



## Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer

### Teil A Fließgewässer- Hydromorphologie

Ergänzungsband 2017



Niedersachsen





# Wasserrahmenrichtlinie Band 10

Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

## Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer

### Teil A Fließgewässer- Hydromorphologie

#### Ergänzungsband 2017

Empfehlungen zu Auswahl, Prioritätensetzung  
und Umsetzung von Maßnahmen zur Entwicklung  
niedersächsischer Fließgewässer



**Niedersachsen**

Herausgeber:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)  
Am Sportplatz 23  
26506 Norden

Bearbeitung Steckbriefe:

Arbeitsgruppe Maßnahmen der Fachgruppe Oberflächengewässer:  
Sellheim, Peter – NLWKN GB VII Hannover-Hildesheim (Leitung)  
Suhrhoff, Peter – NLWKN GB III Brake-Oldenburg (Steckbriefe)  
Kubitzki, Jens – Gewässer- und Landschaftspflegeverband Südheide  
Schatz, Jens; Prange, Hilke – NLWKN GB II Direktion  
Schmieda, Uwe – Ingenieurgemeinschaft agwa Hannover

Bearbeitung Priorisierung:

Neumann, Petra; Suhrhoff, Peter – NLWKN GB III Brake-Oldenburg

Unter Mitwirkung von:

Dr. Pinz, Katharina – NLWKN GB III Lüneburg  
Schackers, Bernd – UIH (Umwelt- und Planungsbüro Hötter)

Gestaltung: Kuckluck, Bettina – NLWKN GB III Lüneburg

Titelbilder: Einbau von Festsubstraten zur Verbesserung der Sohlstrukturen

Fotos: Knuth, V.; Rindfleisch, K.; Suhrhoff, P.

1. Auflage 2017: 1000 Exemplare

Schutzgebühr: 10,00 € zzgl. Versandkostenpauschale

Bezug:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)  
Veröffentlichungen  
Göttinger Chaussee 76 A  
30453 Hannover  
Online verfügbar unter: [www.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.nlwkn.niedersachsen.de)  
(Service > Veröffentlichungen/Webshop)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

## Inhaltsverzeichnis

### I Allgemeiner Teil

---

1	Einführung .....	5
2	Auswahl vorrangig zu bearbeitender Fließgewässer/Wasserkörper für die Umsetzung von Maßnahmen .....	7
2.1	Grundlagen.....	7
2.1.1	Notwendigkeit der Prioritätensetzung .....	7
2.1.2	Fachliche Kriterien für die Priorisierung .....	7
2.2	Bestimmung vorrangig zu bearbeitender Fließgewässer/Wasserkörper .....	9
2.2.1	Vorgehensweise .....	9
2.2.2	Prioritätenschlüssel Fließgewässer.....	11
2.2.3	Priorisierung von Marschgewässern .....	17
3	Literaturhinweise.....	18
4	Anhang .....	19
4.1	Verfahrensbeschreibung des BBM-Verfahrens (Biozönotisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos) ..	19

### II Spezieller Teil – Maßnahmenbeschreibung Maßnahmengruppe 5

---

Allgemeine Grundsätze und Anforderungen .....	22
Maßnahmensteckbriefe	
Maßnahme 5.1 Einbau von (lokalen) Kies-/Steinbänken – z. B. als Laichareale für Kieslaicher .....	26
Maßnahme 5.2 Großräumigerer Einbau von Kies – zur allgemeinen Strukturverbesserung sowie zur Restrukturierung überdimensionierter oder tiefenerodierter Gewässerstrecken .....	31
Maßnahme 5.3 Einbau bzw. gezieltes Belassen von Totholz zur allgemeinen Strukturverbesserung .....	36
Maßnahme 5.4 Restrukturierung organischer Gewässer durch Totholzeinbau .....	44
Maßnahme 5.5 Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus mineralischem Hartsubstrat – Variante diagonale Grundswellen .....	47
Maßnahme 5.6 Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus mineralischen Hartsubstrat in Form zweier versetzter Schüttungen .....	54
Maßnahme 5.7 Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonale Grundswellen .....	58
Maßnahme 5.8 Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonaler, teilweise unterströmter Stamm .....	61
Maßnahme 5.9 Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonaler Lenkrechen .....	64
Maßnahme 5.10 Einbau von Strömungslenkern über Teilquerschnitte als inklinante (stromauf ausgerichtete) Lenker/Buhnen – Baumaterial optional Totholz oder mineralische Festsubstrate .....	69
Maßnahme 5.11 Einbau von Strömungslenkern über Teilquerschnitte als deklinante (stromab ausgerichtete) Lenker/Buhnen – Baumaterial optional Totholz oder mineralische Festsubstrate .....	75

Maßnahme 5.12 Einbau von Lenkbuhnen mit großen Überströmungshöhen aus mineralischen Baustoffen oder Totholz – im Regelfall als serielle, inklinante Einbauten .....	78
Maßnahme 5.13 Einbau von Dreiecksbuhnen .....	83

### **III Prioritäre Fließgewässer in Niedersachsen**

---

Tabellarische Zusammenstellung der prioritären Fließgewässer/Wasserkörper .....	86–100
Landesweite Kartendarstellung .....	Anlage

## 1 Einführung

Der von der Arbeitsgruppe Maßnahmen des NLWKN erarbeitete Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer – Teil A Fließgewässer-Hydromorphologie (Wasserrahmenrichtlinie Band 2) wurde im Jahre 2008 veröffentlicht. Wesentliches Ziel dieses Leitfadens ist es, den mit der Maßnahmenentwicklung befassten Fachdienststellen vor Ort eine fundierte Arbeits- und Orientierungshilfe an die Hand zu geben, die bei der Auswahl, Planung und Umsetzung von geeigneten hydromorphologischen Maßnahmen herangezogen werden kann.

Der nunmehr seit einigen Jahren vorliegende Leitfaden hat sich inzwischen als solide fachliche Planungs- und Arbeitshilfe für eine effiziente Maßnahmenumsetzung landesweit etabliert. Ein Kernstück des Leitfadens ist neben der Auswahl und Darstellung der landesweit vordringlich zu bearbeitenden prioritären Fließgewässer/Wasserkörper vor allem die systematische Beschreibung der planerischen und gestalterischen Details von hydromorphologischen Maßnahmen in einzelnen Maßnahmensteckbriefen. Diese insgesamt 35 einzelnen Steckbriefe spiegeln das für Niedersachsen relevante Spektrum von Maßnahmen der naturnahen Gewässergestaltung in den Grundzügen wider. Sie wurden themenbezogen in verschiedenen Maßnahmengruppen zusammengefasst und in einem landesweiten Maßnahmenkatalog zusammengestellt – ein zentraler Baustein des Ende 2016 vom NLWKN entwickelten, neuen Aktionsprogramms Niedersächsische Gewässerlandschaften.

Die Kurzbeschreibungen der in den Einzelsteckbriefen dargestellten hydromorphologisch wirksamen Maßnahmen basieren auf dem Erkenntnisstand von 2008. Sie gründen sich auf die bis dahin mit der Maßnahmenumsetzung landesweit gewonnenen Erfahrungen. Ein großer Teil der beschriebenen Maßnahmen war zudem noch wenig praxiserprobt, die eigentliche hydromorphologische Eignung und Wirksamkeit oftmals noch unklar oder gar unbekannt, Aussagen hierzu fehlten oder waren insgesamt noch wenig belastbar.

Deshalb war der Leitfaden von vornherein auf Fortschreibung und Weiterentwicklung ausgelegt. So war bereits 2008 vorgesehen, die Inhalte zu gegebener Zeit zu aktualisieren und an die im Zuge der Maßnahmenplanung und -umsetzung zwischenzeitlich gewonnenen Erkenntnisse anzupassen und entsprechend aufzuarbeiten. Überarbeitungsbedarf bestand auch für die prioritä-

ren Fließgewässer der landesweiten Gewässerkulisse, deren Auswahl aufgrund weiterentwickelter und überarbeiteter fachlicher Priorisierungskriterien ebenfalls zu aktualisieren war.

### **Fortschreibung und Überarbeitung der Maßnahmengruppe 5**

Mit der vorliegenden Überarbeitung einer der zentralen Maßnahmengruppen des Leitfadens wird nun die Arbeitshilfe fachlich schrittweise weiterentwickelt, um den genannten Zielen Rechnung zu tragen.

Die Maßnahmengruppe 5 – Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten – umfasst verschiedene Einzel- und Kleinmaßnahmen zum Einbau von Kies und Totholz, die in den vergangenen Jahren landesweit vergleichsweise häufig zum Einsatz kamen und von den unterschiedlichsten Trägern umgesetzt worden sind. Während die Erstauflage des Leitfadens nur einige wenige Steckbriefe mit eher grundsätzlichen Aussagen zu diesem Themenkomplex umfasste, wurden die planerischen und gestalterischen Hinweise für die aktuelle Überarbeitung dieser Maßnahmengruppe deutlich stärker präzisiert und fachlich differenziert und um verschiedene Einbauformen und Anwendungsoptionen erweitert. Konkrete Ausführungen zu Herkunft und Auswahl geeigneten Materials runden die einzelnen Gestaltungshinweise ab.

Insgesamt ist dabei darauf hinzuweisen, dass hinsichtlich der Eignung, Dimensionierung und hydromorphologischen Wirksamkeit einiger der vorgeschlagenen Bauformen aus den unterschiedlichsten Gründen zum Teil nur sehr wenige Erfahrungen aus der Praxis vorliegen. Hier wird es darum gehen, durch schrittweises Vorgehen und geeignetes Erproben den „hydromorphologischen“ Erkenntnis- und Erfahrungsschatz kontinuierlich zu verbessern. Näheres dazu ist den einzelnen überarbeiteten Steckbriefen 5.1 bis 5.13 zu entnehmen.

### **Aktualisierung der Prioritätsgewässer**

Die Auswahl vorrangig zu bearbeitender Gewässerabschnitte/Wasserkörper geht vor allem von den noch erhaltenen Wiederbesiedlungspotenzialen und vom Ausbreitungsvermögen der fließgewässertypischen Arten aus.

Bei der jetzt vorliegenden Aktualisierung wurden die bewährten Elemente der Prioritätensetzung für die Auswahl von Vorranggewässern/Wasserkörpern in Niedersachsen – das biologische Besiedlungspotenzial (ermittelt über den BBM-Index), die Gewässer des Fließgewässerschutzsystems Niedersachsen, aquatische FFH-Gebiete sowie überregionale Wanderrouten – beibehalten, aber um die ausgewiesenen Laich- und Aufwuchsgewässer im Verfahren des Prioritätenschlüssels ergänzt sowie aktuel-

le Ergebnisse biologischer Untersuchungen bei Bedarf eingearbeitet.

Im Ergebnis werden eine aktuelle tabellarische Auflistung der entsprechenden prioritären Wasserkörper (*Teil III – Prioritäre Fließgewässer in Niedersachsen*) und eine Karte der Prioritätsgewässer (*Anlage*) dem Leitfaden beigelegt.

## 2 Auswahl vorrangig zu bearbeitender Fließgewässer/Wasserkörper für die Umsetzung von Maßnahmen

### 2.1 Grundlagen

#### 2.1.1 Notwendigkeit der Prioritätensetzung

Der absehbare Umfang der im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) notwendigen Maßnahmen erfordert angesichts begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen zwingend eine sinnvolle Prioritätensetzung. Die Auswahl von Vorrangstrecken und vorrangig zu bearbeitenden Wasserkörpern ist daher ein wesentlicher Schritt bei der Umsetzung der WRRL. Die folgenden Ausführungen beschreiben die methodische Vorgehensweise für die landesweite Auswahl von Vorranggewässern bzw. Wasserkörpern in Niedersachsen.

#### 2.1.2 Fachliche Kriterien für die Priorisierung

Die Ziele der WRRL sind vorwiegend biozönotisch definiert. Ziele sind allgemein ausgedrückt „gute Zustände“ von Fauna und Flora. Der gute Zustand ist erreicht, wenn die Biozönose (Fische, Makrozoobenthos, Makrophyten, Phytobenthos und – soweit relevant – das Phytoplankton) nur „geringfügig“ und nicht bereits „mäßig“ vom anthropogen unbeeinflussten Zustand abweicht. Wertmaßstab ist also der natürliche Zustand.

Biozönosen bestehen aus Arten. „Gute“ Fließwasserbiozönosen werden vorrangig durch Arten charakterisiert, die sich im Laufe der Evolution eng an die guten chemisch-physikalischen und morphologisch vielfältigen Bedingungen natürlicher Fließgewässer angepasst haben und nun zwingend von diesen Bedingungen abhängen. In morphologisch stark degradierten bzw. verschmutzten Gewässern sind solche Arten in der Regel nicht lebensfähig.

Arten sind nicht einfach beliebig durch Maßnahmen installierbar. Selbst die „besten“ Maßnahmen können keine nennenswerten biologischen Wirkungen entfalten, wenn die Bestände anspruchsvoller Fließwasserarten erst einmal großräumig erloschen sind. Daher stellen noch vorhandene Bestände solcher Arten für eine erfolgreiche Umsetzung der WRRL als notwendiges Wiederbesiedlungspotenzial einen unschätzbaren Wert dar. Diese Bestände gilt es vorrangig zu sichern und wieder zur Ausbreitung zu bringen

Zwar können durch geeignete Maßnahmen die chemisch-physikalischen und morphologischen Randbedingungen geschaffen werden, damit eine intakte Fließwasserbiozönose einen Gewässerabschnitt wieder besiedeln kann. Wenn aber eine Maßnahme eine deutliche Verbesserung des biologischen Zustands bewirken soll, muss sie nicht nur sinnvoll ausgewählt, geplant und umgesetzt werden, sondern sie muss auch so lokalisiert werden, dass das gewünschte Artenspektrum überhaupt in absehbarer Zeit einwandern kann. Das bedeutet, dass Maßnahmen optimaler Weise in direktem Anschluss zu möglichst umfangreichen vorhandenen Besiedlungspotenzialen erfolgen müssen, um effektiv für die Wiederansiedlung der gewünschten Biozönosen zu sein.

Die Auswahl vorrangig zu bearbeitender Gewässerabschnitte/Wasserkörper geht daher vor allem von den noch erhaltenen Wiederbesiedlungspotenzialen und vom Ausbreitungsvermögen der fließgewässertypischen Arten aus.

Das räumliche Ausbreitungsvermögen vieler typischer Arten der Fließgewässer ist besonders entgegen der Fließrichtung sehr beschränkt (Ausnahme: viele Fische). Selbst viele Arten mit flugfähigen Verbreitungsstadien können nur sehr begrenzte Strecken zurücklegen und unterbrechen ihre Wanderung meistens, wenn sie auf ungünstige Gewässerstrecken (z. B. Stauabschnitte) stoßen. Die Ausbreitung von einem Gewässersystem in ein anderes gelingt manchen Arten nur über sehr lange Zeiträume. Noch heute gibt es z. B. beim Makrozoobenthos Unterschiede in den Artenspektren der Elbe- und Weserzuflüsse, die auf die Eiszeiten zurückgeführt werden.

Die verlässliche Voraussetzung für die erfolgreiche kontinuierliche, kurzfristige Ausbreitung (Monate bis Jahre) einer Fließwasserart über eine bestimmte Gewässerstrecke ist in der Regel, dass alle Stadien (Larven und Adulte) in dieser Strecke überlebensfähig sein müssen. Eine erfolgreiche saltatorische (sprunghafte) Ausbreitung über Gewässerstrecken hinweg, in denen eine Art nicht überlebensfähig ist (z. B. Verbreitung von Eiern oder Samen über Wasservögel) hängt dagegen von sehr vielen günstigen Zufällen ab und ist besonders beim Makrozoobenthos entsprechend unwahrscheinlich. Bei Pflanzen, die robuste Dauerstadien (z. B. Samen) produzieren und sich theoretisch ausgehend von nur einem Samen bzw. einer Zelle (Phytobenthos, Phytoplankton) auch

vegetativ vermehren können, ist die Wahrscheinlichkeit deutlich höher.

Nach diesen Überlegungen sollte ein handhabbares landesweites Prioritätensystem zur Auswahl von Vorranggewässerstrecken/Wasserkörpern in Niedersachsen vor allem folgende Elemente beinhalten und berücksichtigen (Abb. 1):

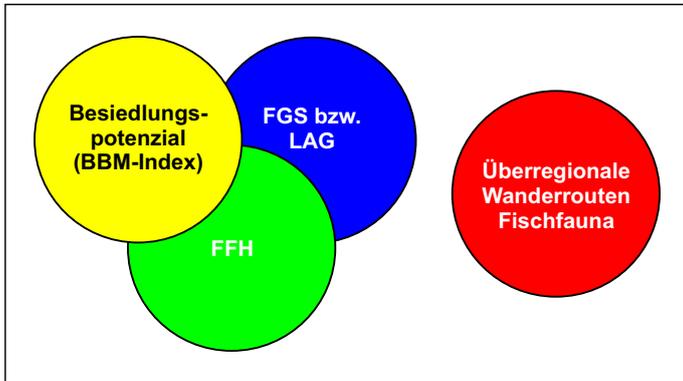


Abb. 1: Elemente der Prioritätensetzung für die Auswahl von Vorranggewässern/Wasserkörpern in Niedersachsen: Das biologische Besiedlungspotenzial (ermittelt über den BBM-Index), die Gewässer des Fließgewässerschutzsystems Niedersachsen (FGS) bzw. ausgewiesene Laich- und Aufwuchsgewässer (LAG), aquatische FFH-Gebiete sowie Überregionale Wanderrouten

### Biologisches Besiedlungspotenzial

Wie oben ausgeführt, muss eine sinnvolle Priorisierung von den Besiedlungspotenzialen, d. h. dem noch vorhandenen biologischen Kapital, ausgehen, über das entsprechend geeignete biozönotische Bewertungsverfahren Auskunft geben können. Die Bewertung des vorhandenen Besiedlungspotenzials für die Zwecke der Priorisierung erfolgt im Regelfall ausschließlich anhand des Makrozoobenthos, da diese Qualitätskomponente:

- nur über eine vergleichsweise geringe Ausbreitung und Wiederbesiedlungspotenzial verfügt
- es sich um eine sehr artenreiche Qualitätskomponente mit hohem Anteil an sehr anspruchsvollen, spezialisierten Arten handelt
- für diese Qualitätskomponente die deutlich beste Datenbasis vorhanden ist
- für diese Qualitätskomponente mit dem BBM-Verfahren (Biozönotisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos) bereits ein geeignetes und erprobtes Verfahren vorliegt, mit dem der niedersächsische Datensatz einfach ausgewertet werden kann
- gerade bei der Qualitätskomponente Makrozoobenthos bei einer guten, gewässertypischen Ausprägung der Biozönose eine sehr hohe Korrelation zu einer entsprechenden Ausprägung der übrigen Qualitätskomponenten besteht.

Beim BBM-Verfahren wird, vereinfacht dargestellt, über einen Index – den BBM-Index – eine gewichtete Artenzahl der typischen Fließwasserarten ermittelt, die im Gegensatz zu relativ arbeitenden Indices ein direktes, eindeutiges Maß für das vorhandene Besiedlungspotenzial des Makrozoobenthos darstellt (s. *Verfahrensbeschreibung BBM-Index im Kap. 4.1 im Anhang*).

### Gewässer des Niedersächsischen Fließgewässerschutzsystems (FGS)

Geeignete Besiedlungspotenziale sind vor allem in naturnahen, wenig belasteten Gewässerstrecken zu erwarten. Eine repräsentative Auswahl von Gewässern, die diese Voraussetzungen in der Regel erfüllen, beinhaltet das Niedersächsische Fließgewässerschutzsystem (RASPER *et al.*, 1991). Auf der Ebene der verschiedenen naturräumlichen Regionen Niedersachsens wurden hierfür landesweite Repräsentativgewässer ausgewählt, die von wenigen Einzelfällen abgesehen aufgrund ihres vergleichsweise guten strukturellen Zustandes für Entwicklungsmaßnahmen besonders geeignet erschienen und an denen auch aus Gründen der Kosteneffizienz Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung bereits vorrangig durchgeführt und gefördert wurden. In der Regel repräsentieren die Haupt- und Nebengewässer des FGS das biozönotische Ausgangskapital für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Auch viele Verbindungsgewässer des FGS beherbergen zumindest streckenweise noch wertvolle Besiedlungspotenziale. Darüber hinaus liegen für diese Gewässer bereits zahlreiche Gewässerentwicklungspläne bzw. konkrete, zum Teil ausführungsfähige Maßnahmenplanungen vor. Zudem ergeben sich aufgrund des meist extensiver genutzten Umfeldes oftmals besonders gute Entwicklungsoptionen und Akzeptanzwerte. Bei der Prioritätensetzung wird daher besonderes Gewicht auf die Gewässer des Schutzsystems gelegt.

