeiten von Maßnahmen müssen nachfolgend sachgerecht berücksichtigt werden.

**4.3 Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit (Indikator G)**

Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit wird auf insgesamt sieben kostenbestimmende Faktoren zurückgegriffen (s. o.). Dies zeigt in der Übersicht die Abbildung 19 für die absoluten Häufigkeiten der zehn Bewertungsklassen bei den einzelnen Faktoren.



## 5 Diskussion

Für verschiedene Wasser- und Bodenverbände (WBV) in Mecklenburg-Vorpommern (M-V) wurde ein EG-WRRL-konformes Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) für verrohrte Fließgewässer entwickelt und flächendeckend angewandt. So konnten neben Empfehlungen für Austausch/Instandsetzung oder Kapazitätserweiterung von Rohrleitungen auf Haltungsebene auch und vor allem erhebliche Potenziale zur Öffnung und zum Verschluss von Haltungen aufgezeigt werden (Indikatoren C bzw. D).

Die Verminderung von Unsicherheiten bei wasserwirtschaftlichen Entscheidungen durch Verfügbarmachung und entscheidungsrelevante Systematisierung des vorhandenen Wissens stand bei der Entwicklung des EUS im Vordergrund (LIU et al., 2007; HÖLLERMANN & EVERS, 2015). Infolge der praktizierten Vorgehensweise konnten

- a) die praktischen Belange der WBV im Sinne von "Endnutzern" des EUS berücksichtigt werden (WARDROPPER et al., 2021), insbesondere auch im Hinblick auf Fragestellungen, Fachinhalte und Benutzerfreundlichkeit (DE KOK & WIND, 2003, GUIPPONI & SGOBBI, 2013),
- b) eine Kopplung an räumliche, von den regionalen Entscheidungsträgern bzw. Praktikern genutzte Datenbanken bzw. GIS-Systeme erfolgen (CANDIDO et al., 2022; WARDROPPER & BROOKFIELD, 2022) und
- c) eine räumliche Übertragbarkeit des Ansatzes auf andere WBV (PALUTIKOF et al. 2019) abgesichert werden.

Grundsätzlich sind bei Entscheidungsunterstützungssystemen (EUS) auf der Basis von bestehenden Daten und Informationen aber auch Unsicherheiten in Bezug auf Daten- und Berechnungsgrundlagen zu diskutieren. Der digitale Ausgangsdatensatz für das EUS in Bezug auf die Gewässer 2. Ordnung in M-V bzw. die Rohrleitungsabschnitte und ihre Kenngrößen ist in dieser Hinsicht mittlerweile als fundiert einzuschätzen. Wenn heute in M-V von 7.165 km verrohrten Gewässern ausgegangen wird, waren es im Jahr 2003, bei gerade erst beginnender Digitalisierung, nur ca. 5.630 km (MEHL et al., 2003; KOLLATSCH, et al., 2003). Um die Qualität der Grundlagendaten abzusichern, wurden die Daten ausführlich geprüft, ggf. korrigiert und die maßgeblichen Bewertungsfaktoren sowie die erhaltenen Zwischen- und Endergebnisse durch die beteiligten WBV in einer Reihe von Prüfschritten validiert (KUMAR et al., 2011).

Das Verfahren wurde als offener Ansatz konzipiert, sodass es grundsätzlich bei Bedarf um zusätzliche Komponenten wie Bewertungsfaktoren oder auch ganze Bewertungsebenen erweitert werden kann. Ein potenzieller Bewertungsfaktor, um den das Verfahren erweitert werden könnte, ist die Erfassung und Einstufung von Bauwerksschäden auf Basis von DWA-M 149-1 bis 149-3, DWA-M 149-5 sowie DWA-M 150. Eine entsprechende Berücksichtigung in der aktuellen Verfahrensversion war aufgrund fehlender flächendeckender und vor allem digitaler Daten zu bereits erfassten Bauwerksschäden nicht möglich.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studien inklusive des entwickelten Bewertungstools sollen den folgenden Zwecken dienen:

- Einschätzung der Gesamtsituation hinsichtlich des Zustands aller Haltungen im jeweiligen Verbandsgebiet und der daraus abgeleiteten potenziellen Hochwassergefährdung sowie des Schadenspotenzials.
- Schaffung einer objektiven Möglichkeit zur flächendeckenden Abschätzung des Sanierungsbedarfs bzw. der Handlungsoptionen.
- Flächendeckende Einschätzung des Potenzials zur Renaturierung und damit zur Umsetzung der EG-WRRL.
- Objektive Unterstützung der WBV und der Fachbehörden bei der Entscheidungsfindung im Zuge von Planungsprozessen für geeignete Maßnahmen zum Umgang mit verrohrten Gewässerabschnitten.
- Schaffung einer Prüfungsmöglichkeit bei sich ändernden Haltungsparametern und/oder Randbedingungen über die Szenario-Funktion im Bewertungstool.
- Schaffung fachlich begründeter Argumentationsgrundlagen für die Beantragung/Nutzung von Förder-/Finanzierungsmöglichkeiten von Maßnahmen zur Gewässerunterhaltung und/oder zum Gewässerausbau für die WBV und die Gemeinden.
- Beitrag zum aktiven Gewässer-, Natur- und/oder Hochwasserschutz mit zahlreichen Synergiepotenzialen in den Bereichen Moor- und Klimaschutz, Bodenschutz sowie für eine klima- und biodiversitätsfreundliche Landwirtschaft.

## 6 Schlussfolgerungen

Aufbau und Methodik des Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) und die damit erhaltenen Ergebnisse stellen wichtige Bausteine im Hinblick auf die Erreichung der EG-WRRL-Ziele dar. Durch die Fokussierung auf die Gewässer 2. Ordnung werden nicht nur die gemäß Anhang V EG-WRRL berichtspflichtigen Fließgewässer im Verbandsgebiet betrachtet, sondern insbesondere auch die kleineren, nicht-berichtspflichtigen Gewässer. Damit zeigt die Methodik Ansatzpunkte auf, die EG-WRRL gezielt unter dem Aspekt des hydrologischen/landschaftsökologischen Systembezugs umzusetzen und dabei nicht nur den EG-WRRL-Wasserkörper selbst, sondern dessen gesamtes Einzugsgebiet mit allen Zuflüssen/Nebengewässern zu berücksichtigen. Gerade mit Blick auf Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoff- und Schadstoffeinträgen für Küstengewässer und Meere müssen die Binnengewässer den Ansatzpunkt zur Umsetzung dieser Maßnahmen bilden (vgl. auch Erwägungsgrund Nr. 17 der EG-WRRL), sodass die Zustandsverbesserung der Binnengewässer auch zur Erreichung der Ziele der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) beiträgt. Darüber hinaus wurden an mehreren Stellen der Methodik bzw. in den Studien Bezüge zu weiteren bedeutenden Europäischen Richtlinien in den Bereichen Hochwasserschutz, Naturschutz, Klimaschutz, Bodenschutz, nachhaltige Landwirtschaft aufgezeigt. Hier sind die entsprechenden Synergieeffekte hervorzuheben, sowohl bei der Umsetzung von Maßnahmen, als auch im Hinblick auf deren Finanzierung. Insofern ist der Ansatz als synergieorientierter Beitrag zur Unterstützung der Gewässerschutz- und Naturschutzziele (insbesondere EG-WRRL, FFH-

RL, BNatSchG), des Green Deals der Europäischen Kommission (insbesondere EU-Biodiversitätsstrategie für 2030, Vorschlag der EU-Kommission für einen Natur-Wiederherstellungsplan (Europäische Kommission, 2022)), aber auch des Klima- und Bodenschutzes (z. B. BMU, 2021; KSG für den Sektor Landwirtschaft) sowie für eine biodiversitäts- und klimafreundliche Landwirtschaft (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021; MV Zukunftsrat, 2021) zu werten. Außerdem bestehen etliche fachlich-inhaltliche Anknüpfungspunkte zum aktuellen "Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz" des BMUV (2022).