### Laich- und Aufwuchsgewässer (LAG) für Wanderfische

Von den Fachbehörden der Länder (in Niedersachsen: LAVES, Dezernat für Binnenfischerei) wurden, in regional variierender Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften sowie den Landesfischereiverbänden, überregional bedeutende Laich- und Aufwuchsgewässer für Wanderfische ausgewiesen und von den Flussgebietsgemeinschaften in den Bewirtschaftungsplänen benannt. Die LAG sollen im Interesse der Sicherung und Entwicklung der flussgebietstypischen Wanderfischbestände vorrangig entwickelt werden, insbesondere im

Hinblick auf die Verbesserung der Substrat-, Strömungs- und Tiefenvarianz sowie der ökologischen Durchgängigkeit. Berücksichtigung finden dabei nicht nur anadrome Wanderfischarten wie Lachs und Meerneunauge, sondern auch „regionale Wanderfische“ wie die Äsche (vgl. *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil D; NLWKN, 2011*). Aufgrund sehr weitgehender Überschneidungen des LAG-Netzes mit den Gewässern des FGS gehen beide Ausweisungsformen gleichrangig in die Priorisierung ein – bei Ausschluss additiver Effekte durch Doppel-Ausweisung.

### **Natura 2000-/FFH-Gebiete**

Große Teile niedersächsischer Bach- und Flussauen sind als FFH-Gebiete Teil des europäischen Schutzgebietsystems Natura 2000. Die Auswahl dieser Gebiete erfolgte u. a. aufgrund des Vorkommens wasserabhängiger Lebensraumtypen (LRT) bzw. wasserabhängiger Tier- und Pflanzenarten der FFH-Richtlinie (FFH-RL). Entsprechende Gebiete werden im Folgenden als „wasserabhängige FFH-Gebiete“ bezeichnet. Die Ausweisung dieser Gebiete begründet besondere Erhaltungs- bzw. Entwicklungsverpflichtungen. Es ist im Sinne der integrativen Bearbeitung der beiden europarechtlichen Vorgaben geboten, die wasserabhängigen FFH-Gebiete bei der Prioritätensetzung besonders zu berücksichtigen. So können auch sinnvolle Synergieeffekte bei der Umsetzung beider europäischer Richtlinien erreicht werden. Viele Gewässer des Fließgewässerschutzsystems sind zumindest streckenweise auch FFH-Gebiete – in diesen Fällen ist mit besonders wirksamen Synergieeffekten zu rechnen.

### **Überregionale Wanderrouten für die Fischfauna**

Von den Fachbehörden der Länder wurden, teilweise in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften, unter gelegentlich leicht variierenden Bezeichnungen überregionale Wanderrouten insbesondere für diadrome (Aal, Lachs, Meerforelle, Meerneunauge, Flussneunauge) und potamodrome Wanderfische (z. B. Barbe und Quappe) ausgewiesen und von den Flussgebietsgemeinschaften in die WRRL-Bewirtschaftungspläne aufgenommen. Auch diese Gewässer verlangen eine besondere Berücksichtigung. Da diese Gewässer allerdings im Regelfall bereits als Verbindungsgewässer des FGS ausgewiesen sind, werden sie hierüber bereits bevorzugt priorisiert. Es handelt sich hauptsächlich um größere Gewässer und die Ziele für die Bewertungskomponente Fischfauna beschränken sich zunächst vorrangig auf die möglichst weitgehende Herstellung der ökologischen

Durchgängigkeit. Der Fokus liegt hier zumeist auf punktuellen Maßnahmen an Wanderhindernissen. Für diese punktuellen Maßnahmen an den einzelnen Hindernissen wurden von einigen Flussgebietsgemeinschaften (Ems, Weser) sowie dem Bund zwischenzeitlich bereits detaillierte Priorisierungen für Querbauwerke in Bundeswasserstraßen erarbeitet (*BMVBS, 2012*). Im Gegensatz zur ersten Auflage dieses Leitfadens ist es daher aktuell nicht mehr erforderlich und auch nicht mehr sinnvoll, die Hindernisse in den überregionalen Wanderrouten im Rahmen der niedersächsischen landesweiten Priorisierung noch einmal zu bearbeiten. Für diese punktuellen Maßnahmen (Herstellen der Durchgängigkeit) an überregionalen Wanderrouten werden also – soweit vorhanden – die Priorisierungen der Flussgebietsgemeinschaften sowie des Bundes (*BMVBS, 2012; BMVI, 2015*) übernommen.

Ein Effekt des für die überregionalen Wanderrouten in der ersten Auflage dieses Leitfadens verwendeten „Zusatzschlüssels überregionale Wanderrouten“ soll jedoch erhalten bleiben – nämlich die Anhebung der Priorisierung auf Priorität 1 für alle Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit an überregionalen Wanderrouten, die eine Renaturierung/naturnahe Gewässerentwicklung unter vollständiger Aufhebung des Hindernisses beinhalten (vgl. *Kap. 2.2.2*).

## **2.2 Bestimmung vorrangig zu bearbeitender Fließgewässer/Wasserkörper**

### **2.2.1 Vorgehensweise**

Das für Niedersachsen vorgeschlagene System für die landesweite Ermittlung vorrangig zu bearbeitender Gewässer/Wasserkörper und die vorgenommene Gewässerauswahl stützt sich im Wesentlichen auf die vorgenannten Kriterien. Dabei werden 6 verschiedene Prioritätsstufen vergeben, die im Zusammenhang mit dem Prioritätenschlüssel (Abb. 2) näher beschrieben werden.

Der Prioritätenschlüssel ist ausschließlich fachlich abgeleitet. Seine Anwendung soll einen möglichst sinnvollen, effektiven und zielgerichteten Mitteleinsatz ermöglichen. Neben den genannten fachlichen Kriterien für die Priorisierung von Gewässerstrecken bzw. Wasserkörpern gibt es weitere entscheidungsrelevante Aspekte für die Umsetzung von Maßnahmen, wie z. B. die Umsetzbarkeit bzw. Akzeptanz von Maßnahmen, das Engagement vor Ort oder vorhandene Planungskapazitäten, auf die an dieser Stelle allerdings nicht näher eingegangen wird.

Hinsichtlich der Projektförderung ist es aus fachlicher Sicht erforderlich, verfügbare Landes- und EU-Mittel schwerpunktmäßig an den prioritären Gewässern einzusetzen – insbesondere soweit es sich um aufwändigere, für die Umsetzung der WRRL besonders wichtige Maßnahmen wie z. B. die Verbesserung der Gewässerstrukturen bzw. der Wasserqualität handelt. Das bedeutet aber nicht, dass das übrige Gewässersystem unberücksichtigt bleiben soll. Kostengünstige oder gar kostenneutrale Maßnahmen sollen möglichst flächendeckend umgesetzt werden.

Die innerhalb eines Bewirtschaftungszeitraumes umgesetzten Maßnahmen (oder sonstige, z. T. auch negative Entwicklungen) werden neue biologische Fakten schaffen. Hieraus werden sich in der Folge zumindest teilweise andere Prioritäten ergeben, als auf Basis des heutigen Zustandes. Die Auswahl vorrangig zu bearbeitender Gewässer/Wasserkörper muss daher für jeden Bewirtschaftungszeitraum neu durchgeführt bzw. überarbeitet werden. Eine weit über die Umsetzungsmöglichkeiten eines Bewirtschaftungszeitraums hinausgehende Auswahl prioritärer Gewässer/Wasserkörper wäre also nicht zielführend. Bei weit fortgeschrittener Umsetzung der WRRL wird dabei ggf. eine Erweiterung bzw. Veränderung des Prioritätenkatalogs erforderlich werden.

### **Wichtige Hinweise:**

- **Wasserkörper:**

Die kleinste Betrachtungsebene der WRRL ist der Wasserkörper. Die Größe der festgelegten Wasserkörper schwankt in weitem Rahmen. Teilweise sind ganze Gewässersysteme als ein Wasserkörper ausgewiesen. Für die Planung von Maßnahmen ist diese Betrachtungsebene nicht immer geeignet, da die Wasserkörper hierfür oft zu groß und in sich hinsichtlich der vorliegenden Degradationen, Entwicklungs- und Besiedlungspotenziale meist nicht ausreichend homogen sind. Für die Arbeitsebene, d. h. die Priorisierung und die sich daran anschließende Planung und Umsetzung von konkreten Maßnahmen ist daher eine detailliertere Betrachtung auf der Ebene in sich ausreichend homogener Gewässerstrecken sinnvoll und notwendig.

Da die WRRL jedoch eine Bearbeitung auf Ebene der Wasserkörper verlangt, ist für die Dokumentation gegenüber der EU eine Transformation der Prioritäten auf die Ebene der Wasserkörper erforderlich. Hierfür bestehen verschiedene Optionen:

- Es kann für jeden Wasserkörper der relative Streckenanteil der sich ergebenden Prioritäten 1–6 eingetragen werden. Hierbei entstünde kein Informationsverlust und auch sehr heterogene Wasserkörper sind sinnvoll

darstellbar. Die Ermittlung der Streckenanteile kann allerdings etwas aufwändig sein.

- Wasserkörper, die hinsichtlich der sich ergebenden Prioritäten relativ homogen sind, d. h. die überwiegende Strecke lässt sich einer Priorität zuordnen, können auch insgesamt dieser Priorität zugeordnet werden. Gibt es noch weitere Prioritäten in diesem Wasserkörper, sind diese informativ mit anzugeben (ggf. mit relativem Streckenanteil).

- **Marschgewässer:**

Marschgewässer weisen im Vergleich zu „normalen“ Fließgewässern eine ganze Reihe grundsätzlicher Unterschiede auf – sowohl in Bezug auf vorliegende Probleme und Ansatzpunkte für Maßnahmen als auch in Bezug auf die Zusammensetzung und die Bewertungsmöglichkeiten der biologischen Komponenten. Wie unter 2.2.3 erläutert, erfolgt die Priorisierung von Marschgewässern dennoch nach dem gleichen Schema wie die Priorisierung der „normalen“ Fließgewässer.

- **Erheblich veränderte Wasserkörper (heavily modified water bodies = HMWB):**

Die WRRL sieht vor, dass in erheblich veränderten Wasserkörpern das Umweltziel „Gutes ökologisches Potenzial“ erreicht werden soll und stellt damit auch bei diesen Gewässern grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei „natürlichen Gewässern“: soweit es ohne „signifikante“ Beeinträchtigung vorhandener Nutzungen möglich und nicht „unverhältnismäßig teuer“ ist, ist jeder Wasserkörper in Richtung des guten Zustandes zu entwickeln – unterschiedlich kann lediglich das auf diesem Wege erreichbare Ziel sein (guter Zustand bzw. gutes Potenzial). Möglichkeiten für Verbesserungen ohne signifikante negative Auswirkung auf die Nutzung gibt es genug – z. B. zur Verbesserung der Fließgeschwindigkeits-, Substrat-, Tiefen- und Breitenvarianz. Viele der weitgehend wasserstands- und nutzungsneutralen Optionen für Strukturverbesserungen werden derzeit allerdings noch nicht im möglichen Umfang durchgeführt.

Der Ausweisungsstatus als „natürlicher“ bzw. „erheblich veränderter“ Wasserkörper (HMWB) wird daher bei der Priorisierung nicht berücksichtigt.

- **Künstliche Wasserkörper (artificial water bodies = AWB):**

Künstliche Wasserkörper werden bei der Priorisierung im Regelfall nicht berücksichtigt. Eine Ausnahme bilden Marschgewässer ohne Oberläufe in der Geest, die per Definition alle als künstlich eingestuft wurden, da aktuell oft nicht sicher entschieden werden kann, welche dieser

Wasserkörper auf natürliche Ursprünge zurückgehen und welche anthropogen völlig neu angelegt wurden. Hier sind alle AWB-Wasserkörper bei der Priorisierung mit zu bearbeiten.

- Verschlechterung – Aktuelle Gefährdung:  
Befindet sich ein Wasserkörper bzw. Gewässerabschnitt stabil im sehr guten oder guten Zustand (bzw. Potenzial bei HMWB/AWB), sind im Grundsatz keine Maßnahmen erforderlich. Eine ganz andere Sachlage ist jedoch gegeben, wenn der vorhandene Zustand erkennbar gefährdet ist (Verschlechterungsverbot). Ist dies der Fall, besteht im Interesse der erfolgreichen Umsetzung der WRRL besonders an guten und sehr guten Gewässern dringender Handlungsbedarf, da andernfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit wertvolle, ggf. unersetzbare Besiedlungspotenziale verloren gehen werden. Im Prioritätenschlüssel muss daher bei diesen Gewässerstrecken der Gefährdungszustand eingeschätzt werden. Zur Einschätzung der Gefährdung müssen keine kostenintensiven Gutachten beauftragt zu werden, sondern die Einschätzung kann im Regelfall von den Fachleuten des Gewässerkundlichen Landesdienstes – möglichst unterstützt durch untere Naturschutz- und Wasserbehörden, sowie Naturschutz- und Fischereiverbände – aufgrund der vorhandenen Gebietskenntnisse vorgenommen werden.

- Entwicklungsoption:  
An verschiedenen Stellen des Prioritätenkatalogs muss die Entwicklungsoption eingeschätzt werden. Eine „gute Entwicklungsoption“ besteht dann, wenn die Randbedingungen für die Existenz einer Biozönose im „guten Zustand“ geschaffen werden können.

Hierfür sollten in Fließgewässern folgende Zielzustände erreicht werden: Morphologie: mindestens Strukturklasse 3 ggf. 4 (bei Verbindungsgewässern des FGS mindestens Strukturklasse 4 und naturraumtypische Fließgeschwindigkeitsverhältnisse), Saprobie: mindestens guter Zustand (vgl. NLWKN, 2008, Kap. 6.1.1).

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die genannten strukturellen Anforderungen in vielen Fällen auch bei naturfernem Ausgangszustand erreichbar sind, ohne dass hierfür vorhandene Nutzungen relevant beeinflusst werden müssten oder die Verhältnismäßigkeit der Kosten verletzt werden müsste (vgl. NLWKN, 2008, Kap. 6).

## 2.2.2 Prioritätenschlüssel Fließgewässer

Der Prioritätenschlüssel (Abb. 2) ist als Pfeildiagramm aufgebaut. Vorrangige Differenzierungs-Kriterien sind das vorhandene Besiedlungspotenzial (BBM-Index), der Ausweisungsstatus einer Gewässerstrecke als Gewässer des niedersächsischen Fließgewässerschutzsystems (FGS) bzw. als Laich- und Aufwuchsgewässer (LAG) und/oder als wasserabhängiges FFH-Gebiet sowie die Frage einer guten Entwicklungsoption im Sinne der vermutlichen Erreichbarkeit der strukturellen und saprobiellen Voraussetzungen für einen guten Zustand (mindestens Strukturklasse 3 bzw. 4 und typspezifischer Saprobienindex Güteklasse 2 erreichbar). FGS und LAG werden für die Priorisierung gleichrangig behandelt – zumal die Haupt- bzw. Nebengewässer des FGS und die LAG sehr weitgehende Überschneidungen aufweisen. Das LAG-Netz ist dabei etwas umfangreicher, da es nicht nur auf aktuellen, sondern auch auf potenziellen bzw. historischen Qualitäten aufsetzt. Eine zu hohe Priorisierung aktuell weniger aussichtsreich entwickelbar erscheinender LAG sollte über die Dominanz des BBM-Indexes sowie die Berücksichtigung der realen Entwicklungsoptionen ausreichend unwahrscheinlich sein.

Gewässer, die als überregionale Wanderrouen ausgewiesen sind, sind nahezu alle auch Verbindungsgewässer des FGS und erfahren als solche bereits eine bevorzugte Priorisierung. Soweit dies ausnahmsweise nicht der Fall sein sollte, werden sie in Schritt 5 Verbindungsgewässern des FGS gleichgestellt. Da detaillierte Priorisierungen für Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit seitens der Flussgebietsgemeinschaften für die überregionalen Wanderrouen teilweise bereits vorliegen (BMVBS, 2012), entfällt der ursprünglich für diesen Zweck erstellte „Zusatzschlüssel überregionale Wanderrouen“ der ersten Auflage dieses Leitfadens. Für Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit in überregionalen Wanderrouen gelten auch in Niedersachsen soweit vorhanden die Priorisierungen der Flussgebietsgemeinschaften – allerdings mit einer Zusatzbestimmung: für alle Maßnahmen an überregionalen Wanderrouen, bei denen im Rahmen einer Renaturierung oder naturnahen Gewässerentwicklung ein Hindernis vollständig aufgehoben wird, wird immer die Priorität 1 angesetzt. Begründung: einerseits kann nur über die vollständige Aufhebung von Hindernissen und damit ggf. verbundenen Staubereichen eine wirklich hundertprozentige effektive ökologische Durchgängigkeit erreicht werden und andererseits verhindern eilig eingebaute Wanderhilfen wegen der damit verbundenen Investitionen häufig längerfristig die eigentlich notwendigen Renaturierungen unter Aufhebung von Hindernis und

Staubereich. Es erscheint daher durchaus geboten, Maßnahmenansätze bei der Priorisierung besonders bevorzugt zu behandeln, die auf eine wirklich vollständige Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit durch eine weitgehende Renaturierung abzielen.

Sollten auf eine Gewässerstrecke die Kriterien für mehr als eine Priorität zutreffen ist die höchste resultierende Priorität relevant.

Das vorgeschlagene System der Prioritätensetzung führt in aller Regel zu fachlich sinnvollen Einstufungen. Zwingende Voraussetzung für ein insgesamt sinnvolles Vorgehen ist dabei allerdings, dass die schließlich durchgeführten Maßnahmen auch wirklich gut ausgewählt, geplant und umgesetzt werden. Werden hierbei auch nur auf einer Ebene relevante Fehler gemacht, kann die Anwendung des eigentlich fachlich sinnvollen Prioritätenschlüssels bei Umsetzung negativ wirksamer Maßnahmen im Ergebnis auch zu schweren Schäden an den Fließgewässern und ihren Biozöosen führen, die dann bevorzugt die besseren Gewässer und die wertvollsten Besiedlungspotenziale trafen.

Da ein Bewertungsschema kaum allen in der Praxis auftretenden Situationen voll gerecht werden kann, kann es sinnvoll sein, im Einzelfall um eine Stufe von der sich aus dem Bewertungsschema ergebenden Priorität abzuweichen, wenn dies fachlich geboten erscheint und plausibel begründet wird. Diese Option erscheint insbesondere für die Entscheidungsschritte sinnvoll, die eine deutliche Differenzierung der Prioritätensetzung in Abhängigkeit vom Ausweisungstatus des Gewässers (wasserabhängiges FFH-Gebiet, Gewässer des FGS, LAG bzw. kein Ausweisungstatus) beinhalten (insbesondere Schritt 3 und 4). So kann es z. B. Gewässer ohne besonderen Ausweisungstatus geben, die jedoch aus Sicht der aquatischen Ökologie durchaus die Voraussetzungen für ein FFH-Gebiet erfüllen. Ein solches Gewässer würde gegenüber einem ausgewiesenen FFH-Gebiet bei den oben genannten Entscheidungsschritten um zwei Stufen schlechter beurteilt. Dies wäre nicht verhältnismäßig, womit die Hochstufung um eine Stufe begründet wäre.