Der Aspekt Hochwasserschutz wird explizit auf der 1. Ebene des Bewertungsalgorithmus betrachtet und bewertet, indem eine umfassende Auswertung der gegenwärtigen Belastungssituation durch die vorhandenen Rohrleitungen im Verbandsgebiet hinsichtlich der von ihnen ausgehenden Hochwassergefährdung aber auch hinsichtlich der damit verbundenen potenziellen Betroffenheit (Hochwasserschadenspotenzial) vorgenommen wird. Insofern bilden die Studien auch eine Grundlage zur Hochwasserprävention (Handlungsfeld "Vorsorge").

Anhand der vorgenommenen Priorisierung können potenzielle Gefahrenlagen detektiert und frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden, um drohende Überlastungen einzelner Haltungen oder auch ganzer Rohrleitungssysteme zu verhindern. Auf diese Weise liefern die Studien auch erstmalig komplementäre Informationen zu den Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten gemäß Artikel 6 HWRM-RL bzw. § 74 WHG, die in M-V gemäß Anhang IV Hochwasserrisikomanagementplan (LM M-V, 2021) bislang nur für potenziell signifikante Risikogebiete vorliegen.

## Conclusion

The structure and methodology of the decision support system and the results obtained with it represent important building blocks with regard to achieving the WFD targets. By focussing on the second order water bodies, not only the watercourses in the association area that are subject to reporting according to Annex V of the WFD are considered, but also in particular the smaller water bodies that are not subject to reporting. In this way, the methodology shows starting points for implementing the WFD specifically under the aspect of the hydrological/landscape-ecological system reference, taking into account not only the WFD water body itself, but its entire catchment area with all tributaries/side waters. Especially with regard to measures to reduce nutrient and pollutant inputs for coastal waters and seas, inland waters must be the starting point for implementing these measures (cf. also Recital No. 17 of the WFD), so that improving the status of inland waters also contributes to achieving the objectives of the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD). In addition, references to other important European directives in the areas of flood protection, nature conservation, climate protection, soil protection and sustainable agriculture were pointed out at several points in the methodology and in the studies. The corresponding synergy effects should be emphasised here, both in the implementation of measures and with regard to their financing.

In this respect, the approach is to be seen as a synergy-orientated contribution to supporting water protection and nature conservation goals (especially WFD, FFH-RL, BNatSchG), the European

Commission's Green Deal (especially EU Biodiversity Strategy for 2030, EU Commission proposal for a Nature Restoration Plan (European Commission, 2022)), but also climate and soil protection (e.g. BMU, 2021; KSG for the agricultural sector) as well as for a biodiversity and climate-friendly agriculture (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021; MV Zukunftsrat, 2021).

In addition, there are a number of technical and content-related links to the current "Action Programme for Natural Climate Protection" of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU, 2022).

The aspect of flood protection is explicitly considered and evaluated at the first level of the evaluation algorithm by carrying out a comprehensive evaluation of the current load situation caused by the existing pipelines in the association area with regard to the flood hazard they pose, but also with regard to the associated potential impact (flood damage potential). The studies thus also form a basis for flood prevention (field of action "prevention").

Based on the prioritisation carried out, potential danger situations can be detected and measures can be taken at an early stage to prevent imminent overloads of individual pipes or even entire pipeline systems. In this way, the studies also provide for the first time complementary information to the flood hazard maps and flood risk maps according to Article 6 FRMD and § 74 WHG, respectively, which in Mecklenburg-Western Pomerania according to Annex IV Flood Risk Management Plan (LM M-V, 2021) have so far only been available for potentially significant risk areas.