## Prioritätenschlüssel Fließgewässer

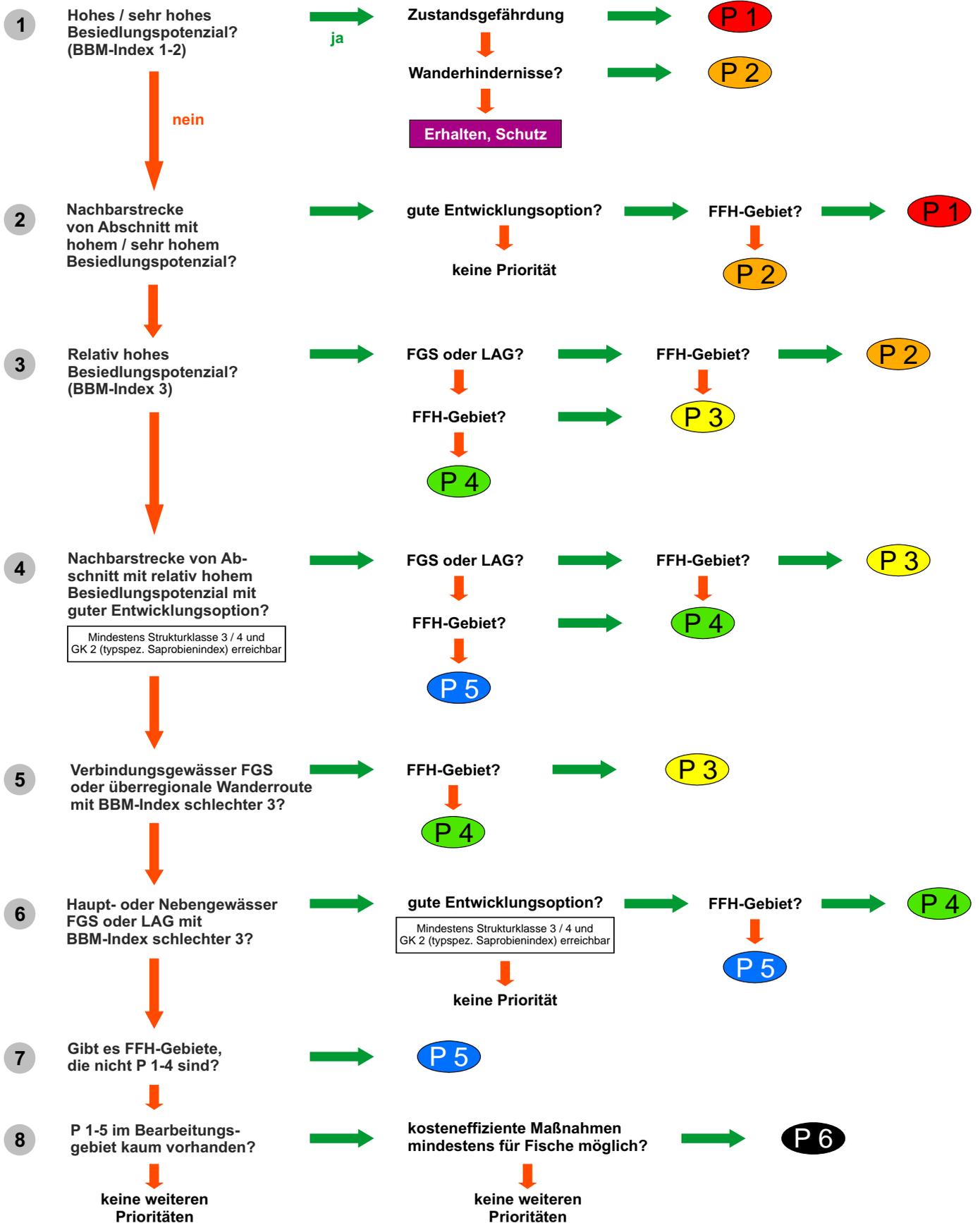


Abb. 2: Schlüssel zur Ermittlung der Bearbeitungs-Prioritäten in Fließgewässern zur Umsetzung der WRRL (Stand 01.08.2016)

## Anwendung und Ziele des Prioritätenschlüssels Fließgewässer

### Schritt 1

Hier ist zunächst zu prüfen, ob die zu bearbeitende Gewässerstrecke ein **hohes oder sehr hohes Besiedlungspotenzial** aufweist (d. h. z. B. Strecken mit BBM-Index 1 oder 2).

Ist dies der Fall, ist zu prüfen, ob und wo der aktuelle Zustand der vorhandenen Biozönose gefährdet erscheint. Beispiele für mögliche Gefährdungsfaktoren können die Zunahme von Verockerungs-, Versauerungs- bzw. Eutrophierungserscheinungen, Sandtrieb, Tiefenerosion oder der Unterhaltungsintensität sein. Erscheint der aktuelle **Zustand** der Biozönose begründet **gefährdet**, erhält die betreffende Strecke die **Priorität 1 (Farbkennung: rot)**.

Ziel ist die Sicherung prioritärer, ggf. unersetzbarer Besiedlungspotenziale bzw. Artenbestände und die Vermeidung von Verstößen gegen das Verschlechterungsverbot der WRRL in funktional besonders relevanten Fällen. Hierbei werden alle Gewässer unabhängig von ihrem Ausweisungstatus (FFH-Gebiet, FGS, LAG) gleich behandelt, da davon ausgegangen wurde, dass für alle noch vorhandenen, gefährdeten Biozönosen dieser Wertstufen dringender Sicherungsbedarf besteht. Es ist jedoch anzunehmen, dass entsprechende Biozönosen weitgehend auf Gewässer mit besonderem Ausweisungstatus beschränkt sein werden. Soweit es sich um wasserabhängige FFH-Gebiete handelt, sollten FFH-Ziele im Rahmen des Möglichen mit umgesetzt werden.

Hinweis: Je nach den relevanten Gefährdungsfaktoren müssen Maßnahmen ggf. auch oberhalb der prioritären Strecke bzw. an Zuflüssen ansetzen (z. B. bei Verockerung, zu hohem Sandtrieb, Wassergüteproblemen etc.). Dies gilt im Grundsatz für alle mit diesem Schlüssel ermittelten prioritären Strecken.

Liegt offenbar **keine Zustandsgefährdung** vor, erhalten die betreffenden Strecken in der Übersichtskarte die **Farbkennung violett**. Weiterhin ist zu prüfen, ob noch nicht bzw. nur ungenügend passierbare **Wanderhindernisse** vorhanden sind. Diese erhalten die **Priorität 2 (Farbkennung: orange)**, dargestellt als Punktsymbol.

Ziel ist die Stabilisierung noch vorhandener, weitgehend intakter Biozönosen durch die Optimierung der ökologischen Durchgängigkeit als einer wesentlichen Voraussetzung für den langfristigen Erhalt dieser Populationen.

Hinweis: Erscheinen Verbesserungen der Durchgängigkeit im Einzelfall weniger dringend oder gar nachteilig, z. B. weil die Existenz wesentlicher Teile der Population

ggf. sogar auf relativer Isolation beruht, kann hier auch eine niedrigere Priorität vergeben werden bzw. es kann ganz auf eine Priorisierung verzichtet werden. Liegen keine Wanderhindernisse und keine Zustandsgefährdung vor, besteht offenbar kein Bedarf für Maßnahmen. Im Interesse der Erhaltung und des Schutzes ist jedoch ein intensives begleitendes Monitoring angezeigt, um rechtzeitig auf Negativentwicklungen reagieren zu können.

### Schritt 2

Hat die zu betrachtende Strecke selbst kein sehr hohes bzw. hohes Besiedlungspotenzial, ist zu prüfen, ob es sich ggf. um eine **Nachbarstrecke** zu einer solchen Strecke handelt. Nachbarstrecken können sowohl ober- bzw. unterhalb anschließende Gewässerstrecken als auch Zuflüsse sein.

Ist dies der Fall, ist zu prüfen, ob eine **gute Entwicklungsoption** besteht, d. h. ob als Mindestziel die Strukturklasse 3 (notfalls 4) und ein typspezifischer Saprobienindex im Bereich der Güteklasse 2 erreichbar erscheint. Für die Einschätzung der Erreichbarkeit der strukturellen Ziele ist eine fundierte Kenntnis bestehender Optionen für Strukturverbesserungen erforderlich. Es empfiehlt sich, hierbei ggf. den Maßnahmenschlüssel (*NLWKN, 2008, Kap. 6*) zu Rate zu ziehen.

Hinweis: Ein naturferner Ausgangszustand oder ein Ausweisungstatus als erheblich veränderter Wasserkörper muss kein zwingender Grund für eine mangelnde Erreichbarkeit der Strukturziele sein. Sind z. B. die Fließgeschwindigkeiten nicht sehr stark reduziert, sind Gefällereserven (Wasserspiegelsprünge an Sohlabstürzen oder -gleiten) vorhanden und erscheint wenigstens die Verfügbarkeit von Randstreifen in etwa dreifacher Gewässerbreite erreichbar, werden die strukturellen Ziele in aller Regel umsetzbar sein. Ein typspezifischer Saprobienindex im unteren Bereich der Güteklasse 2–3 oder schlechter dürfte dagegen eher als Ausschlussgrund zu betrachten sein, sofern die Ursache nicht eine bearbeitbare Punktquelle ist, da die Belastungen aus diffusen Quellen durch lokale Maßnahmen kaum wirksam zu reduzieren sind.

Erscheint eine gute Entwicklungsoption als gegeben, erhalten die betreffenden Strecken die **Priorität 2**, bzw. soweit es sich um wasserabhängige **FFH-Gebiete** handelt die **Priorität 1**.

Ziele der hohen Priorisierungen sind die Wiederausbreitung prioritärer Besiedlungspotenziale/Biozönosen in Verbindung mit der Entwicklung „guter Zustände“ nach WRRL. Wegen der europarechtlichen Synergieeffekte werden FFH-Gebiete dabei (wie auch bei den folgenden Priorisierungen) eine Priorität höher eingestuft. Da mög-

lichst alle Optionen für die Wiederausbreitung prioritärer Besiedlungspotenziale/Biozönosen weitgehend gleichrangig genutzt werden sollten, erfolgt an dieser Stelle keine weitere Differenzierung der Priorisierung zwischen FGS bzw. LAG und sonstigen Gewässern.

Ist eine gute Entwicklungsoption zu verneinen, ergibt sich zunächst keine besondere Priorität.

### Schritt 3

Hier ist zunächst zu prüfen, ob es im Bearbeitungsgebiet **Strecken mit relativ hohem Besiedlungspotenzial** (z. B. BBM-Index Stufe 3) gibt.

Ist dies der Fall, erhalten die betreffenden Strecken eine Priorität, die abhängig vom Ausweisungstatus differenziert wird: **FGS bzw. LAG mit FFH-Status: Priorität 2, FGS bzw. LAG ohne FFH-Status bzw. FFH-Gebiete, die nicht FGS bzw. LAG sind: Priorität 3 (Farbkennung: gelb), sonstige Gewässer: Priorität 4 (Farbkennung grün)**. An dieser Stelle wie auch im Folgenden wird neben der besonderen Berücksichtigung von FFH-Gebieten also auch zwischen FGS bzw. LAG und sonstigen Gewässern differenziert. Dies erscheint sinnvoll und geboten, weil FGS und LAG im Regelfall günstigere Entwicklungsoptionen erwarten lassen und für diese Gewässer vielfach bereits Gewässerentwicklungspläne (GEPI) oder konkrete Maßnahmenplanungen vorliegen. Eine Hochstufung von FFH-Gebieten erfolgt dabei nur, wenn diese gleichzeitig auch FGS bzw. LAG sind. Ansonsten werden FFH-Gebiete gleichrangig eingestuft, wie FGS bzw. LAG ohne FFH-Status. Diese Vorgehensweise erschien deshalb sinnvoll, weil die vorliegenden FFH-Ausweisungen und -Abgrenzungen aus Sicht der aquatischen Ökologie, d. h. also auch im WRRL-Bezug, gegenüber den Ausweisungen des FGS und der LAG teilweise weniger plausibel erscheinen. Die Hochstufung von FFH-Gebieten wurde auf diesem Wege auf Situationen begrenzt, die in jedem Falle sinnvolle Synergien erwarten lassen. Generell wird die Entwicklungsoption hier als Prüfschritt nicht abgefragt, da davon ausgegangen werden kann, dass Gewässer mit entsprechendem, noch erhaltenem biozönotischem Potenzial hinreichende Entwicklungsoptionen bieten und darüber hinaus ein dringendes Schutz- und Entwicklungsinteresse für diese Biozönosen besteht.

Ziele sind die Sicherung noch erhaltener, relativ wertvoller Besiedlungspotenziale in Verbindung mit der Vermeidung von Verstößen gegen das Verschlechterungsverbot der WRRL und der Entwicklung von Voraussetzungen zur Erreichung guter Zustände sowie die parallele Umsetzung von FFH-Zielen bei FFH-Gebieten (soweit möglich).

### Schritt 4

Analog zu Schritt 2 ist zu prüfen, ob es **gut entwickelbare Nachbarstrecken** der in Schritt 3 identifizierten Strecken gibt.

Ist dies der Fall, erhalten die betreffenden Strecken eine Priorität, die abhängig vom Ausweisungstatus differenziert wird: **FGS bzw. LAG mit FFH-Status: Priorität 3, FGS bzw. LAG ohne FFH-Status sowie Gewässer mit FFH-Status, die nicht FGS bzw. LAG sind: Priorität 4, sonstige Gewässer: Priorität 5 (Farbkennung blau)**.

Ziele sind die Wiederausbreitung noch erhaltener, relativ artenreicher, fließgewässertypischer Biozönosen, möglichst in Verbindung mit der Schaffung der Voraussetzungen für „gute Zustände“ und soweit es sich um FFH-Gebiete handelt: Nutzung von Synergieeffekten zur Umsetzung von FFH-Zielen. Außerdem wird möglichen Verstößen gegen das Verschlechterungsverbot der WRRL vorgebeugt.

Erscheint keine gute Entwicklungsoption gegeben, erhält die betreffende Strecke zunächst keine Priorität.

### Schritt 5

In diesem Schritt ist zu prüfen, ob noch **Verbindungsgewässer des FGS bzw. überregionale Wanderrouten für die Fischfauna mit Besiedlungspotenzial schlechter als Stufe 3** (oder nicht bewertbare bzw. plausibel einschätzbare Strecken) vorhanden sind.

Falls ja, erhalten diese eine **Priorität 4**, bzw. soweit es sich um wasserabhängige **FFH-Gebiete** handelt die **Priorität 3**. Die Entwicklungsoption wird nicht abgefragt, da davon ausgegangen wird, dass u. a. im Interesse der Umsetzbarkeit der WRRL in möglichst allen Verbindungsgewässern (die meist auch überregionale Wanderrouten sind) eine ökologische Durchgängigkeit für die gesamte aquatische Biozönose erreicht werden muss.

Ziele: Herstellung der möglichst vollständigen ökologischen Durchgängigkeit für die gesamte aquatische Biozönose in stärker degradierten Verbindungsgewässern des FGS, d. h. guter saprobieller Zustand, Mindest-Strukturklasse 4, keine großräumigen Staueinflüsse. Soweit möglich: Herstellung der Randbedingungen für die Entwicklung guter Zustände und parallele Umsetzung von FFH-Zielen bei FFH-Gebieten.

Hinweise: Verbindungsgewässer des FGS, die ggf. in Schritt 4 als Nachbarstrecken von Abschnitten mit relativ hohem Besiedlungspotenzial wegen schwierigerer Entwicklungsoptionen nicht priorisiert wurden, erhalten in diesem Schritt wegen ihrer überregionalen funktionalen Bedeutung dennoch eine Priorität. Eine sich über Schritt

5 ergebende Priorität 3 ist die höchste erreichbare Priorität in Gebieten mit großräumig stark degenerierten Biozönosen, in denen die BBM-Indices lediglich die Stufen 4 und 5 erreichen (und auch aufgrund anderer Teile der Biozönose (z. B. Fische) kein höheres Besiedlungspotenzial begründet werden kann). Strecken, für die sinnvolle Entwicklungsoptionen definitiv auszuschließen sind, brauchen nicht mit einer Priorität belegt werden.

## Schritt 6

Zu prüfen ist zunächst, ob im Bearbeitungsgebiet **Haupt- oder Nebengewässer des FGS oder LAG mit Besiedlungspotenzial schlechter als Stufe 3** (oder nicht bewertbare bzw. plausibel einschätzbare Strecken) vorhanden sind.

Falls ja, ist zu prüfen, ob eine gute Entwicklungsoption gegeben erscheint (vgl. Schritt 2). Hier wird die Entwicklungsoption als Prüfschritt abgefragt, da in Betracht zu ziehen ist, dass biozönotisch entsprechend verarmte Haupt- und Nebengewässer des FGS bzw. LAG ggf. nicht optimal ausgewählt bzw. in ihrer Bedeutung überschätzt wurden. Erscheint eine gute Entwicklungsoption gegeben, erhalten die betreffenden Strecken eine **Priorität 5**, bzw. soweit es sich um wasserabhängige **FFH-Gebiete** handelt die **Priorität 4**.

Hinweis: Erscheint die sich somit ergebende Priorität aus fachlicher Sicht im Einzelfall zu gering, ist von der Option Gebrauch zu machen, begründet um eine Stufe vom Ergebnis des Schlüssels abzuweichen.

Ziel: Soweit möglich, Herstellung der Voraussetzungen zur Entwicklung guter Zustände in stärker degradierten Haupt- und Nebengewässern des FGS bzw. von LAG – ggf. in Verbindung mit der Umsetzung von FFH-Zielen.

Ist eine gute Entwicklungsoption zu verneinen, ergibt sich zunächst keine Priorität.

## Schritt 7

In diesem Schritt ist zu prüfen, ob im Bearbeitungsgebiet noch wasserabhängige **FFH-Gebiete** vorhanden sind, **die nicht den Prioritäten 1–4 zugeordnet wurden**.

Sind solche Gewässerstrecken vorhanden, erhalten diese die **Priorität 5**. Es kann sich also nur um FFH-Gebiete handeln, deren Besiedlungspotenzial nicht die Stufe 3 erreicht bzw. die nicht einer Strecke mit entsprechendem Besiedlungspotenzial benachbart sind und auch nicht als FGS oder LAG ausgewiesen sind. In diesem Fall sind im Hinblick auf die Umsetzung der WRRL nur geringe Synergieeffekte zu erwarten, sodass eine entsprechend reduzierte Priorität resultiert.

Hinweis: Sind sinnvolle Entwicklungsoptionen in Bezug auf WRRL-Ziele auszuschließen (z. B. ggf. in Bundeswasserstraßen), kann auf die Vergabe einer Priorität verzichtet werden.

Ziel: Soweit möglich: Herstellung der Voraussetzungen zur Entwicklung guter Zustände in stärker überformten wasserabhängigen FFH-Gebieten in Verbindung mit der Umsetzung formulierter FFH-Ziele.

## Schritt 8

Hier wird für **Bearbeitungsgebiete, in denen sich kaum Prioritäten der Stufen 1–5 ergeben**, als Zusatzoption die Möglichkeit eingeräumt, die **Priorität 6 für Gewässerstrecken** zu vergeben, **in denen mit hoher Kosteneffizienz zumindest eine erhebliche Verbesserung für die Fischfauna erreichbar** erscheint.

Hinweise: Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn kostengünstig die Durchgängigkeit zu besonders geeignet erscheinenden Laichgewässern für anadrome Wanderfische erreicht werden kann bzw. entsprechende Laichstrecken entwickelt werden können oder aus anderen ökologischen Gründen ein besonderes Interesse an der Maßnahme belegt werden kann und nicht die Gefahr besteht, dass die getätigten Investitionen im Ergebnis zu einer „Festschreibung“ sehr naturferner Gewässerstrukturen führen (z. B. Einbau kostenintensiver Fischwanderhilfen in eine Staukette, die grundsätzlich langfristig unter Aufhebung der Staue wieder als Fließgewässer entwickelbar wäre). Im Interesse der Kosteneffizienz sollte die Zahl ggf. vorhandener Wanderhindernisse bis zu den potenziellen Laichplätzen dabei gering sein (Richtwert: max. ca. 5 Hindernisse).

Für Gebiete mit sehr stark ausgebauten Gewässersystemen und entsprechend verarmten Biozönosen erscheint es sinnvoll, diese Option zu eröffnen. Hier ist es dabei sinnvoll die Priorisierung auf die Fischfauna zu fokussieren, weil Fische im Gegensatz zum Makrozoobenthos über ein relativ gutes Ausbreitungsvermögen verfügen und auch durch (sinnvollen) Besatz wieder angesiedelt werden können. Besonders bei Fischen können zeitnahe Verbesserungen des aktuellen Zustands unter geeigneten Randbedingungen also auch dann möglich sein, wenn Maßnahmen innerhalb großräumig degradierter Gewässersysteme mit dementsprechend stark eingeschränkten Besiedlungspotenzialen umgesetzt werden. Ziel: Kosteneffektive Verbesserungen zumindest für die Fischfauna in großräumig stark degradierten Gewässersystemen (z. B. Herstellung/Verbesserung von Laichplätzen für kieslaichende Wanderfische und der ökologischen Durchgängigkeit zu den Laichplätzen).

In den meisten Bearbeitungsgebieten dürfte mit diesem System der Prioritätensetzung ein Umfang vorrangig zu bearbeitender Gewässerabschnitte zu ermitteln sein, der genügend Bearbeitungsvolumen und Finanzbedarf für mehrere Bewirtschaftungszeiträume beinhaltet.

Sollten sich in einem Bearbeitungsgebiet dagegen keine bzw. nur vereinzelte vorrangig zu bearbeitende Strecken/Wasserkörper ergeben, liegt offenbar eine sehr starke, großräumige Verarmung der Fließwasserbiozönosen vor. Maßnahmen in diesem Gebiet wären dann zunächst als nachrangig einzuschätzen, da sie kurz- bis mittelfristig keine nennenswerten biologischen Verbesserungen bewirken könnten (fehlende bzw. zu geringe Besiedlungspotenziale im näheren Umfeld).

Hinweis: Die Priorisierung inkl. Kartengrundlagen wird für jedes Bearbeitungsgebiet vom NLWKN erstellt. Teil III des vorliegenden Leitfadens beinhaltet sowohl eine tabellarische als auch eine kartographische zusammenfassende Darstellung der prioritären Fließgewässer/Wasserkörper in Niedersachsen (s. *Anlage*).

### 2.2.3 Priorisierung von Marschgewässern

Die Priorisierung nach dem Fließgewässer-Schlüssel geht vom vorhandenen Besiedlungspotenzial aus, welches durch den BBM-Index abgebildet wird. Dieser Index berücksichtigt jedoch ausschließlich typische Fließwasserarten, die in Marschgewässern wegen des hier nur periodischen und meist relativ trägen Abflussgeschehens und der hier vorherrschenden eher stillgewässerähnlichen Standortbedingungen im Regelfall nicht vorkommen können. Der BBM-Index ist also auf Marschgewässer nicht sinnvoll anwendbar. Dies lässt zunächst einmal ein speziell auf Marschgewässer abgestimmtes Verfahren für die Priorisierung erforderlich erscheinen. Dennoch wird es als sinnvoll erachtet, das Priorisierungs-Schema für Fließgewässer unverändert auch auf Marschgewässer anzuwenden. Da der BBM-Index in Marschgewässern nicht arbeitet (s. o.), führt dies dazu, dass die ersten 4 Abfrageschritte des Fließgewässer-Schlüssels entfallen und der Schlüssel bei Marschgewässern erst ab Schritt 5 beginnt. Es erfolgt also lediglich eine Priorisierung nach dem Ausweisungsstatus als wasserabhängiges FFH-Gebiet und/oder Gewässer des FGS/LAG mit einer erreichbaren Maximal-Priorität der Stufe 3. Im Rahmen von Schritt 8 können außerdem Gewässer ohne Ausweisungsstatus mit einer Priorität 6 belegt werden, wenn diese Gewässer besonders günstige Rahmenbedingungen für die Umsetzung von geeigneten Maßnahmen bieten. Außerdem besteht auch für Marschgewässer die Option, im Einzelfall um eine Stufe vom erhaltenen Ergebnis abzuweichen, wenn dies fachlich begründet ist.

Außerdem kann trotz sich formal ergebender Priorität auf eine Priorisierung verzichtet werden, falls mittelfristig keine sinnvollen, umsetzbaren Maßnahmen gesehen werden. Als Obergrenze für eventuelle Hochstufungen wird dabei für Marschgewässer die Priorität 3 festgelegt (soweit sich nicht ggf. als ausgewiesene überregionale Wanderroute eine höhere Priorität ergibt). Im Ergebnis dürften für Marschgewässer gegenüber Fließgewässern weniger Priorisierungen auf zudem überwiegend geringem Niveau resultieren, wobei die Prioritätsstufen 1 und 2 ganz fehlen (außer ggf. in überregionalen Wanderrouten). Aus folgenden Gründen erscheint dieses Ergebnis fachlich sinnvoll und stellt keine korrekturbedürftige Benachteiligung von Marschgebieten dar.

Die Prioritätsstufen 1 und 2 in Fließgewässern beziehen sich ausschließlich auf die Sicherung und Wiederausbreitung sehr artenreicher und anspruchsvoller Biozönosen, die ohne entsprechende Maßnahmen ganz oder teilweise zumindest mittelfristig unwiederbringlich verloren zu gehen drohen, da sie eben nur in weitgehend intakten Fließgewässern leben können und sich nach Populationszusammenbrüchen somit nicht z. B. aus umliegenden Stillgewässern etc. wieder ausbreiten können. In Marschgewässern – besonders in den größeren Gewässern des WRRL-Gewässernetzes (Sieltiefe etc.) ist dagegen zumindest heute kaum mehr mit unwiederbringlichen Verlusten von Artenbeständen zu rechnen: Diese Gewässer zeichnen sich in aller Regel durch qualitativ und quantitativ stark reduzierte Biozönosen aus, die sich zudem im Wesentlichen aus vergleichsweise wenig anspruchsvollen und strömungsindifferenten Arten zusammensetzen, deren Hauptlebensräume darüber hinaus meist weniger die WRRL-Gewässer selber, also die Siele etc. sind, sondern die Grabensysteme und Stillgewässer im Einzugsgebiet. Daher ist die Vergabe der Prioritätsstufen 1 und 2 in Marschgewässern in aller Regel nicht begründbar. Im Gegensatz zu Fließgewässern sind die Optionen, deutliche biologische Wirkungen über hydro-morphologische Verbesserungen zu erzielen, in Marschgewässern zudem stark reduziert und erschwert. Die biologische Wirksamkeit der wenigen, vorstellbaren Ansatzpunkte für Maßnahmen ist in der Praxis bislang kaum untersucht und dürfte auch bereits wegen Mängeln der Wassergüte (insbesondere Eutrophierungsprobleme), die durch lokale Maßnahmen kaum beeinflussbar sind, meist relativ überschaubar bleiben. Die Möglichkeiten zur Umsetzung kosteneffektiver Maßnahmen erscheinen somit in Marschgewässern insgesamt eher fraglich. Zumindest solange es im Bereich der Fließgewässer noch erheblichen Umsetzungsbedarf für WRRL-Ziele gibt, scheint eine deutlich nachrangige Priorisierung von Marschgewässern somit angezeigt.

### 3 Literaturhinweise

*Weitere Literaturhinweise zu den beschriebenen Maßnahmen finden sich in den einzelnen Maßnahmensteckbriefen!*

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Erläuterungsbericht zu Handlungskonzeption und Priorisierungskonzept des BMVBS. Berlin.

[http://www.bafg.de/DE/02\\_Aufgaben/03\\_Oekologie/02\\_Themen/Durchg/prio\\_konzept.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bafg.de/DE/02_Aufgaben/03_Oekologie/02_Themen/Durchg/prio_konzept.pdf?__blob=publicationFile) (Stand 10.10.2017)

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): Erhaltung und Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen. Bundesweites Priorisierungskonzept und Maßnahmenpriorisierung für den Fischaufstieg – 1. Fortschrittsbericht.

[http://www.bafg.de/DE/02\\_Aufgaben/03\\_Oekologie/02\\_Themen/Durchg/fortsch1\\_prio\\_konzept.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bafg.de/DE/02_Aufgaben/03_Oekologie/02_Themen/Durchg/fortsch1_prio_konzept.pdf?__blob=publicationFile) (Stand: 10.10.2017)

FAASCH, H. (2006): Eichung Biologisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos BBM. Auftrag NLWKN, unveröffentlicht

HOLM, A. (1989): Ökologischer Bewertungsrahmen Fließgewässer (Bäche) für die Naturräume der Geest und des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein. 46 S.

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2008): Wasserrahmenrichtlinie Band 2. Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer – Teil A: Fließgewässer-Hydromorphologie. Empfehlungen zu Auswahl, Prioritätensetzung und Umsetzung von Maßnahmen zur Entwicklung niedersächsischer Fließgewässer. Norden

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2011): Wasserrahmenrichtlinie Band 7. Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer – Teil D: Strategien und Vorgehensweisen zum Erreichen der Bewirtschaftungsziele an Fließgewässern in Niedersachsen. Norden

RASPER, M., P. SELLHEIM & B. STEINHARDT (1991): Das Niedersächsische Fließgewässerschutzsystem – Grundlagen für ein Schutzprogramm. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Heft 25/1 bis 25/4. Hannover.

## 4 Anhang

### 4.1 Verfahrensbeschreibung des BBM-Verfahrens (Biozönotisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos)

#### Verfahrensprinzip

Das Verfahren baut auf dem von HOLM (1989)<sup>1</sup> für Bäche der Geest und des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein entwickelten Bewertungsprinzip auf. Nach HOLM ist Grundlage des Verfahrens zunächst eine repräsentative Erfassung der Fauna anhand von drei halbquantitativen Untersuchungen einer Messstelle zu bestimmten Jahreszeiten (März/April, Mai/Juni, September bis November). Berücksichtigt werden nur die für die Fließgewässer-Bewertung besonders relevanten „rheotypischen“ Arten, d. h. Arten, die nur oder zumindest deutlich bevorzugt in Fließgewässern leben. Aus den drei Einzeluntersuchungen wird eine Gesamtliste der rheotypischen Arten erstellt, wobei Einzelfunde (1 Tier pro Untersuchung) unberücksichtigt bleiben (Reduktion von Zufallseinflüssen). Anhand einer Indikator-Liste wird jeder rheotypischen Art eine Gewichtungszahl G von 1 bis 3 zugeordnet, die ein Maß ihrer ökologischen Ansprüche ist (G = 1: Art ist zwar rheotypisch, kommt aber auch in degradierten Gewässern vor, G = 3: Art ist weitestgehend auf naturnahe Fließgewässer beschränkt). Anschließend werden alle Einzelgewichtungen G zu einer Gewichtungssumme GS addiert. Anhand einer Eichentabelle kann jeder Gewichtungssumme GS eine biozönotische Wertzahl WZ von 1 bis 5 zugeordnet werden.

Es handelt sich also um ein summatives, qualitatives Verfahren, das ausschließlich auf den Arten aufbaut, die für die Bewertung von Fließgewässern besonders aussagekräftig sind. Diese Kriterien sind für eine treffsichere Bewertung sehr vorteilhaft:

Summative Verfahren haben gegenüber Relativ-Bewertungen den Vorteil, dass artenreiche u. artenarme Biozönosen immer verlässlich unterschieden werden.

Qualitative Verfahren (d. h. Verfahren, die auf dem Artenspektrum, nicht auf den Individuendichten aufbauen) sind wesentlich „robuster“, da die Ergebnisse nicht durch

die jahreszeitlich bzw. jährlich – oft auch ohne erkennbare anthropogene Einflüsse – ggf. beträchtlich schwankenden Individuendichten beeinflusst werden. Dadurch wird eine zutreffende Eichung wesentlich leistbarer.

Die Beschränkung auf rheotypische Arten bietet eine hohe Sicherheit gegenüber Fehlbewertungen bei Ersatz der ursprünglichen Fließwasserbiozönose durch eine ggf. zwar artenreiche, jedoch primär aus Stillwasserarten aufgebaute und daher nicht gewässertypische Biozönose. Andererseits wirken sich jedoch vorhandene nicht rheotypische Arten, die neben den rheotypischen Arten in jeder natürlichen Fließwasserbiozönose vorkommen, nicht negativ auf die Bewertung aus, wie dies bei einigen anderen Indices der Fall ist (z. B. Rheo-Index). Dies ist sinnvoll, da Vorkommen dieser nicht rheotypischen Arten zunächst einmal natürlich und somit nicht negativ zu bewerten sind. Negativ zu bewerten ist allerdings, wenn die rheotypische Biozönose stark verarmt ist. Dies bildet der Index nach HOLM zuverlässig ab. Würden zusätzlich nicht rheotypische Arten negativ bewertet, bestünde die Gefahr erheblicher Fehlbewertungen, da sich auch bei einer artenreichen, gewässertypischen Fließwasserbiozönose ein geringer Indexwert ergeben könnte, nur aufgrund der Koexistenz einer großen Zahl nicht rheotypischer Arten (die dazu nicht einmal negativ zu bewerten wäre, sondern durchaus auch als Hinweis auf einen großen Strukturreichtum des Gewässers interpretiert werden kann).

#### Erarbeitung eines auf dem HOLM-Ansatz beruhenden Verfahrens für Niedersachsen: BBM-Index (*Biozönotisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos*)

Das Verfahren von HOLM (1989) ist nicht direkt auf Niedersachsen übertragbar, da die Artenliste nach HOLM viele rheotypische Arten Niedersachsens nicht berücksichtigt und außerdem die Eichung des Verfahrens, d. h. die Zuordnung von Gewichtungssummen zu Wertzahlen nicht unverändert übertragen werden kann.

Um den Ansatz für Niedersachsen anwendbar zu machen, wurde zunächst einmal eine Gesamtartenliste aller von den NLWKN-Biologen in Niedersachsen bislang festgestellten Arten erstellt. Eine Makrozoobenthos-Arbeitsgruppe ermittelte hieraus die rheotypischen Arten und legte für jede Art eine Gewichtungszahl G von 1 bis 3 fest. Anschließend wurde das Verfahren für Niedersachsen geeicht. Dabei wurde versucht, die Eichung nicht nur wie von HOLM (1989) vorgesehen auf der Basis von drei Untersuchungen einer Messstelle, sondern auch auf der Basis von zwei sowie einer Untersuchung durchzuführen. Die Eichung des Verfahrens konnte dabei auf der Basis von drei (GS 3) und zwei (GS 2) Untersuchun-

---

<sup>1</sup> HOLM, A. (1989): Ökologischer Bewertungsrahmen Fließgewässer (Bäche) für die Naturräume der Geest und des östlichen Hügellandes in Schleswig-Holstein. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein. 46 S.

gen einer Messstelle durchgeführt werden (FAASCH, 2006)<sup>2</sup>. Auf der Basis nur einer Untersuchung war, wie zu erwarten, eine sinnvolle Eichung nicht möglich, da bei nur einer Untersuchung Zufallseffekte zu großen Einfluss auf die Ergebnisse erlangen, womit insbesondere eine Eichung summarischer Verfahren nicht sinnvoll möglich ist. Die Ergebnisse der Eichung sind in Tab. 1 zusammengestellt. Für einige Gewässertypen konnte noch keine Eichung vorgenommen werden, da keine ausreichenden Daten für als „sehr gut“, „gut“ oder wenigstens als „mäßig“ eingeschätzte Beispielgewässer vorlagen (z. B. organische Gewässer, Niedrigungsgewässer).

Entgegen ursprünglichen Überlegungen und dem Ansatz von HOLM (1989) wurden bei den Auswertungen auch Einzelfunde (Häufigkeitsstufe 1) mitberücksichtigt, da die Eichung ansonsten weniger stabil geworden wäre. Die untersten Häufigkeitsstufen werden von verschiedenen Bearbeitern z.T. unterschiedlich eingesetzt, womit bei Vernachlässigung von Funden der Häufigkeitsstufe 1 methodische Unterschiede bei der Häufigkeitsschätzung zu starke Effekte auf die erreichbaren Gewichtungssummen hatten. Da die potenziell erreichbaren Indexwerte vom Gewässertyp und auch von der Größe des Gewässers abhängen, erfolgte die Eichung Typen- und Größenklassenspezifisch (wobei die für die Datenerhebungen vorgegebenen Größenklassen verwendet wurden und bei einigen Gewässertypen z. T. Größenklassen vereinigt werden konnten).

Außerdem wurde ursprünglich davon ausgegangen, dass bei der Eichung über die Gewässertypen hinaus auch naturräumliche Aspekte zu berücksichtigen sein würden. Hierauf wurde bei der Erarbeitung der Eichung allerdings zunächst verzichtet. Die anschließende praktische Anwendung hat gezeigt, dass das Verfahren auch ohne Berücksichtigung naturräumlicher Aspekte bei der Eichung eine solide und ausreichende Arbeitsgrundlage für die Priorisierung darstellt.

### **Anwendung des BBM-Verfahrens zum Zwecke der Priorisierung**

Für die Priorisierung sind Makrozoobenthos-Daten in der Regel ausreichend. Grund ist, dass die Fauna wesentlich sensibler auf morphologische Degradationen reagiert, als die Flora (die primär von Faktoren der Wasserqualität (v. a. Trophie) abhängt. Soweit ausreichende Daten über die Flora vorhanden sind, können diese mit berücksichtigt werden.

Das BBM-Verfahren ist nicht für die Ermittlung der WRRL-Wertstufen zugelassen. Es ist jedoch sehr gut geeignet, nach dem WRRL-Verfahren (PERLODES) erhaltene Bewertungen zu plausibilisieren und geradezu ideal geeignet, um umfangreiche Besiedlungspotenziale zu identifizieren.

„Sehr gute“ bzw. „gute“ Zustände und BBM-Indices der Stufen 1 bzw. 2 werden im Prioritätenkatalog teilweise gleichwertig verwendet. Es kann mit hinreichender Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Wertstufen 1 und 2 nach BBM-Index nach den WRRL-Bewertungsverfahren eine Einstufung mit „sehr gut“ bzw. „gut“ ergeben würden und daher zum Zwecke dieser Priorisierung mit sehr guten bzw. guten Zuständen gleichgesetzt werden können. Der Umkehrschluss gilt aufgrund des vorwiegend relativen Aufbaus der WRRL-Bewertungsansätze allerdings nicht zwingend.

Liegt nur eine verwendbare Untersuchung vor oder handelt es sich um ein organisches Gewässer oder ein Niedrigungsgewässer, berechnet das BBM-Programm zwar eine Gewichtungssumme, aber keine Wertzahl, da für diese Anwendungsfälle keine Eichung vorliegt. In diesen Fällen muss durch expert judgement entschieden werden, welcher Wertstufe das festgestellte Besiedlungspotenzial zugeordnet werden kann. Grundlage ist die Gesamtschau des festgestellten Artenspektrums. Orientierungshilfen können die anhand einer Untersuchung berechnete Gewichtungssumme nach BBM-Verfahren und ggf. vorliegende PERLODES-Bewertungen sein.

Liegen für bestimmte Gewässer ausreichende Daten zur Fischfauna vor und ergibt sich anhand der **Fischzönose** eine deutlich höhere Bewertung als anhand des Makrozoobenthos (BBM-Index), kann die Bearbeitungspriorität der Gewässerstrecke entsprechend der Wertigkeit der Fischzönose hochgestuft werden. Hierfür ist im Prioritätenkatalog statt des BBM-Indexes die Wertigkeit der Fischzönose in Gestalt einer vergleichbaren, das Artenspektrum abbildenden Bewertung bzw. ersatzweise eine Experteneinschätzung zu verwenden. Voraussetzung ist, dass besonders die wertbestimmenden Teile der Fischzönose sich zu einem nicht nur unerheblichen Anteil auch aus natürlicher Reproduktion rekrutieren und nicht nahezu ausschließlich auf Besatzmaßnahmen zurückgehen. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass allein durch Besatzmaßnahmen künstlich hohe Prioritäten generiert werden, die der tatsächlichen Bedeutung des Gewässers nicht entsprechen.

---

<sup>2</sup> FAASCH, H. (2006): Eichung Biologisches Bewertungsverfahren Makrozoobenthos BBM. Auftrag NLWKN, unveröff.