## Erklärung zur Datenverfügbarkeit

Die Daten, auf denen die Erkenntnisse dieser Studie beruhen, stehen bei den Autoren der beteiligten Wasser- und Bodenverbände zur Verfügung; die Verfügbarkeit von Daten, die im Rahmen einer Lizenz (Geodaten des Landes M-V) für die aktuelle Studie verwendet wurden, ist jedoch eingeschränkt, weshalb diese nicht öffentlich zugänglich sind. Daten stehen jedoch auf ordnungsgemäße Anfrage beim jeweiligen Verfasser und mit der Zustimmung des jeweiligen Wasser- und Bodenverbandes sowie des Landes M-V zur Verfügung.

## Anmerkung und Danksagung

Die Autoren danken dem Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt M-V und den nachgeordneten Behörden (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V, beteiligte Staatliche Ämter für Landwirtschaft und Umwelt) für die finanzielle Förderung von drei der hier behandelten Vorhaben als konzeptionelle Maßnahmen im Rahmen der WasserFöRL M-V sowie für die Unterstützung durch den fachlichen Dialogprozess.

Den Reviewern wird für die sehr wertvollen Hinweise gedankt.

## Anschriften der Verfasser

Dr. Dr. Dietmar Mehl

Simon Schönrock, M. Sc.

Dr. Tim G. Hoffmann

Janette Iwanowski, M. Sc.

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Nebelring 15, 18246 Bützow

postmaster@institut-biota.de

Rüdiger Barz, Dipl.-Ing.  
Stephan Larisch †, M. Sc.  
Wasser- und Bodenverband "Warnow-Beke"  
Neukirchener Weg 27, 18246 Jürgenshagen  
wbv\_warnow-beke@t-online.de

Heike Gieler, Dipl.-Ing.  
Daniel Bartsch, B. Sc.  
Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste"  
Alt Bartelsdorfer Straße 18 a, 18146 Rostock  
wbv-rostock@wbv-mv.de

Carina Kaminski, Dipl.-Ing. (FH)  
Wasser- und Bodenverband "Wallensteingraben-Küste"  
Am Wehberg 17, 23972 Dorf Mecklenburg  
wbv\_wismar@wbv-mv.de

Mark Sierks, Dipl.-Ing.  
Wasser- und Bodenverband "Schweriner See/Obere Sude"  
Rogahner Straße 96, 19061 Schwerin  
kontakt@wbv-sn.de

Anke Tiefmann, Dipl.-Ing. (FH)  
Katja Schulz, Dipl.-Ing.  
Wasser- und Bodenverband "Obere Peene"  
An der Schlakendorfer Straße 13, 17154 Neukalen  
obere-peene@wbv-mv.de

### Literaturverzeichnis

- BAHRENBURG, G., E. GIESE, N. MEVENKAMP & J. NIPPER, J. (2017):  
Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. –  
Stuttgart (Borntäger), 280 S.
- BELLETTI, B., C. GARCIA DE LEANIZ, J. JONES et al. (2020): More than  
one million barriers fragment Europe's rivers. – *Nature* 588: 436–441.
- BIOTA (2010): Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung  
von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung  
GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und  
Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 102 S.
- BIOTA (2012): Überarbeitung und Aktualisierung der Karte der mittleren  
Abflüsse und mittleren Niedrigwasserabflüsse für Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung  
GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und  
Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 97 S.
- BIOTA (2014): Klassifizierung des Wasserhaushalts von EG-WRRRL-relevanten  
Wasserkörpern und deren Einzugsgebieten in Mecklenburg-Vorpommern. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung  
GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und  
Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 118 S.
- BIOTA (2016): Überarbeitung und Aktualisierung der Regionalisierung  
der Hochwasserkennwerte für Mecklenburg-Vorpommern. – biota –  
Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag  
des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 104 S.
- BIOTA (2019a): Hydraulische Berechnungen der Rohrleitungen des Wasser-  
und Bodenverbandes "Untere Warnow-Küste". – biota – Institut  
für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser-  
und Bodenverbandes "Untere Warnow-Küste".
- BIOTA (2019b): Hydraulische Berechnungen der Rohrleitungen des Ver-  
bandes. – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung  
GmbH im Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes "Schweriner  
See/Obere Sude" 28 S.
- BIOTA (2022a): Studie zur Ermittlung des fachlichen Potenzials/der Rand-  
bedingungen zur Öffnung von Rohrleitungen im Verbandsgebiet  
des WBV "Obere Peene" als regionaler Beitrag zur Umsetzung der  
Ziele der EG-WRRRL. – biota – Institut für ökologische Forschung  
und Planung GmbH im Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes  
"Obere Peene", 152 S.
- BIOTA (2022b): Studie zur Überlastung und bestimmenden Randbe-  
dingungen zur Öffnung von verrohrten Gewässern 2. Ordnung im  
Verbandsgebiet des WBV "Untere Warnow-Küste" als regionaler  
Beitrag zur Umsetzung der Ziele der EG-WRRRL. – biota – Institut für  
ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser-  
und Bodenverbandes "Untere Warnow-Küste", 144 S.
- BIOTA (2022c): Studie zur Überlastung und bestimmenden Randbe-  
dingungen zur Öffnung von verrohrten Gewässern 2. Ordnung im  
Verbandsgebiet des WBV "Warnow-Beke" als regionaler Beitrag zur  
Umsetzung der Ziele der EG-WRRRL. – biota – Institut für ökologische  
Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser- und Boden-  
verbandes "Warnow-Beke", 150 S.
- BIOTA (2023): Studie zur Überlastung und bestimmenden Randbedin-  
gungen zur Öffnung von verrohrten Gewässern 2. Ordnung im  
Verbandsgebiet des WBV "Wallensteingraben-Küste" als regionaler  
Beitrag zur Umsetzung der Ziele der EG-WRRRL. – biota – Institut für  
ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser-  
und Bodenverbandes "Wallensteingraben-Küste", in Vorbereitung.
- BIRNIE-GAUVIN, K., K. AARESTRUP, T.M.O. RIIS, N. JEPSEN & A. KOED  
(2017): Shining a light on the loss of rheophilic fish habitat in low-  
land rivers as a forgotten consequence of barriers, and its implica-  
tions for management. – *Aqua. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*  
27: 1345–1349.
- BMU (2021): Nationale Moorschutzstrategie. 1. September 2021. –  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicher-  
heit [Hrsg.], 54 S.
- BMUV (2022): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Entwurf. –  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz [Hrsg.], 69 S.
- BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesna-  
turschutzgesetz - BNatSchG) vom 29.07.2009 (BGBl. I S. 2542), zu-  
letzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022.
- BORTZ, J. & C. SCHUSTER (2016): Statistik für Human- und Sozialwissen-  
schaftler. – Heidelberg (Springer-Verlag), 7. Aufl., 655 S.
- CANDIDO, L.A., G.A.G. COELHO, M.M.G.A. DE MORAES & L. FLORÊNCIO  
(2022): Review of Decision Support Systems and Allocation Models  
for Integrated Water Resources Management Focusing on Joint  
Water Quantity-Quality. – *J. Water Resour. Plann. Manage.* 148 (2):  
03121001.
- DE KOK, J.-L. & H.G. WIND (2003): Design and application of decision-  
support systems for integrated water management: lessons to be  
learned. – *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28 (14-15):  
571-578.
- DIN 19661-1:1998-07: Wasserbauwerke - Teil 1: Kreuzungsbauwerke;  
Durchleitungs- und Mündungsbauwerke. – DIN Deutsches Institut  
für Normung e. V. [Hrsg.], Beuth-Verlag.
- DIN 4047-5:1989-03: Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe; Ausbau  
und Unterhaltung von Gewässern. – DIN Deutsches Institut für Nor-  
mung e. V. [Hrsg.], Beuth-Verlag.
- DWA-M 149-1: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungs-  
systemen außerhalb von Gebäuden. Teil 1: Grundlagen. – Deutsche  
Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA),  
Mai 2018, 34 S.
- DWA-M 149-2: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungs-  
systemen außerhalb von Gebäuden. Teil 2: Kodiersystem für die  
optische Inspektion. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Dezember 2013, korrigierte Fas-  
sung Januar 2019, 57 S.