		Basis: GS 3						Basis: GS 2				
Gewässertyp	Typ Nr	Breite	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
grobmaterialreiche silikatische Mittelgebirgsbäche	5	<2m	>80	60–80	40–59	20–39	<20	>70	50–70	35–49	15–34	<15
	5	2–10m	>110	80–110	50–79	20–49	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
feinmaterialreiche silikatische Mittelgebirgsbäche	5.1	<2m	>80	60–80	40–59	20–39	<20	>70	50–70	35–49	15–34	<15
	5.1	2–5m	>110	80–110	50–79	20–49	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
feinmaterialreiche karbonatische Mittelgebirgsbäche	6	<2m	>80	60–80	40–59	20–39	<20	>70	50–70	35–49	15–34	<15
	6	2–10m	>110	80–110	55–79	25–54	<25	>85	65–85	45–64	25–44	<25
grobmaterialreiche karbonatische Mittelgebirgsbäche	7	<2m	>70	50–70	35–49	15–35	<15	>60	40–60	25–39	15–24	<15
	7	2–5m	>100	75–100	45–74	20–44	<20	>80	60–80	35–59	20–34	<20
silikatische Mittelgebirgsflüsse	9	5–25m	>100	75–100	50–74	20–49	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
karbonatische Mittelgebirgsflüsse	9.1	5–25m	>100	75–100	50–74	20–49	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
große Flüsse des Mittelgebirges	9.2	5–25m	>100	75–100	50–74	20–49	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
sandgeprägte Tieflandbäche	14	<2m	>70	50–70	30–49	15–29	<14	>60	40–60	25–39	15–24	<14
	14	2–5m	>80	60–80	40–59	20–39	<20	>70	45–70	30–44	15–29	<15
	14	5–10m	>90	70–90	50–69	20–49	<20	>70	50–70	30–49	15–29	<15
sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	15	5–25m	>120	90–120	60–89	30–59	<30	>95	70–95	45–69	20–44	<20
große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse	15_g	5–50m	>120	90–120	60–89	30–59	<30	>95	70–95	45–69	20–44	<20
kiesgeprägte Tieflandbäche	16	<2m	>70	50–70	30–49	15–29	<15	>60	40–60	25–39	15–24	<15
	16	2–5m	>100	75–100	45–74	20–44	<20	>80	60–80	40–59	20–39	<20
	16	5–10m	>110	75–110	50–74	30–49	<30	>90	65–90	45–64	25–44	<25
kiesgeprägte Tieflandflüsse	17	5–25m	>110	75–110	50–74	30–49	<30	>90	65–90	45–64	25–44	<25
löss-lehmgeprägte Tieflandbäche	18	<2m	>70	50–70	30–49	15–29	<15	>60	40–60	25–39	15–25	<15
	18	2–10m	>80	60–80	40–59	20–39	<20	>70	50–70	30–49	15–29	<15

Tab. 1: BBM-Index-Eichtabelle für Niedersachsen auf der Basis von 3 bzw. 2 Untersuchungen einer Messstelle (Basis GS 3 bzw. GS 2), Stand 01.08.2016

## II Spezieller Teil – Maßnahmenbeschreibung

### Maßnahmengruppe 5

#### Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten

##### Allgemeine Grundsätze und Anforderungen

##### Erläuterungen zur Maßnahmengruppe 5

Die Maßnahmengruppe (MG) 5 der Erstauflage des Leitfadens Maßnahmenplanung Oberflächengewässer aus dem Jahr 2008 umfasste drei Steckbriefe für den Einbau von Kies und Totholz. Für die aktuelle Überarbeitung wurden diese Hinweise deutlich stärker detailliert und außerdem um verschiedene Einbauoptionen für Strömungslenker aus natürlichen mineralischen Baustoffen bzw. Totholz ergänzt, die jeweils unterschiedliche Eignungen für verschiedene Randbedingungen haben und deren Anwendbarkeit für den jeweiligen Einzelfall zu prüfen ist (s. *Steckbriefübersicht*, S. 3).

Im Interesse eines zusammenfassenden und vergleichenden Überblickes über die grundsätzlich geeignet erscheinenden bzw. bereits gebräuchlichen Optionen zur Konstruktion von Strömungslenkern sollen diese neben den Themen Kies- und Totholzeinbau nachfolgend gesammelt unter der MG 5 vorgestellt werden. Die zahlreichen Möglichkeiten, diese Einbauten je nach örtlichen Randbedingungen für verschiedene Ziele der Gewässerentwicklung zu kombinieren, werden dann auch unter anderen Maßnahmengruppen beschrieben – insbesondere bei den Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung (MG 2). Eine Entscheidungshilfe zur Auswahl geeigneter Strömungslenker für unterschiedliche Anwendungsfälle findet sich am Ende dieses Grundsatzkapitels zur MG 5.

Für Maßnahmen zur Förderung der Eigendynamik über Strömungslenker gilt generell, dass sich die Erfahrungen mit diesen Ansätzen vielfach immer noch in einem Experimentalstadium befinden und die möglichen Erfolge stark von lokalen Randbedingungen abhängen, insbesondere vom Feststoffhaushalt (z. B. überhöhter Sandtrieb). Entsprechende Maßnahmen sollten daher immer als iterative Prozesse verstanden und konzipiert werden, wobei die Eignung verschiedener Bauformen und Dimensionierungen für den konkreten Anwendungsfall zunächst in einem überschaubaren Rahmen erprobt werden sollte, um dann aufgrund der gewonnenen Erfahrungen das weitere Vorgehen abzuleiten.

Einige grundlegende Aspekte und fachlichen Anforderungen sind für alle Einbautypen gleich. Sie sollten daher besondere Beachtung finden und werden nachfolgend erläutert.

##### Fachliche Grundsätze

Die morphologischen Eigenschaften der Fließgewässer und ihre naturraumtypische Ausstattung mit mineralischen Festsubstraten schwanken hinsichtlich Korngrößenverteilung, Materialzusammensetzung/geochemischem Aufbau und Umfang je nach naturräumlicher Region und Gewässertyp in einem sehr weiten Rahmen. Nicht zuletzt hieraus resultiert eine entsprechend große natürliche Variabilität im geochemischen und strukturellen Erscheinungsbild unserer Fließgewässer, die sich auch in entsprechend vielfältigen biologischen Besiedlungsmustern spiegelt.

Ein Kernziel der Gewässerentwicklung im Rahmen der Umsetzung der WRRL ist es, diese natürliche Vielfalt und Eigenart im Rahmen der Maßnahmenplanung und -umsetzung zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Ziel des Einbaues von Festsubstraten ist daher immer die bestmögliche Annäherung der Gewässerstrukturen an das natürliche Leitbild und die Unterstützung gewässertypischer, eigendynamischer Prozesse. Entsprechend sind Überprägungen des Gewässertyps, seiner natürlichen Vielfalt und Eigenart und der prägenden strukturellen Eigenschaften von Sohle und Ufer z. B. durch Einbau nicht standorttypischer Materialien bzw. ungeeigneter Korngrößen-sortierungen oder zu großer Einbaumengen von mineralischen Festsubstraten grundsätzlich zu vermeiden.

Die natürliche Variabilität mineralischer Festsubstrate kann besonders hinsichtlich Korngrößenverteilung und Umfang der Festsubstrate schon kleinräumig stark schwanken. Es wird daher oft schwierig sein, die natürliche Eigenart und Variabilität durch andersorts gewonnenes Material ausreichend anzunähern. Daher ist stets zu prüfen, ob es als Alternative zum umfangreicheren Einbau von Festsubstraten nicht möglich ist, in Sohle und/oder Böschungen bzw. Gewässerrandbereichen (Entwicklungskorridoren) vorhandene, natürlich anstehende Hartsubstrate z. B. über (gelenkte) eigendynamische Entwicklungen zu mobilisieren. Dieser Ansatz kann zumindest bei noch fehlender Stabilisierung durch (Alt-)

Ufergehölze aussichtsreich sein, um wieder eine im engeren Sinne gewässertypische Ausstattung mit mineralischen Festsubstraten und einen stärker gewundenen, naturnahen Gewässerverlauf zu entwickeln.

Der Einbau mineralischer Festsubstrate und von Totholz wird nur dann eine nachhaltige Wirkung entfalten können, wenn die eingebrachten Strukturen bei Unterhaltungsarbeiten nicht erheblich beschädigt oder entnommen werden. Auf eine intensive maschinelle Unterhaltung von Sohle und Böschungen sollte daher verzichtet werden.

## Materialauswahl

Entscheidend sind beim **Einbau mineralischer Festsubstrate** sowohl die geologische/geochemische Zusammensetzung als auch die Korngrößenverteilung und die generelle Formcharakteristik. Die Korngrößenverteilung hat in Verbindung mit der Formcharakteristik (z. B. stark gerundetes Material, gerundetes bis kantiges Material, plattiges Material) großen Einfluss auf die Lagestabilität und das Interstitial. Diese Faktoren sollten möglichst eng an die natürlichen Verhältnisse im zu bearbeitenden Gewässerabschnitt und Landschaftsraum angepasst werden, da die eingebrachten Steine, Schotter oder Kiese die Gewässer über sehr lange Zeiträume prägen werden. Es empfiehlt sich daher generell, ortsnah abgebautes Material vergleichbarer geologischer Prägung zu verwenden und zu Umfang und Materialcharakteristik der natürlichen Hartsubstrate der zu bearbeitenden Gewässerstrecke vorab Erkundungen anzustellen – insbesondere zu:

- Herkunft (z. B. glazial, fluviatil),
- geologischer Zusammensetzung,
- Korngrößenspektrum bzw. -verteilung,
- Formcharakteristik.

Im Idealfall können die nötigen Informationen an noch vorhandenen natürlichen Festsubstrat-Strukturen im Nahbereich erhoben werden. Fehlen solche Reststrukturen, kann man sich an Bodenproben aus Bohrkernen oder Schürfgruben sowie auch an vorhandenen Hartsubstraten im Böschungsanschnitt bzw. von umliegenden Flächen orientieren.

Um sich der natürlichen Charakteristik möglichst weitgehend anzunähern, kann es erforderlich werden, Material aus verschiedenen Quellen zusammen zu stellen. So bietet es sich z. B. an, für die oft durch relativ hohe Grobkornanteile charakterisierten Gewässer aus Geschiebelehmbereichen regionaltypische Kiese und Feldlesesteine zu mischen, wenn es in Geschiebelehmbereichen kaum

Bodenabbauten gibt und aus Sandgruben erhältlich Kies zu wenig Grobkorn enthält.

Wenn im engeren Sinne standorttypisches Material im Nahbereich nicht erhältlich ist, ist zu prüfen, ob möglichst gleichartiges Material aus entfernteren Quellen generiert werden kann. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, die geologische Charakteristik der natürlich zu erwartenden Hartsubstrate nicht zu verfälschen. Das bedeutet vor allem auch, „herkunftsrein“ zu arbeiten – d. h. z. B. keine Verwendung fluviatiler Materialien (z. B. Weserkies) in Gewässerstrecken mit glazial geprägten mineralischen Hartsubstraten.

Für Fließgewässer des Tieflandes generell ungeeignet ist künstlich hergestelltes Bruchkorn (zu scharfkantig). Im Berg- und Hügelland kann vor allem in den Oberläufen auch (scharf)kantiges Material in Form von Blöcken, Steinen, Schotter bzw. Schiefer auftreten. Hier sind die entsprechenden Substrate aus dem geologischen Einzugsgebiet des jeweiligen Gewässers zu verwenden.

Um unerwünschte Fixierungen von Gewässerbetten durch die Einbauten zu vermeiden, sollten insbesondere bei umfangreichen/großräumigeren Einbauten (z. B. zur Einengung überdimensionierter Profile in Tieflandgewässern) Korngrößen vermieden oder zumindest nur sehr umsichtig verwendet werden, die vom Gewässer nicht mehr umgelagert werden können. Nicht umlagerungsfähige Materialien sollten allenfalls lokal verwendet werden bzw. wenn eine erhöhte Stabilität funktional erforderlich ist.

Für Auswahl, Bezug und Verwendung der für die jeweilige Gewässersituation möglichst geeigneten Kies-, Schotter- und Steinmaterialien werden zusammenfassend folgende Arbeitsschritte empfohlen:

1. Prüfung der Optionen zur Entwicklung einer gewässertypischen Ausstattung mit mineralischen Festsubstraten durch eigendynamische Entwicklungen – z. B. durch Initialmaßnahmen wie Einbau von Strömunglenkern zur Induktion lateraler Entwicklungen oder bei überdimensionierten Profilen durch Profilreduktionen bzw. im Hügel- und Bergland bei zu stark eingeeengten bzw. geraden Erosionsprofilen auch durch Profilaufweitungen.
2. Untersuchung der natürlich in/an der jeweiligen Gewässerstrecke vorhandenen mineralischen Festsubstrate hinsichtlich o. g. vier Eigenschaften (Herkunft bis Formcharakteristik) an ggf. noch vorhandenen natürlichen Festsubstraten oder Bohrkernen bzw. Schürfgruben.
3. Prüfung, ob entsprechend geeignetes, im Nahbereich gewonnenes, lokaltypisches Material erhältlich ist bzw. aus verschiedenen Quellen zusammengemischt werden kann.

4. Falls Schritt 3 keine geeigneten Bezugsquellen ergibt: Prüfung, ob geeignetes Material aus entfernteren Quellen generiert werden kann und die o. g. Anforderungen erfüllt werden können (Herkunftsreinheit, geologische Zusammensetzung und Korngrößenverteilung, Formcharakteristik weitgehend gewässertypisch).
5. Falls Schritt 4 nicht erfolgreich umsetzbar ist, sollte noch einmal verstärkt versucht werden, geeignete Randbedingungen zu schaffen, um entsprechende Substrate über eigendynamische Entwicklungen zu erschließen (vgl. Schritt 1).

Beim **Einbau von Totholz** sollte sich die Materialauswahl ebenfalls am natürlichen Leitbild orientieren – also den Holzarten, die unter natürlichen Bedingungen vor allem am und damit schließlich im Gewässer zu erwarten wären, besonders Erle und Esche. Der mögliche Einsatz von Weidenholz bedarf eingehender Prüfung, da hydraulische Probleme durch Neuausschlag wahrscheinlich sind bzw. bei abgelagertem, trockenem Holz der Auftrieb zu groß wäre. Verwendbar sind auch Pappeln und andere Laubhölzer, besonders wenn diese ohnehin zur Rodung anstehen. Generell sollte wegen des geringeren Auftriebes frisches, möglichst in der Vegetationsperiode geschlagenes Holz hoher Rohdichte eingesetzt werden. Verzweigte Stämme sind lagestabiler und tragen tendenziell effektiver zur Strukturbildung bei als unverzweigtes Holz. Nadelgehölze sollten abgesehen von Fixierungspfählen im Regelfall nicht verwendet werden. Ausnahmen erscheinen vertretbar, wenn Nadelgehölze am Gewässer gerodet werden sollen, das Material also ohnehin direkt vor Ort und weitgehend kostenneutral anfällt. Tropenholz ist generell ungeeignet.

### Umfang und Einbauform

Wichtig ist vor allem, Umfang und Einbauform so auszulegen, dass der natürliche Gewässertyp nicht überprägt wird, das natürliche Bettbildungsvermögen des Gewässers nicht behindert wird und etwaige noch vorhandene wertvolle Strukturen nicht entwertet bzw. überbaut werden. Hierzu sollten folgende Punkte beachtet werden:

1. Natürlich noch vorhandenen Festsubstrate nicht überbauen (z. B. um eine vermeintliche Optimierung als Laichplatz zu erreichen) oder durch zu kurz unterhalb und/oder zu überhöht eingebaute Strukturen einstauen. Noch vorhandene flutende Wurzeln von Ufergehölzen, Kolke, Prallufer u. Ä. dürfen nicht mit Festsubstraten überdeckt oder verfüllt werden!

2. Umfang des Einbaues mineralischer Festsubstrate im Zweifelsfall zunächst besser zurückhaltend dimensionieren – besonders in natürlicherweise an mineralischen Festsubstraten ärmeren Gewässern wie Sandgewässern. Weniger ist hier oft mehr! Anschließend die Entwicklung des Gewässers beobachten und bei Bedarf später „nachdosieren“.
3. Grundsätzlich ist besonders im Tiefland auf einen weitestgehend wasserstandsneutralen Einbau zu achten, um oberhalb befindliche Sohlstrukturen nicht durch Rückstau zu beeinträchtigen. Ausnahmen können bei besonderen Randbedingungen ggf. sinnvoll sein – z. B. wenn Sohl- u. Wasserspiegellagen nach Tiefenerosion angehoben werden sollen.
4. Besonders bei großräumigerem Materialeinbau im Tiefland (z. B. zur Einengung von überdimensionierten Profilen) überwiegend eigendynamisch umlagerungsfähige Korngrößen verwenden, einen gewundenen Stromstrich erzeugen, projektierte Prallhänge (Krümmungskolke) nicht mit Festsubstratauflagen versehen und hohe Strömungs- und Breitenvarianz erzeugen (vgl. Abb. 5.2.1)!
5. Zur Korrektur von Überprofilen alternativ den Einbau inklinanter (stromauf ausgerichteter) Totholzstämme über Teilquerschnitte (vgl. M 5.10) prüfen – besonders in Sand- und Bördengewässern!

Der Einbau von mineralischen Hartsubstraten und Strömungslenkern sollte bei geeigneten Wasserständen bzw. Abflüssen erfolgen – vorzugsweise bei Sommer-Mittelwasser, da die Feinjastierung bei höheren oder niedrigeren Abflüssen deutlich erschwert ist.

Bei Vorhandensein starker Feinsedimentauflagen sind geeignete Schritte zu wählen, um spätere Setzungen zu begrenzen (wie z. B. lokale Umlagerung in projektierte Gleithangzonen). Aufgrund eigendynamischer Umlagerungen und teilweise unvermeidlicher Setzungen werden nach der Ersteinrichtung ggf. Nacharbeiten erforderlich.

### Auswahlhilfe Strömungslenker

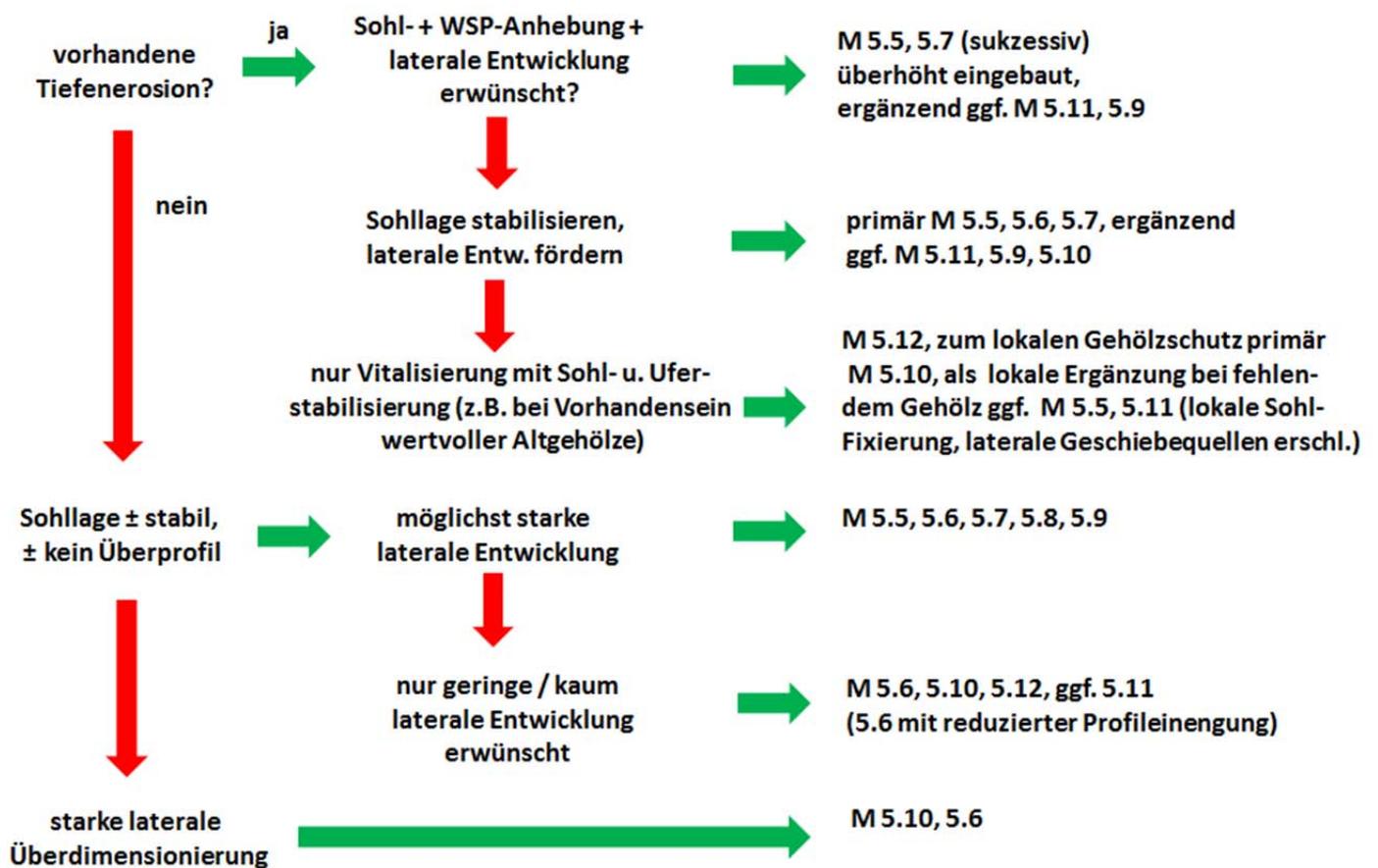
Die unter den Steckbriefen M 5.5 bis M 5.13 beschriebenen Optionen für den Einbau von Strömungslenkern zur Induktion eigendynamischer Entwicklungen haben verschiedene Vor- und Nachteile und z. T. unterschiedliche Eignungen für verschiedene Gewässertypen, Landschaftsräume, Gefälleverhältnisse, Gewässergrößenkategorien und Randbedingungen am Einbauort wie z. B. die Erreichbarkeit mit Baugerät etc. Dies wird bei den Beschreibungen der verschiedenen Optionen jeweils erläutert.