- DWA-M 149-3: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), April 2015, korrigierte Fassung Oktober 2016, 70 S.
- DWA-M 149-5: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 5: Optische Inspektion. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Dezember 2010, 26 S.
- DWA-M 150: Datenaustauschformat für die Zustandserfassung von Entwässerungssystemen. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), April 2010; korrigierte Fassung November 2018, 55 S.
- EU-Biodiversitätsstrategie für 2030: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. – Europäische Kommission, COM(2020) 380 final vom 20.05.2020, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/DOC/?uri=CELEX:52020DC0380>, Abruf am 29.04.2023.
- Europäische Kommission (2022): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Wiederherstellung der Natur, COM(2022) 304 final, URL: [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12596-Schutz-der-biologischen-Vielfalt-Ziele-fur-die-Wiederherstellung-der-Natur-im-Rahmen-der-EU-Biodiversitätsstrategie\\_de](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12596-Schutz-der-biologischen-Vielfalt-Ziele-fur-die-Wiederherstellung-der-Natur-im-Rahmen-der-EU-Biodiversitätsstrategie_de), Abruf am 07.10.2022.
- FFH-RL (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21.05.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206, 22.07.1992, p.7), zuletzt geändert durch RL 2013/17/EU des Rates vom 13.05.2013.
- FOHRER, N. & B. SCHMALZ, B. (2012): Das UNESCO Ökohydrologie-Referenzprojekt Kielstau-Einzugsgebiet – nachhaltiges Wasserressourcenmanagement und Ausbildung im ländlichen Raum. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 56 (4): 160-168.
- FULLER, M.R., M.W. DOYLE & D.L. STRAYER (2015): Causes and consequences of habitat fragmentation in river networks: river fragmentation. – Ann. New York Academy of Sciences. 1355: 31–51.
- GUIPPONI, C. & A. SGOBBI (2013): Decision Support Systems for Water Resources Management in Developing Countries: Learning from Experiences in Africa. – Water 2013 (5): 798-818.
- GRIZZETTI, B., C. LIQUETE, A. PISTOCCHI, O. VIGIAK, G. ZULIAN, F. BOU-RAOUI, A. DE ROO & A.C. CARDOSO (2019): Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. – Sci. Total Environ. 671: 452–465.
- HÖLLERMANN, B. & M. EVERS (2015): Ein risikobasiertes Integrations- und Analysekonzept zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bei wasserwirtschaftlichen Entscheidungen. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 59 (5): 255-263.
- HURTIG, T. (1966): Betrachtungen über den Verlauf der Hauptwasser-scheide in Mecklenburg. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, 15. Jahrgang, Mat.-Naturwissen. R., Heft 3/1, S. 581-585.
- HWRM-RL (Europäische Hochwasserrichtlinie): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, Amtsblatt der EG Nr. L 288 vom 06.11.2007.
- JENCISO, K.G., B.L. MCGLYNN, M.N. GOOSEFF, S.M. WONDZELL, K.E. BENCALA & L.A. MARSHALL (2009): Hydrologic connectivity between landscapes and streams: Transferring reach- and plot-scale understanding to the catchment scale. – Water Resources Research 45 (4), 16 S.
- JONES, P.E., S. CONSUEGRA, L. BÖRGER, J. JONES & C. GARCIA DE LEANIZ (2020): Impacts of artificial barriers on the connectivity and dispersal of vascular macrophytes in rivers: a critical review. – Freshw. Biol. 65: 1165–1180.