Außerdem bestehen unterschiedliche Eignungen der verschiedenen Einbauformen für verschiedene Randbedingungen und Zielsetzungen wie z. B.:

- Strukturverbesserung bei vorliegender Tiefenerosion mit oder ohne Wasserspiegel-(WSP) und Sohlanhebung
- Möglichst starke oder nur geringe/kaum laterale Entwicklung
- Entwicklung einer Profilreduktion bei lateraler Überdimensionierung

Die breite Palette unterschiedlicher Anforderungen und Randbedingungen erfordert eine ausreichende Anzahl angepasster Handlungsoptionen. Eine Auswahlhilfe für die unterschiedlichen Optionen zur Strömunglenkung in Abhängigkeit letztgenannter Randbedingungen und Zielsetzungen bietet das folgende Pfeildiagramm:

### Entscheidungshilfe zur Auswahl geeigneter Strömunglenker



<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.1</b> <b>Einbau von (lokalen) Kies-/Steinbänken – z. B. als Laichareale für Kieslaicher</b>
<b>5.1.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	<p>Der Maßnahmentyp bezieht sich primär auf <b>mineralisch geprägte Fließgewässer der Geest und der Börden, soweit sie im natürlichen Zustand durch (mindestens) lokale Kies- oder Steinbänke charakterisiert waren.</b></p> <p>Kies- bzw. Schotterdefizite in Mittelgebirgsgewässern haben in aller Regel erosive Ursachen (zu starke Erhöhung von Fließgeschwindigkeiten besonders bei hohen Abflüssen durch Profileinengung und/oder Begradigung). Hierdurch kann die gesamte Kiesfraktion bis auf das Grundgestein ausgeschwemmt werden. Diese Defizite sind durch Kieseinbau nicht nachhaltig bearbeitbar. Hier müssen die Erosions-Ursachen behoben werden. Dann werden sich die Kiessubstrate schließlich eigendynamisch regenerieren. Kieseinbauten in Mittelgebirgsgewässer (außer ggf. im Rahmen naturnaher Neuprofilierungen) erscheinen somit nicht zielführend. Mittelgebirgsgewässer werden daher für M 5.1 nicht berücksichtigt.</p>
<b>5.1.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	<p>Verlust ehemals vorhandener Kiesstrecken/-bänke durch Ausbau und/oder intensive Unterhaltung mit den damit häufig verbundenen Folgewirkungen, wie z. B. erhöhte Sandmobilisierung aus den Gewässerprofilen bzw. von umliegenden Nutzflächen, Veränderungen des Feststoff-Transportvermögens und der Fließgeschwindigkeiten z. B. durch Überprofilierung, Breitenerosion oder Staumaßnahmen, bzw. in den Mittelgebirgen im Gegensatz zum Tiefland häufig durch zu stark eingeengte und begradigte Gewässer (s. o.).</p> <p>Durch Entnahme von Kiesbänken im Zuge der Unterhaltung kann ggf. eine rückschreitende Sohlenerosion erfolgt sein. In den ausgebauten bzw. intensiv unterhaltenen Gewässerstrecken sind die Sedimentfrachten häufig sehr hoch. Sand- und Sedimentablagerungen auf ggf. noch vorhandenen Kiesstrecken sind häufig zu beobachten.</p>
<b>5.1.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	<p>Generell gilt: Durch künstliche Einbauten können Umfang und Materialcharakteristik der ehemaligen natürlichen Festsubstrate auch bei sehr umsichtigem Vorgehen immer nur unvollständig angenähert werden. Bevor der Einbau von Kiessubstraten erwogen wird, sollte daher immer geprüft werden, ob es möglich erscheint, die ursprüngliche Substratcharakteristik über (gelenkte) laterale eigendynamische Entwicklungen oder Laufverlagerungen wieder zu erlangen, z. B. über Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung (MG 2) bzw. ggf. noch vorhandene, übersandete Kiesstrukturen zu reaktivieren – z. B. durch Einengung von Überprofilen bzw. Reduktion der Sand- und Feinstoff Frachten (s. auch Erläuterungen zu MG 5). Erscheinen die genannten Optionen nicht sinnvoll umsetzbar, gelten folgende Randbedingungen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es muss geeignetes, lokaltypisches Kiesmaterial verfügbar sein (s. Erläuterungen zu MG 5)</li> <li>2. Die Fließgeschwindigkeiten sollten nicht stark reduziert sein – der Einbau in Staustrecken oder bei starker lateraler Überdimensionierung ist im Regelfall nicht zielführend.</li> <li>3. Bei stark erhöhten Sand- bzw. Feinstofftransporten werden ergänzende Maßnahmen erforderlich (s. u.), bzw. ein nachhaltig funktionsfähiger Einbau wird häufig nicht möglich sein.</li> <li>4. Ist der Verlauf noch entwicklungsbedürftig und entwicklungsfähig, sollten die erforderlichen Maßnahmen nach MG 1 bzw. 2 vor dem Einbau von Kiesbänken bzw. flankierend erfolgen.</li> </ol> <p>Besonders wenn keine weitergehenden Anpassungen z. B. der Querprofile erforderlich werden, ist der Einbau in der Regel wasserstandsneutral möglich, womit auf ein wasserrechtliches Verfahren meistens verzichtet werden kann. In jedem Fall ist eine Abstimmung der Maßnahme mit dem Unterhaltungspflichtigen, der UWB und UNB erforderlich.</p>
<b>5.1.4 Ziele</b>	<p>Ziel ist die Wiederherstellung naturnaher Kiesstrukturen nach Art und Umfang als wichtigem Teillebensraum bzw. Laichareal vieler Fließwasserarten sowie auch als Stabilisator der Gewässersohle (z. B. gegen Risiken von Tiefenerosionen) und allgemein als Induktor vielfältiger Gewässerstrukturen wie z. B. nachfolgender Kolkbildungen etc.</p> <p>Die Gewässertypen der <b>sand- und kiesgeprägten Fließgewässer</b> verfügen über deutliche morphologische Merkmalsunterschiede. Grundlegendes Ziel in den <b>kiesgeprägten Gewässern</b> ist die Wiederherstellung einer großen bis sehr großen Substratdiversität mit relativ stabiler, d. h. fester Sohle mit ausgeprägten Kies- und Schotterbänken. Im Längsprofil wechseln viele flache Bänke mit tiefen Kolken bei großer bis sehr großer Strömungsdiversität ab.</p> <p>In <b>sandgeprägten Fließgewässern</b> sind Kiesbänke weniger zahlreich und ausgedehnt und können bei entsprechenden geologischen Bedingungen ggf. auch ganz fehlen. Ziel ist, einen naturnahen Umfang und Aufbau von Kiessubstraten zu erreichen. Je nach den geologischen Bedingungen können sich diese Faktoren bei verschiedenen sandgeprägten Gewässern erheblich unterscheiden.</p> <p>Insbesondere bei von Fischereiverbänden bzw. -vereinen durchgeführten Maßnahmen ist Hauptziel in der Regel die Schaffung bzw. Verbesserung von Laicharealen für Salmoniden.</p>
<b>5.1.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>Materialauswahl (s. auch Erläuterungen zu MG 5)</u></b></p> <p><b>Gewaschenes, möglichst nicht vorsortiertes, lokaltypisches Naturkorn.</b> Verunreinigungen insbesondere mit bindigem (Lehm) oder organischem Material (z. B. Kartoffeln bei Kartoffelsteine) sind zu vermeiden. Die Korngrößenverteilung sollte das gesamte lokaltypische Spektrum oberhalb ca. 2 bis 4 mm Durchmesser umfassen. Es ist wichtig, dass nicht vorab bestimmte Sieblinien für andere Zwecke (z. B. Betonherstellung) ausgesiebt wurden.</p>

## Maßnahmengruppe 5

### Maßnahme 5.1

Die Korngrößenverteilung sollte grundsätzlich immer den durch Vorort-Erkundungen zu ermittelnden natürlichen lokalen Verhältnissen angepasst werden. Insbesondere in Geschiebelehmbereichen sind die natürlichen Korngrößenverteilungen mineralischer Hartsubstrate als Laichsubstrat für Salmoniden allerdings nicht selten überwiegend deutlich zu grob. In diesen Fällen erscheint es vertretbar, einen Teil der einzubauenden Bänke vom Korngrößenspektrum her für die Eignung als Salmoniden-Laichgrund zu optimieren. Der überwiegende Teil der Einbauten sollte sich jedoch immer an der natürlichen Korngrößenverteilung mineralischer Hartsubstrate einer Gewässerstrecke orientieren – auch, wenn Ziel des Maßnahmenträgers vorrangig Laichgründe für Salmoniden sein sollten.

**Generell ist zu empfehlen, die Grob- und Feianteile verschiedener Kiesbankeinbauten in gewissem Umfang zu variieren** und nicht überall identische „Standard-Mischungen“ zu verwenden. Schließlich werden diese Anteile auch unter natürlichen Bedingungen schwanken und diese Schwankungen werden auch nötig sein, um jeweils die Ansprüche verschiedener Arten unter verschiedenen Bedingungen möglichst optimal abzubilden.

**Für Salmoniden hat sich im Tiefland (Geestgewässer) ein deutlich dominierender Korngrößen-Anteil von 2 bis 32 mm (ca. 75 bis 85 %) ergänzt durch entsprechende Restanteile Überkorn (32 bis ca. 63/80 mm) bewährt.**

#### Konstruktive Empfehlungen

Grundlegende Gestaltungsprinzipien verdeutlichen Abb. 5.1.1 bis 5.1.3.

Um die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten über den Kiesbänken zu erzeugen, die zwecks weitgehender Freihaltung von Übersandung und für eine ausreichende Durchströmung des Kieslückensystems zwingend erforderlich sind, müssen Kiesbänke die durchschnittliche Sohlage im Einbaubereich deutlich überragen. Um die nötige hydraulische Einengung herzustellen, kann als Faustregel davon ausgegangen werden, dass das **vorhandene MNQ-Profil zu min. etwa 2/3 mit Kies aufgefüllt werden muss. Die Schichtstärke (d) sollte also (min.) ca. 2/3 MNW betragen.** Günstig ist ein **annähernd tragflächenförmiger Längsschnitt** (Abb. 5.1.1).

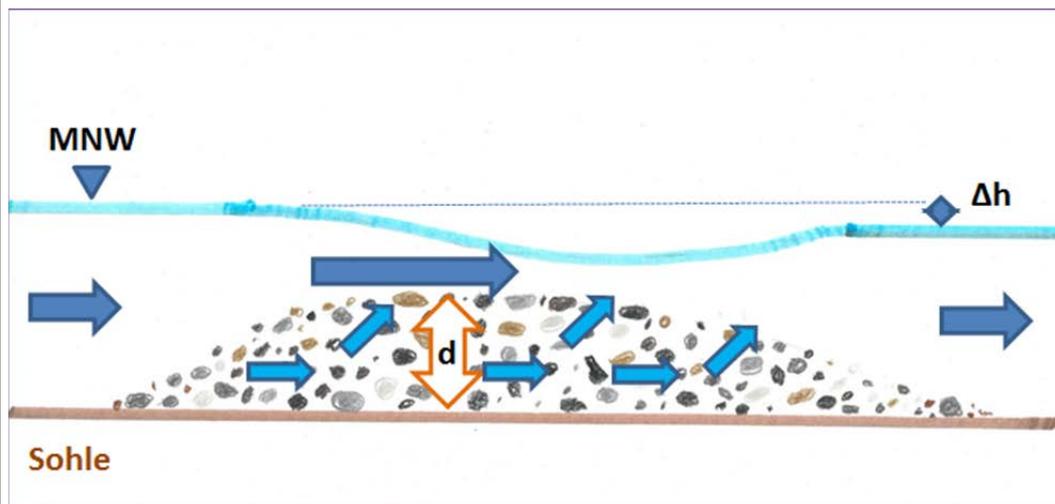


Abb. 5.1.1: Prinzipskizze Kiesbank Längsschnitt

Die **Mindest-Schichtdicke sollte ca. 30 bis 40 cm betragen.** Bei zu geringer Wassertiefe und wasserstandsneutralem Einbau ist vor Einbau also eine lokale Auskoffnung erforderlich. Bei geringeren Schichtstärken bestünde das Risiko, dass durch den Sogeffekt, der bei der beschleunigten Überströmung der Bank entsteht (vgl. Abb. 5.1.1) sandiges Material unter der Bank ausgespült wird und die Bank somit einsinkt. Außerdem würde eine geringere Schichtstärke auch für Laichgruben größerer Fische ganz einfach nicht ausreichen (in der Laichgrube großer Lachse soll gar ein liegendes Pferd Platz finden können ...).

Im Interesse der Funktionsfähigkeit der Einbauten, dürfen diese nicht umläufig werden. Ebenso würde eine Breiterosion am Einbauort die Funktionsfähigkeit stark beeinträchtigen. Um Umläufigkeit und Ufererosionen möglichst zu vermeiden, sollte man das **Querprofil der Bänke leicht bis deutlich muldenförmig anlegen und die Anschlüsse Richtung ober- und unterstrom in der Aufsicht konkav ausbilden**, d. h. die Anschlütungen am Ufer jeweils etwas nach ober- und unterstrom verlängern. Generell ist zu berücksichtigen, dass es durch die erwünschte Laichtätigkeit von Salmoniden zu erheblichen Umformungen der Einbauten kommen kann. Daher sollten stets Einbauorte mit möglichst stabilen Böschungen gewählt werden (z. B. Strecken mit beidseitigen Ufergehölzen (s. u), ehemalige Kiesbänke – kenntlich an umfangreichem Kiesmaterial im Böschungsanschnitt oder andere Strecken mit möglichst erosionsstabilem Ufermaterial (bindige Böden etc.). Alternativ kann im Uferbereich ein höherer Grobkornanteil eingesetzt werden (z. B. Feldeseesteine), um Risiken für eine Umläufigkeit der Bänke oder Breiterosionen nach Umformungen der Bänke durch die Laichtätigkeit zu reduzieren. Eine völlige Fixierung der Ufer, insbesondere mit naturfernen Wasserbausteinen ist jedoch unbedingt zu vermeiden! Außerdem ist auf geeignete Sohlbeschaffenheit (möglichst feste Sohle) zu achten, um ein Einsinken der Bänke möglichst zu vermeiden.

Generell sollte einkalkuliert werden, dass die Bänke früher oder später einmal nachgearbeitet werden müssen – sei es, dass die Bänke doch etwas einsinken oder dass sie sich durch die Laichtätigkeit von Salmoniden im Laufe der Jahre etwas nach stromab verlagern und dabei auch etwas abflachen.

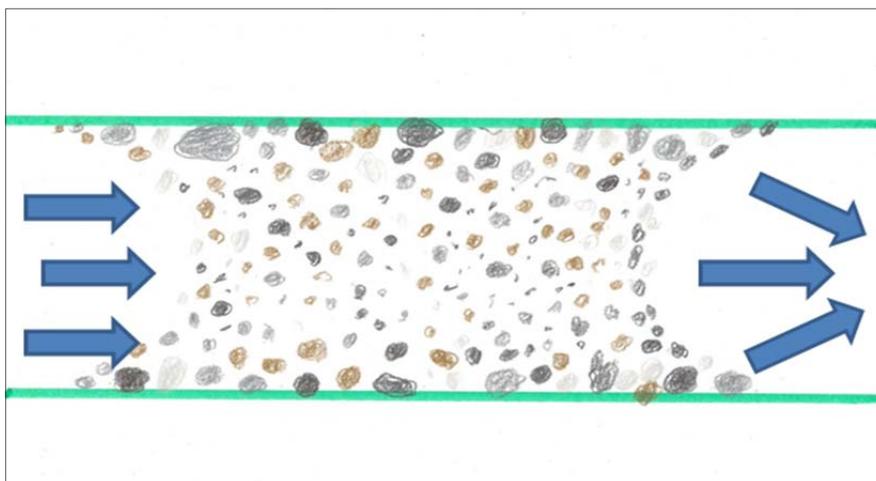


Abb. 5.1.2: Prinzip Kiesbank-Einbau – Aufsicht

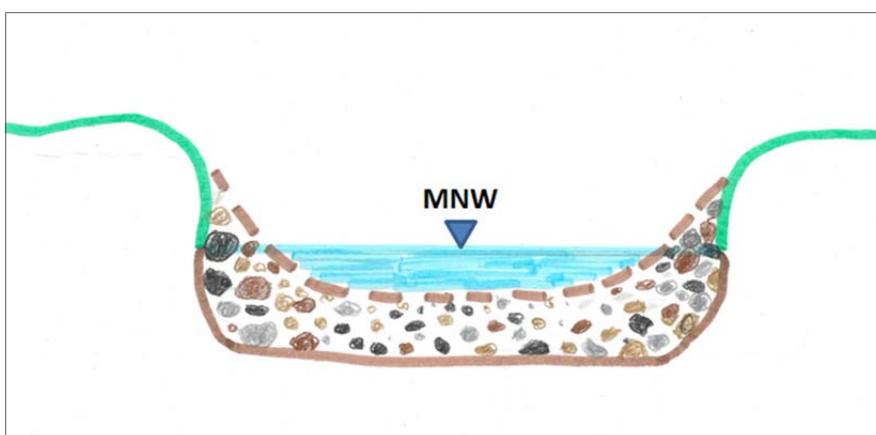


Abb. 5.1.3: Prinzip Kiesbank-Einbau – Querschnitt

Um **ausgeprägte Kolk-Rausche-Sequenzen** zu erzeugen, ist ein **Mindestabstand von etwa fünf- bis siebenfacher Sohlbreite empfehlenswert**. Der Mindestabstand ist allerdings auch abhängig vom verfügbaren Gefälle. Die Bänke dürfen sich auf jeden Fall nicht gegenseitig einstauen.

Für einen wasserspiegelneutralen Einbau sollte man die **Länge der Bänke** unter o. g. Bedingungen (2/3 des MNQ-Querschnittes verbaut) **bei kleineren Gewässern etwa auf die zwei- bis dreifache Sohlbreite, bei größeren Gewässern auf etwa ein- bis zweifache Sohlbreite begrenzen**. Selbst bei MNQ tritt dann nur ein lokaler WSP-Anstieg von wenigen cm auf. Für höhere Abflüsse ergibt sich kein Einfluss auf die Wasserspiegel-lagen. Die genannte Längenbeschränkung ist auch im Sinne einer möglichst effektiven Durchströmung des Interstitials sinnvoll.

#### Auswahl geeigneter Einbauorte

Um die Risiken für eine Versandung der eingebrachten Strukturen möglichst gering zu halten, sind möglichst Bereiche auszuwählen, die aufgrund vorhandener, in der Uferlinie wurzelnder, alter Ufer-Erlen einerseits gut beschattet sind und andererseits dank gut stabilisierter und strukturierter Ufer keine Breitereosion aufweisen. Ohne Beschattung wäre mit starkem Wachstum submerser Vegetation auf den Bänken zu rechnen, die als Schwebstofffänger wirken und eine weitgehende Übersandung fördern könnte. Außerdem würde ein dichter Makrophyten-Aufwuchs die Laichtätigkeit von Kieslaichern sehr behindern.