- KOEPKE, V. et al. (1989): Bodenwasserregulierung – Anleitung zur Standortkennzeichnung und Anlagendiagnose. – Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg [Hrsg.], 139 S.
- KOLLATSCH, R.-A., B. NEUMANN, D. MEHL & A. MARQUARDT (2003): Künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper in Mecklenburg-Vorpommern: Zum Problem der Gewässerverrohrungen. – KA Abwasser, Abfall 50 (9), S. 1124-1128.
- KSG: Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12.12.2019 (BGBl. I S. 2513), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18.08.2021 (BGBl. I S. 3905).
- KUMAR, M., M. KUMAR & R.K. CHAUHAN (2011): A Review on Decision Support System for Water Resource Development and Management. – Indian J. Dryland Agric. Res. & Dev. 2011 26 (1) : 8-15.
- LIU, S., A.H.B. DUFFY, R.I. WHITFIELD & I.M. BOYLE (2007): Integration of decision support systems to improve decision support performance. – KAIS 1590R2 fullPaper, 31 S.
- LM (2020): Gewässerunterhaltung sichern/unterirdische Wasserläufe instandsetzen. – Bericht zur Drucksache 7/3048 zur Vorlage im Ausschuss für Landwirtschaft und Umwelt des Landtages. – Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 40 S.
- LV WBV M-V (2022): Angaben zum Anlagenbestand und zu weiteren technischen Kenndaten der Wasser- und Bodenverbände in Mecklenburg-Vorpommern. – Landesverband der Wasser- und Bodenverbände Mecklenburg-Vorpommern.
- LV WBV S-H (2017): Weitblick Wasser. Gemeinsam in die Zukunft Schleswig-Holsteins. Analyse. – Landesverband der Wasser- und Bodenverbände Schleswig-Holstein, 29 S.
- LWaG M-V: Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG M-V) vom 30.11.1992 (GVOBl. M-V 1992, S. 669), zuletzt geändert durch Gesetz vom 08.06.2021 (GVOBl. M-V 2021, S. 866).
- PALUTIKOF, J.P., R.B. STREET & E.P. GARDINER (2019): Looking to the future: guidelines for decision support as adaptation practice matures. – Climatic Change 153: 643-655.
- MARCINEK, J. (1968): Entwicklungsphasen eines Gewässernetzes. Das Flussnetz im Nordostraum der DDR. – Wissenschaft und Fortschritt 10, S. 464-476.
- MARCINEK, J. (1975): Versuch einer Gliederung der DDR auf morphogenetischer Grundlage. – Petermanns Geographische Mitteilungen 119 (3), S. 209-213.
- MARCINEK, J. (1978): Phasen der Gewässernetz- und Reliefentwicklung im Jungmoränengebiet der DDR. – Wiss. Z. Univ. Greifswald, Math.-nat. R. 1/2, S. 63-64.
- MEHL, D. (1998): Die Fließgewässertypen der jungglazialen Naturräume Mecklenburg-Vorpommerns. Ein landschafts- und gewässerökologischer Beitrag. – Dissertation, Universität Rostock, Agrar- und umweltwissenschaftliche Fakultät, 201 S.
- MEHL, D. (2004): Grundlagen hydrologischer Regionalisierung: Beitrag zur Kennzeichnung der hydrologischen Verhältnisse in den Flussgebieten Mecklenburgs und Vorpommerns. – Dissertation, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, 156 S.
- MEHL, D., A. MARQUARDT, R.-A. KOLLATSCH & B. NEUMANN (2003): Bestandsaufnahme nach Wasserrahmenrichtlinie in Mecklenburg-Vorpommern: Zum Ausmaß der Fließgewässerverrohrung. – Wasserwirtschaft 09/2003, S. 42-46.
- MSRL (Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie): Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.06.2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt, Amtsblatt der EG Nr. L 164 vom 25.06.2008.

- MV Zukunftsrat (2021): Unsere Zukunft ist jetzt! Für ein nachhaltiges, digitales und gemeinwohlorientiertes MV. Zukunftsbilder und ein Zukunftsprogramm des MV Zukunftsrates für die Jahre 2021 – 2030. – MV Zukunftsrat bei der Staatskanzlei Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 62 S.
- NAIMAN, R. J. & H. DECAMPS (1997): The ecology of interfaces: Riparian zones. – *Annual review of ecology and systematics* 28: 621-658.
- OGewV: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).
- PALUTIKOF, J.P., R.B. STREET & E.P. GARDINER (2019): Looking to the future: guidelines for decision support as adaptation practice matures. – *Climatic Change* 153: 643-655.
- PINAY, G., N.E. HAYCOCK, C. RUFFINONI & R.M. HOLMES (1994): The role of denitrification in nitrogen removal in river corridors, in: Mitsch, W. J. [Ed.]: *Global wetlands: old world and new*. – Amsterdam (Elsevier): 107-117.
- PINSON S.D., J.A. LOUCA & P. MORAITIS (1997): A distributed decision support system for strategic planning. – *Decision Support Systems* 20 (1): 35-51.
- RICHTER, B.D., J.V. BAUMGARTNER, R. WIGINGTON & D.P. BRAUN (1997): How much water does a river need? – *Freshwater Biology* 37: 231-249.
- SCHMITZ, G.H., J. CULLMANN, A. PHILIPP, T. KRAUSSE & F. LENNARTZ (2008): Nutzung künstlicher neuronaler Netze zur Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für operative und wasserwirtschaftliche Maßnahmen. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 52 (4): 187-197.
- SCHUMANN, D. (1968): Zur Definition, Verbreitung und Entstehung der Binnenentwässerungsgebiete. – *Geograph. Ber.* 46/1, S. 22-32.
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN [Hrsg.] (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) (Stuttgart), 2. völlig neu bearb. Aufl., 622 S.
- TGL 24 299: Meliorationen. Be- und Entwässerung. Termini und Definitionen. DDR-Standard. – Verlag für Standardisierung, Dezember 1988.
- THORP, J.H., M.C. THOMS & M.D. DELONG (2006): The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. – *River Res. Appl.* 22: 123-147.
- VORMELCHERT, K. H. & H. BOESLER (1978): Flurmelioration, in: Löffler, K. [Hrsg.] (1978): *Taschenbuch der Melioration. Projektierung*. – Berlin (VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag), S. 495-507.
- VSchRL: Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30.11.2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (ABl. L 020, 26.01.2010, p.7), zuletzt geändert durch RL2013/17/EU des Rates vom 13.05.2013.
- WARD, J.V. (1989): The four-dimensional nature of lotic ecosystems. – *J. N. Am. Benthol. Soc.* 8: 2-8.
- WARDROPPER, C.B. & A. BROOKFIELD (2022): Decision-support systems for water management. – *Journal of Hydrology* 610, 127928.
- WARDROPPER, C.B., J.P. ANGERER, M. BURNHAM, M.E. FERNÁNDEZ-GIMÉNEZ, V.S. JANSEN, J.W. KARL, K. LEE & K. WOLLSTEIN (2021): Improving rangeland climate services for ranchers and pastoralists with social science. – *Current Opinion in Environmental Sustainability* 52: 82-91.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 20.07.2022 (BGBl. I S. 1237).
- WOLSKE, D. & G. BEYER (1978): Natürliche Vorflut, in: LÖFFLER, K. [Hrsg.] (1978): *Taschenbuch der Melioration. Projektierung*. – Berlin (VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag), S. 346-408
- Zukunftskommission Landwirtschaft (2021): *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe*. – Zukunftskommission Landwirtschaft [Hrsg.], 187 S.