Größere, breitereodierte Profile wären im Tiefland ungeeignet, da hier zwecks Herstellung der nötigen Einengung für die Sicherstellung der erforderlichen Fließgeschwindigkeiten über der Bank mit insgesamt stärkerer relativer Profileinengung und auch stärkerer Überhöhung gegenüber der Durchschnittssohle gearbeitet werden müsste. Dies würde die Risiken für eine spätere Übersandung der Bänke infolge einer akkumulativen Sohlentwicklung oberhalb erhöhen.

**Bei gewundenem Verlauf sollten die Einbauten stets im Bereich der Windungs-Übergänge angeordnet werden (Abb. 5.1.4)**. Ganz ungeeignet wären demgegenüber Einbauten im Bereich der Krümmungsscheitel. In diesem Fall würden nicht nur wertvolle Krümmungskolke zerstört, sondern die Kiesbank würde aufgrund der zum Gleithang weisenden sohnahen Sekundärströmung in Kurvenbereichen auch auf der Gleithangseite schnell übersanden. Außerdem würde die Bank langfristig durch Verlaufsmigration bevorzugt umläufig werden.

**Eine vereinfachende Voraussetzung für den Einbau von Kiesbänken mit geringem Übersandungsrisiko ist ein vorhandener Wasserspiegelsprung oberhalb des Einbauortes**. In diesem Fall können höhere Gefälleverhältnisse, also höhere Fließgeschwindigkeiten auf der Bank realisiert werden, ohne oberhalb liegende Gewässerstrukturen durch Rückstau zu beeinträchtigen.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.1
	<div data-bbox="475 219 1358 651" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="475 663 1517 703"><b>Abb. 5.1.4:</b> Prinzip Kiesbank-Einbau – Aufsicht: geeignete Einbaubereiche bei gewundenem Verlauf: Übergangsbereiche von Laufschwüngen</p> <p data-bbox="475 719 791 745"><b><u>Hinweise zur Baudurchführung</u></b></p> <p data-bbox="475 761 1525 954">Soweit keine Sonderfälle zu bearbeiten sind (z. B. Sohl- und Wasserspiegelanhebung nach Tiefenerosion) oder aufgrund eines direkt oberhalb vorhandenen Höhensprunges überproportionale Gefällereserven verfügbar sind (s. o.), sollte der <b>Einbau weitestgehend Wasserspiegel-neutral</b> erfolgen, damit sich die Bänke weder gegenseitig einsauen noch andere Fließwasserstrukturen durch Rückstau beeinträchtigt werden. Hierfür sollte der Einbau bei geringem Abfluss erfolgen und oberhalb jedes Einbauortes ein Behelfspegel (z. B. Fluchtstange) gesetzt werden. Die Querschnittseinengung durch eingebrachten Kies wird dann solange fortgesetzt, bis der Oberwasserstand direkt oberhalb der Bank gerade leicht zu steigen beginnt (<math>\Delta h</math> ca. <math>\leq 5</math> cm, Abb. 5.1.1).</p> <p data-bbox="475 969 890 996"><b><u>Ergänzende planungsrelevante Hinweise</u></b></p> <p data-bbox="475 1012 1525 1205">Bei stärkerem Sandtrieb und/oder vorliegenden Überprofilen und/oder zu geradem Verlauf, d. h. fehlendem gewundenem Fließverhalten mit gut entwickelter spiralförmiger Sekundärströmung ist eine funktionsfähige Ausbildung der Einbauten mehr oder minder erschwert oder auch nicht möglich. Hier besteht dann oft auch ein erhebliches Risiko für eine (lokal) akkumulative Sohlentwicklung (Sohlauflandung) durch die Einbauten, wobei es schließlich auch zur vollständigen Übersandung der Bänke kommen kann und sich wieder eine durchgehende Treibsandsohle auf höherem Niveau ausbilden kann. Dies wäre eine sehr unerwünschte Entwicklung, die in der Regel eine noch lebensfeindlichere, instabilere und oft verstärkt mit organischem Feinmaterial angeereicherte Sohle erwarten ließe.</p> <p data-bbox="475 1220 1525 1391"><b>Bei absehbar schwierigen Bedingungen sollten daher zunächst allenfalls einzelne Probe-Einbauten durchgeführt, und über ca. 2 bis 3 Jahre beobachtet werden.</b> Funktionieren die Einbauten, kann das Konzept fortgesetzt werden. Setzt eine unerwünschte Sohlauflandung ein, sind flankierende Maßnahmen erforderlich bzw. die Einbauten sollten mindestens so modifiziert werden, dass sie nicht mehr als Geschiebebremse wirken und sich die Auflandungen zurückbilden können (Reduktion der Kronenhöhe der Bänke bzw. Verstärkung der muldenförmigen Vertiefung im Stromstrich) – auch wenn dadurch die ursprünglich angestrebte Wirkung weitestgehend entfällt.</p> <p data-bbox="475 1406 1525 1554"><b>Als flankierende Maßnahmen können je nach Randbedingungen erforderlich sein: Verbesserung der Geschiebetransportfähigkeit durch Profilreduktion und/oder Maßnahmen zur Reduktion von Sand- und Feinstoffeinträgen aus den Einzugsgebieten sowie den Gewässerprofilen selber (z. B. Randstreifen, Aufbau standortgerechter Ufergehölze, ggf. Anlage von Sandfängen im Einmündungsbereich besonders stark sandführender kleiner Zuflüsse) und/oder Herstellung eines gewundenen Fließverhaltens mit gut entwickelter, spiralförmiger Sekundärströmung.</b></p>
<p data-bbox="129 1610 387 1686"><b>5.1.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p data-bbox="475 1574 1525 1722">Bei günstigen Randbedingungen, geeigneter Materialauswahl und richtiger Umsetzung handelt es sich um einen hochgradig effektiven und sinnvollen Maßnahmentyp, mit dem die Substrat-, Strömungs- und Tiefenvarianz und damit insbesondere die Lebensraumqualität für Wirbellose und Fische erheblich verbessert werden kann. Bei ungünstigen Randbedingungen, die zu starken Übersandungen und ggf. zu Sohlauflandungen führen, können die Maßnahmen auch wirkungslos oder gar negativ wirksam sein. Bei ungeeigneter Materialauswahl kann eine Verfälschung und Überprägung natürlicher Gewässer-Eigenschaften resultieren.</p>
<p data-bbox="129 1901 316 1951"><b>5.1.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p data-bbox="475 1738 1525 1930">Die Gewässerunterhaltung ist auf die Veränderungen abzustimmen. Eine Beschädigung oder gar Entnahme der Bänke z. B. bei Mähkorbeinsatz ist unbedingt zu vermeiden. Es erscheint wenig realistisch, diese Anforderung bei fortgesetztem Mähkorbeinsatz langfristig sicher zu erfüllen. Außerdem begünstigt der Mähkorbeinsatz die Mobilisierung von Sand und Feinmaterial. Zusätzlich bedingt der Einsatz in der Tendenz eine fortwährend wiederkehrende Nivellierung sich bildender Sohlstrukturen und Tiefenvarianzen. Auf eine Mähkorbunterhaltung im Maßnahmenbereich sollte daher künftig verzichtet werden können. Falls nicht bereits vorhanden ist daher der Aufbau standorttypischer Ufergehölze dringend zu empfehlen – zumindest im unmittelbaren Maßnahmenbereich.</p> <p data-bbox="475 1946 1525 2094">Generell sind Böschungsschäden (Freilegen des Unterbodens) bei der Unterhaltung zu vermeiden, um die Sandfreisetzung aus den Profilen nicht zu verstärken. Zur Eindämmung der Versandungsproblematik sowie des Bedarfs für eine intensive Unterhaltung dringend zu empfehlen ist der Aufbau standortgerechter, beidseitiger Ufergehölze (Reduktion der Sandmobilisierung durch Breitenerosion/Uferschäden sowie von Versandungstendenzen durch Krautstau) – nicht nur im Maßnahmenbereich, sondern auch an oberhalb anschließenden Fließstrecken.</p>

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.1
<p data-bbox="68 629 341 656">5.1.8 Maßnahmenbeispiele</p>	<p data-bbox="408 215 1098 241"><b><u>Einbau von Laichkiesbänken in die Visbeker Aue bei Wildeshausen</u></b></p> <p data-bbox="408 253 1453 331">Die Visbeker Aue ist ein sandgeprägtes, linksseitiges Nebengewässer der Hunte mit geringen Kiesanteilen. Die Abb. 5.1.5–5.1.8 zeigen gelungene Einbaubeispiele für lokale Kiesbänke im Unterlauf der Aue als Laichareale für Kieslaicher sowie auch zur Stabilisierung der Sohle gegen weitere Tiefenerosion.</p> <div data-bbox="408 342 1457 1039"> </div> <p data-bbox="408 1048 1267 1075"><b>Abb. 5.1.5–5.1.8:</b> Kiesbankeinbauten in der Visbeker Aue bei Wildeshausen (Fotos: P. Suhrhoff, 2016)</p>
<p data-bbox="68 1357 212 1384">5.1.9 Literatur</p>	<p data-bbox="408 1088 1453 1189">ALTMÜLLER, R. &amp; J. KUBITZKI (2016): Wiederherstellung naturnaher Gewässerbettstrukturen von Heidebächen durch Kieseinbringung und Erfolgskontrollen anhand der Fischfauna; in: TU Braunschweig, Institutskolloquium 2016: Wasserrahmenrichtlinie: Bedeutung der Morphodynamik für den guten ökologischen Zustand: 43–49</p> <p data-bbox="408 1200 1453 1256">ALTMÜLLER, R. (2015): Erfordernis der Verwendung von autochthonem Kies bei der naturnahen Gestaltung von Heidebächen, Lachendorf.</p> <p data-bbox="408 1267 1453 1346">ALTMÜLLER, R. &amp; R. DETTMER (2006): Erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen für die Flussperlmuschel <i>Margaritifera margaritifera</i> L. durch Reduzierung von unnatürlichen Feinsedimentfrachten – Erfahrungen im Rahmen des Lutterprojekts; Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 26 (4): 192–204</p> <p data-bbox="408 1357 1453 1413">ALTMÜLLER, R., R. DETTMER, N. HORNY &amp; G. RATZBOR (2006): Wiedereinbringung von Kies in Heidebäche und Erfolgskontrolle am Beispiel der Fischfauna; Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 26 (4): 205–213</p> <p data-bbox="408 1424 1453 1458">MADSEN, B. L. &amp; L. TENT (2000): Lebendige Bäche und Flüsse; Edmund Siemers Stiftung (Hrsg.), Hamburg</p> <p data-bbox="408 1469 1453 1525">LANDESFISCHEREIVERBAND BAYERN (2007): Die Restaurierung von Kieslaichplätzen; Lang Offsetdruck, Unterschleißheim, 26 S.</p> <p data-bbox="408 1536 1453 1603">MUNLV (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW; Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 137 S. + Anhang</p> <p data-bbox="408 1615 1453 1648">RASPER, M. (2001): Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen; NLÖ, Hildesheim: 1–98</p>

<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.2</b> <b>Großräumigerer Einbau von Kies – zur allgemeinen Strukturverbesserung sowie zur Restrukturierung überdimensionierter oder tiefererodierter Gewässerstrecken</b>
<b>5.2.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Der Maßnahmentyp bezieht sich vor allem auf Gewässer bzw. Gewässerabschnitte in der Geest und ggf. in Börden, also Gewässer mit eher mäßigem Gefälle (ca. 0,5 bis max 5 ‰) und von Natur aus hohem Kiesanteil am Sohlmaterial (z. B. Typen 16, 17, ggf. kiesreiche Abschnitte v. Typ 14, 15, 18). In Mittelgebirgsgewässern haben Kiesdefizite meist erosive Gründe und müssen daher wie bereits unter M 5.1 erwähnt, in der Regel anders bearbeitet werden (s. MG 1, MG 2, MG 8). Für Mittelgebirgsgewässer kann der Maßnahmentyp daher allenfalls im Rahmen naturnaher Neuprofilierungen in Frage kommen.
<b>5.2.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Die Maßnahme kommt im Wesentlichen dann in Betracht, wenn in Folge weitreichender Ausbauten bzw. Unterhaltungsschäden (Mähkorb, Grundräumung etc.) ein sehr weitgehender Verlust der ursprünglichen Strukturvarianz und der ehemaligen Kiessubstrate eingetreten ist bzw. wenn eine Sohlanhebung nach erfolgter Tiefenerosion erfolgen soll und diese weitgehend im vorhandenen Gewässerprofil erfolgen muss. Siehe auch Erläuterungen zu MG 5 und M 5.1.  Sind die ursprünglichen Kiessubstrate noch vorhanden, jedoch stark übersandet (z. B. wegen Überprofilierung nach Breitenerosion), sollte vordringlich versucht werden, diese Substrate über gelenkte eigendynamische Entwicklungen wieder zu reaktivieren – z. B. durch Strömungslenker, Profilreduktion über laterale Kieszugaben oder auch über Totholzstrukturen (vgl. MG 2).
<b>5.2.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	Es muss geeignetes lokaltypisches Kiesmaterial verfügbar sein! (geologische Zusammensetzung, Korngrößenverteilung, Formcharakteristik, s. Erläuterungen zu MG 5). Weitere spezielle Randbedingungen sind nicht erforderlich, da die hydraulischen Verhältnisse durch die Maßnahme weitgehend dem Bedarf entsprechend modifiziert werden können. In jedem Fall sollte die Maßnahme nur in Gewässern bzw. Gewässerabschnitten umgesetzt werden, die unter natürlichen Bedingungen umfangreiche Kiessubstrate erwarten lassen. Andernfalls würde die Maßnahme eine unerwünschte Überprägung des natürlichen Gewässertyps bedeuten.  Je nach Randbedingungen kann der Maßnahmentyp bei Bedarf oft weitgehend wasserstandsneutral umsetzbar sein (exkl. generelle Sohlanhebung nach Tiefenerosion). Eine wasserrechtliche Genehmigung kann daher verzichtbar sein. In jedem Fall ist eine Abstimmung der Maßnahme mit dem Unterhaltungspflichtigen, der UWB und UNB erforderlich. Laterale eigendynamische Laufverlagerungen sollten tolerierbar sein.
<b>5.2.4 Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ausstattung stark überprägter Gewässerabschnitte mit naturnahen mineralischen Hartsubstraten in Bezug auf Umfang, Korngrößenverteilung und geologische Materialcharakteristik (s. Erläuterungen zu MG 5).</li> <li>➤ Entwicklung der für entsprechende Gewässer im natürlichen Zustand typischen, sehr hohen Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianzen in Quer- und Längsprofilen, also stark variierender Profilgeometrien mit insgesamt relativ stabiler, überwiegend kiesiger, sehr strukturreicher Sohle.</li> </ul>
<b>5.2.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<b>Relevant für das Gelingen der Maßnahme sind vor allem:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>die richtige Materialauswahl (lokaltypisches Material, s. Erläuterungen zu MG 5)</b> und eine den regionalen Verhältnissen angepasste Korngrößenverteilung, <b>möglichst mit einem hohen Anteil noch bedingt umlagerungsfähiger Korngrößen der Fraktion 2–32mm</b>. Bei Einhaltung dieser Randbedingung kann das Gewässer eventuelle Einbaumängel im Rahmen eigendynamischer Entwicklungen jedenfalls in gewissem Umfang selbst kompensieren.</li> <li>2. Die <b>Einstellung geeigneter, variabler Profildimensionen und -geometrien, Gefälleverhältnisse und Sohlagen durch die Kieseinbauten</b>, um z. B. zur Bearbeitung von Überdimensionierungen oder nach Tiefenerosionen „im Mittel“ schon einmal die nötigen Fließgeschwindigkeiten und die gewünschten Wasserspiegellagen zu erzeugen.</li> <li>3. <b>Entwicklung eines möglichst gewundenen Fließverhaltens mit ausgeprägter spiralförmiger Sekundärströmung</b>. Hierdurch kann auch die Empfindlichkeit der Gesamtstruktur gegen Versandungsschäden reduziert werden (s. u.).</li> <li>4. <b>Ausreichend Raum für eigendynamische Entwicklungen lassen</b> (z. B. im Bereich projektierte Krümmungskolke auf Kieseinbau verzichten, überwiegend noch umlagerungsfähige Korngrößen verwenden (s. o.), möglichst lateralen Entwicklungskorridor zur Verfügung stellen).</li> <li>5. <b>Eventuell noch vorhandenen naturnahe Reststrukturen sinnvoll in die Entwicklung integrieren, statt überbauen</b>.</li> </ol>

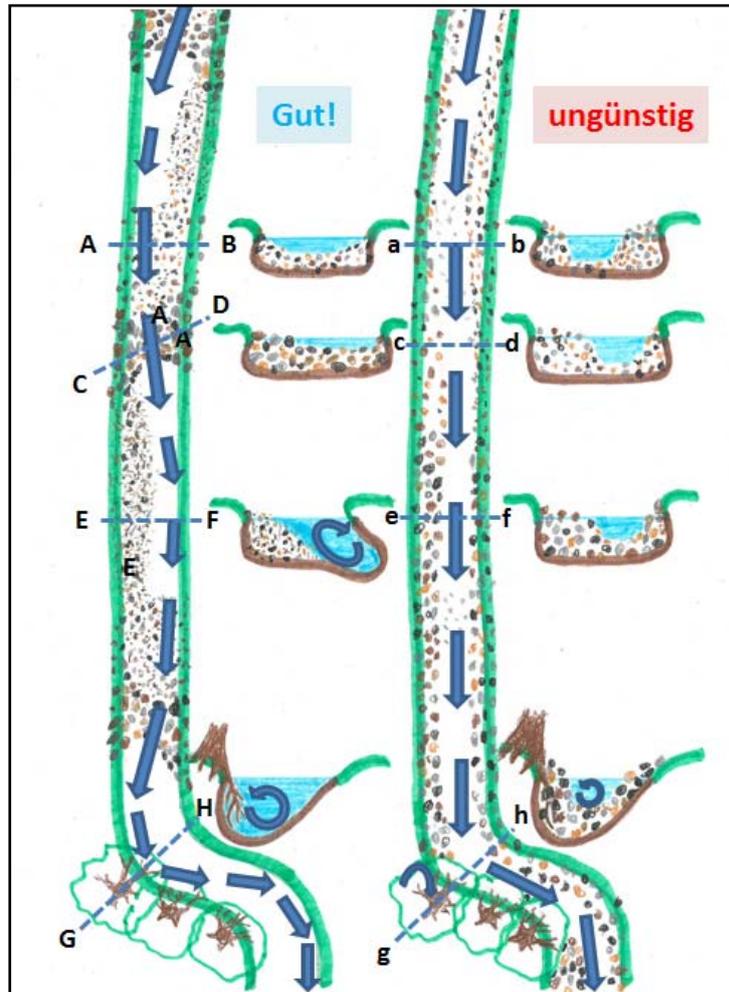


Abb. 5.2.1: Großräumigerer Kieseinbau in hypothetischem überdimensioniertem Gewässer mit naturnahen Reststrukturen im unteren Bereich (Krümmungskolk, Gleithang, flutende Erlenwurzeln): gutes Prinzip: links, ungünstiges Prinzip: rechts – Aufsichten und Schnitte

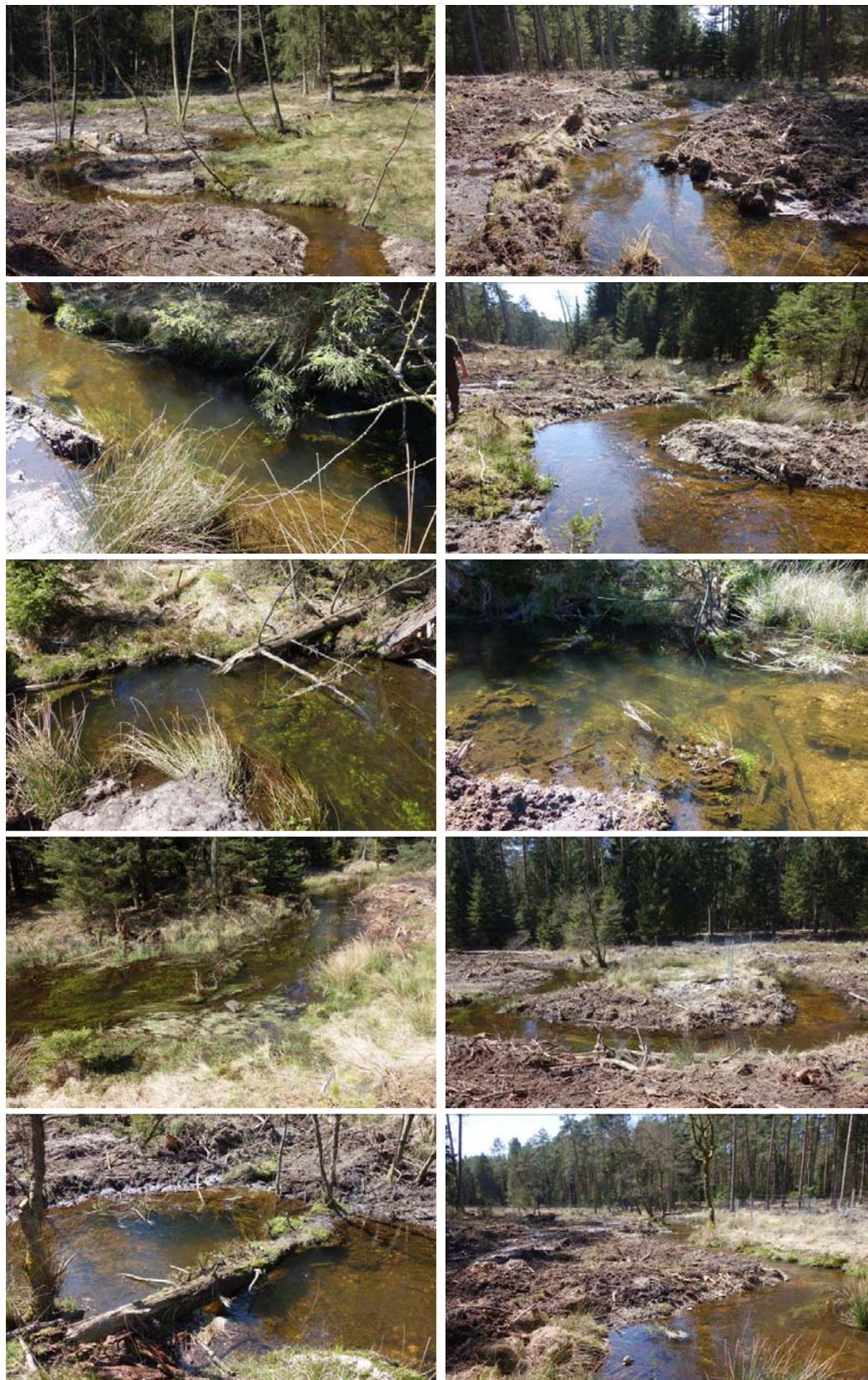
Abb. 5.2.1 stellt skizzenhaft dar, welche Prinzipien bei einem sinnvollen Einbau angewendet werden sollten und welche Vorgehensweisen besser vermieden werden sollten. Dargestellt sind zwei hypothetische Umsetzungsbeispiele in einem überdimensioniert ausgebauten Verlauf, der weitgehend begradigt ist, aber im unteren Bereich noch über naturnahe Reststrukturen verfügt (Krümmungskolk mit einigen Ufergehölzen und flutenden Erlenwurzeln).

**Auf der linken Seite ist ein sinnvoller Einbau skizziert.** Durch die Kieseinbauten wurden Kolk-Rausche-Sequenzen und ein deutlich gewundener Stromstrich initiiert. Um diesen Effekt zu verstärken, wurden die eingebrachten Kiesbänke Richtung stromab als Strömungslenker in Form diagonalen Grundschnellen angelegt (vgl. M 5.5) und aus etwas gröberem Material aufgebaut (Empfehlung: ca. 70 % Überkorn/Feldlesesteine, ca. 30 % 2–32 mm) um hier eine dauerhafte Wirkung zu erzielen und eine Umlagerung durch Strömung oder laichende Salmoniden möglichst auszuschließen. Nach oberstrom wurden die Bänke aus feinerem Laichkies aufgebaut (z. B. ca. 70–85 % 2–32 mm, ergänzt durch entsprechende Anteile Überkorn. Dieser direkt angeströmte Bereich wird auch primär von laichenden Kieslaichern genutzt). Die projektierten Prallhangzonen wurden nicht mit Kiesauflagen versehen, damit sich hier ungestört tiefe Krümmungskolke mit unterspülten Ufern als Fischunterstände ausbilden können. Auf den projektierten Gleithangseiten wurden die Profile mit feinem, umlagerungsfähigem Kies als Geschiebedepots etwas eingeengt (100 % 2–32 mm oder feiner). Ob diese Depots bei Verwendung der diagonalen Schwellen wirklich nötig sind, scheint allerdings fraglich, da diese Zonen als Gleithangbereiche vermutlich ohnehin auflanden würden. Die schon vorhandenen Krümmungskolk- und Gleithangstrukturen im unteren Bereich wurden nicht mit Kies überdeckt, sondern vom Strömungsregime her sinnvoll eingebunden. Insgesamt entsteht eine sehr große Varianz unterschiedlicher Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substrate im Längsprofil und den Querprofilen. Effektiv unterstützt werden diese Prozesse durch die mit der Einstellung eines deutlich gewundenen Stromstrichs verbundene, spiralförmige Sekundärströmung (in den Querprofilen der Krümmungskolke E–F und G–H durch Pfeilsymbole angedeutet). Diese Strömung weist sohnlah immer Richtung Gleithang und oberflächennah Richtung Prallhang und unterstützt die Sedimentation am Gleithang und Erosion (bzw. Unterbindung von Sedimentation) am Prallhang, da das Geschiebe in Folge dieser Strömung primär in den Gleithangzonen transportiert wird. Ausgehend von der Schwingungslänge natürlicher Laufkrümmungen von etwa der zehn- bis vierzehnfachen Sohlbreite für eine vollständige S-Schwingung wird ein Abstand der die Strömung wechselseitig ablenkenden Schwellenstrukturen von etwa der fünf- bis siebenfachen Sohlbreite vorgeschlagen, wobei sich die Einbauten allerdings nicht gegenseitig einstauen dürfen. Hierfür wird der Abstand bei kleineren Gewässern in Relation zur Sohlbreite ggf. etwas vergrößert werden müssen. Insgesamt entstehen sehr vielfältige, naturnahe Strukturen – also ein artenreich besiedelbarer Fließwasserlebensraum.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.2
	<p>Auf die skizzierte Kombination mit den diagonalen Grundschwellen als Strömunglenker kann natürlich auch verzichtet werden. <b>Wichtig ist, dass insgesamt eine gewässertypische, hohe Breiten-, Tiefen-, Substrat- und Strömungsvarianz induziert wird, noch vorhandene wertvolle Reststrukturen, wie insbesondere flutende Erlenwurzeln, Kolke und Prallhänge nicht überbaut werden und künftige eigendynamische Entwicklungen nicht durch zu starke Fixierung mit zu viel bzw. zu grobem Material unterbunden werden.</b></p> <p><b>Das Beispiel auf der rechten Seite skizziert dagegen einen ungünstigen Einbau.</b> Hier wurden die Ufer durchgehend mit Kiesauflagen versehen und der Stromstrich durchgehend stark und gleichförmig eingengt. Es entsteht nur ein sehr leicht gewundener Stromstrich, der für die Entwicklung einer ausgeprägten spiralförmigen Sekundärströmung in der Regel nicht ausreicht. Lediglich in der durch den Altlauf vorgegebenen, stärkeren Krümmung im unteren Bereich (Profil g–h) kann sich eine Sekundärströmung einstellen. Ausgeprägte Prallhang-/Gleithangstrukturen können sich dennoch wegen zu starker Einengung mit nicht umlagerungsfähigem Material nicht entwickeln. Außerdem wurden die wertvollen Reststrukturen im unteren Bereich (Krümmungskolk, flutende Erlenwurzeln) durch Kiesauflagen überdeckt und entwertet. Es wurde insgesamt eine starke, einförmige Einengung ohne Breitenvarianz mit einem unnatürlichen Breiten-/Tiefenverhältnis von fast 1:1 eingestellt. Hieraus resultiert eine generell (zu) hohe Fließgeschwindigkeit mit nur geringer Varianz und eine insgesamt eher monotone, wenn auch kiesreiche Gewässerstruktur. Ausgeprägte Gleithangstrukturen und Krümmungskolke sowie unterspülte Uferpartien können sich nicht ausbilden – dafür ist das Profil zu stark und durchgängig fixiert und eingengt, sowie der Windungsgrad zu gering. Auch die typische und biologisch hoch effektive Kolk-Rausche-Sequenz stellt sich nicht ein. Wenn im Sohlbereich nicht ausreichend viel und ausreichend lagestabiler Kies eingebaut wurde, ist eine Tendenz zur Tiefenerosion zu erwarten. Wurde insgesamt eher grobes Material verwendet (wie in den unteren beiden Querschnitten c–c und d–d angedeutet), wurde das Gewässer insgesamt weitgehend in einem eher naturfernen Zustand fixiert. Entsprechend das Kiesmaterial außerdem nicht dem regionstypischen Material, wurde das Gewässer außerdem auch in dieser Hinsicht stark überprägt.</p>
<p><b>5.2.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Bei richtiger Materialauswahl und geeignetem Einbauprinzip kann mit vergleichsweise geringem Aufwand eine vergleichsweise sehr hohe strukturelle und biologische Effizienz erreicht werden (weitgehende Wiederherstellung naturnaher Strömungs-, Substrat-, Tiefen- und Breitenvarianzen). Bei hohem Sandtrieb werden in der Regel ergänzende Maßnahmen erforderlich (vgl. MG 6).</p> <p>Bei ungeeigneter Materialauswahl (z. B. zu grobes oder nicht lokaltypisches Material) und/oder ungünstigem Einbauprinzip kann das Gewässer allerdings auch in einem eher naturfernen Zustand fixiert und damit nachhaltig geschädigt werden.</p>
<p><b>5.2.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Die Unterhaltung ist so anzupassen, dass Nivellierung oder gar Entnahme von Kiessubstraten sicher vermieden wird. Da Mähkorbunterhaltung hierfür immer ein erhebliches Risiko darstellt, ist der Aufbau beidseitiger, standorttypischer Gehölze in der Uferlinie dringend zu empfehlen, um schließlich auf Sohlmahd verzichten zu können, die Ufer naturnah zu strukturieren und gegen Breitenerosion zu stabilisieren. Zur Reduktion übermäßiger Sand- und Feinstoffmobilisierung aus den Gewässerprofilen des Einzugsgebietes sind Böschungsschäden bei der Gewässerunterhaltung (z. B. Bloßlegen des Untergrundes bei Mähkorbeinsatz) strikt zu vermeiden.</p>
<p><b>5.2.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	<p><b><u>Kieseinbauten in der oberen Lutter</u></b></p> <p>Beispiele für gelungene Kieseinbauten in der oberen Lutter zeigen die Abb. 5.2.2–5.2.5. Es wurden überwiegend feinere, noch umlagerungsfähige Korngrößen autochthoner Kiese mit lokal varierendem Grobkornanteil eingebaut. Ein abwechslungsreiches Gewässerbett ist entstanden, das nicht vollständig fixiert wurde und sich eigendynamisch weiter ausdifferenzieren kann.</p>  <p>The images show four different views of a river channel after stone construction. The top-left photo shows a riverbank with a tree and a stone structure. The top-right photo shows a river channel with a stone structure and vegetation. The bottom-left photo shows a river channel with a stone structure and vegetation. The bottom-right photo shows a river channel with a stone structure and vegetation.</p> <p><b>Abb. 5.2.2–5.2.5:</b> Großflächige Kieseinbauten in der oberen Lutter (Fotos P. Suhrhoff, 2016)</p>

**Renaturierung eines ehemals stark lateral überdimensionierten Lutter-Abschnittes**

Gelungenes Maßnahmenbeispiel für die Renaturierung eines ehemals sehr stark lateral überdimensionierten Abschnittes der Lutter durch großräumigen Kieseinbau kurz nach Abschluss der Baumaßnahmen. Es wurde ein gewundener bis mäandrierender Verlauf mit hoher Tiefen-, Breiten- und Fließgeschwindigkeitsvarianz entwickelt. Kolke und naturnahe Reststrukturen wurden nicht überbaut, sondern sinnvoll integriert. Es wurden überwiegend feinere, noch in gewissem Rahmen umlagerungsfähige Korngrößen lokaltypischer Kiese verwendet, so dass weitere eigendynamische Entwicklungen möglich bleiben.



**Abb. 5.2.6–5.2.15:** Renaturierung eines ehemals stark lateral überdimensionierten Lutter-Abschnittes durch Kieseinbau, kurz nach Abschluss der Baumaßnahmen (Fotos: P. Suhrhoff, 2016)

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.2****Ungünstige Kieseinbauten**

Die Abb. 5.2.16–5.2.19 zeigen einige nicht empfehlenswerte Einbaubeispiele. Durch oft zu grobe Kies- bzw. Steineinbauten im Böschungsbereich wurden z. T. Wurzelstrukturen überdeckt und Krümmungskolke verfüllt bzw. fixiert. Ausgeprägten Furt-Kolk-Sequenzen wurden nicht entwickelt. Eine Breitenvarianz fehlt nahezu ganz. Insgesamt wurde eher der vorhandene begradigte Ausbaucharakter fixiert. Teilweise vor der Maßnahme vorhandene Ansätze zu lateralen eigendynamischen Entwicklungen wurden durch Einbau grober Korngrößen gerade in Außenkurven konterkariert. Insgesamt wurde zwar ein schnelles, kiesreiches, jedoch eher strukturarmes Gerinne hergestellt, das kaum noch eigendynamische laterale Entwicklungen erwarten lässt und nicht als naturnah bezeichnet werden kann. Zusätzlich erscheinen die eingebrachten Kiesmengen für ein sandgeprägtes Gewässer deutlich überzogen.



**Abb. 5.2.16–5.2.19:** Beispiele für ungünstige Kieseinbauten, vgl. Abb. 5.2.1 (Fotos: S. Nickel, 2016)

**5.2.9 Literatur**

- ALTMÜLLER, R. & J. KUBITZKI (2016): Wiederherstellung naturnaher Gewässerbettstrukturen von Heidebächen durch Kieseinbringung und Erfolgskontrollen anhand der Fischfauna; in: TU Braunschweig, Institutskolloquium 2016: Wasserrahmenrichtlinie: Bedeutung der Morphodynamik für den guten ökologischen Zustand: 43–49
- ALTMÜLLER, R. & J. KUBITZKI (2015): Strukturverbesserung der Lachte durch Kieseinbringung in den Jahren 2012 und 2013, Bereich Metzgingen. Ergebnisbericht über erste Erfolgskontrollen, Stand 2014. 19 S. Lachendorf
- ALTMÜLLER, R., R. DETTMER, J. KUBITZKI, H.-J. LÖTHER & H. MENNEKING (2012): Fließgewässer-Renaturierung durch Kieseinbringung für Muscheln, Fische und Vögel. In: NABU Kreisverband Celle, Rundbrief 2012: 32–37
- ALTMÜLLER, R. (2015): Erfordernis der Verwendung von autochthonem Kies bei der naturnahen Gestaltung von Heidebächen, Lachendorf.
- ALTMÜLLER, R. & R. DETTMER (2006): Erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen für die Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* L. durch Reduzierung von unnatürlichen Feinsedimentfrachten – Erfahrungen im Rahmen des Lutterprojekts; Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 26 (4): 192–204
- ALTMÜLLER, R., R. DETTMER, N. HORNÝ & G. RATZBOR (2006): Wiedereinbringung von Kies in Heidebäche und Erfolgskontrolle am Beispiel der Fischfauna; Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 26 (4): 205–213
- BRUNKE, M., M. Purps & C. WIRTZ (2012): Furten und Kolke in Fließgewässern des Tieflandes: Morphologie, Habitatfunktion für Fische und Renaturierungsmaßnahmen, HW 56 H.3: 100–110
- MADSEN, B. L. & L. TENT (2000): Lebendige Bäche und Flüsse; Edmund Siemers Stiftung (Hrsg.), Hamburg
- LANDESFISCHEREIVERBAND BAYERN (2007): Die Restaurierung von Kieslaichplätzen; Lang Offsetdruck, Unterschleißheim, 26 S.
- MUNLV (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW; Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 137 S. + Anhang
- RASPER, M. (2001): Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen; NLÖ, Hildesheim: 1–98

<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.3</b> <b>Einbau bzw. gezieltes Belassen von Totholz zur allgemeinen Strukturverbesserung</b>
<b>5.3.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Totholz ist in allen Gewässertypen ein unverzichtbarer Faktor für die Strukturvielfalt im Gewässer sowie von sehr großer Bedeutung als Siedlungs- und z. T. Nahrungssubstrat zahlreicher Fließwasserorganismen. Der Maßnahmentyp ist somit für alle Gewässertypen relevant.
<b>5.3.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Die vorhandene Struktur- und Substratvarianz ist aufgrund von Totholz mangel, ggf. ergänzt durch Begrädigung und weitere Negativ-Faktoren deutlich zu gering.
<b>5.3.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	<p>In tiefen Staustrecken ist der Maßnahmentyp kaum sinnvoll einsetzbar, da relevante hydromorphologische Effekte erst bei Verbauungsgraden möglich wären, die erhebliche, in entsprechenden Gewässern kaum tolerable Auswirkungen auf die hydraulische Leistungsfähigkeit bei hohen Abflüssen hätten und Totholzeinbauten für die Fließwasserbiozönose keine relevanten Verbesserungen bewirken, wenn nicht parallel ausreichende Fließgeschwindigkeiten entwickelt werden können.</p> <p>Wenn Art und Umfang der Einbauten sowie deren ggf. erforderliche Fixierung den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, bestehen keine weiteren Restriktionen für den Einsatz dieser sehr empfehlenswerten Option für die Gewässerentwicklung. Grundsätzlich können bei geeigneter Umsetzung durchaus erhebliche strukturelle Verbesserungen ohne relevante Auswirkungen auf Wasserspiegellagen erreicht werden.</p> <p>Bei vorhandenen Ufergehölzen bzw. begleitenden Waldflächen sollte eine Nutzung des natürlich anfallenden Totholzes im Rahmen einer angepassten Totholzbewirtschaftung (gezieltes Belassen von Totholz) bei der Gewässerunterhaltung in der Regel Vorrang vor dem Totholzeinbau haben – bzw. der Einbau sollte nur ergänzend eingesetzt werden, soweit dies für bestimmte Zielsetzungen notwendig erscheint (z. B. Sohlgurte zur Eindämmung von Tiefenerosionen).</p> <p>Eine gewisse laterale Flächenverfügbarkeit (möglichst mindestens in Höhe der mittleren Sohlbreite) ist zwecks Tolerierung lateraler eigendynamischer Entwicklungen wünschenswert, aber keine notwendige Voraussetzung.</p> <p>Der Maßnahmentyp kann auch bei vorliegender Tiefenerosion und lateraler Überdimensionierung eingesetzt werden, um die mit diesen negativen Randbedingungen verbundenen hydromorphologischen Defizite zu lindern.</p> <p>Wenn die Maßnahmen so umgesetzt werden, dass nachteilige Veränderungen von Wasserspiegellagen für anliegende Nutzungen vermieden werden, erscheint eine wasserrechtliche Genehmigung verzichtbar. Gleichwohl stärkt eine vorliegende Genehmigung die Rechtsposition des Maßnahmenträgers, was besonders im intensiv genutzten Umfeld vorteilhaft sein kann.</p>
<b>5.3.4 Ziele</b>	<b>Ziele:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primärziel ist die Nutzung der morphodynamischen Effekte von Totholz-Makrostrukturen (Stammholz, starke Äste, Wurzelteiler) für die Entwicklung vielfältiger Fließwasserstrukturen im kleinräumigen Nebeneinander (s. 5.3.5).</li> <li>2. Verbesserung des Angebotes von Festsubstraten als besonders arten- und individuenreich besiedelbaren (Teil-) Lebensräumen der Fließwasserbiozönose.</li> <li>3. Verbesserung der Nahrungsbasis der Fließwasserbiozönose (durch das Totholz selbst, darauf wachsende Algenrasen, sowie verbesserten Rückhalt von Blattwerk, Grob- und Feindetritus).</li> <li>4. als Sonderfälle: Verringerung von Tiefenerosionen, Schutz ggf. vorhandener Altgehölze bei Tiefen- bzw. Seitenerosion bzw. strukturelle Verbesserung bei lateraler Überdimensionierung.</li> </ol>
<b>5.3.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>5.3.5.1: Exkurs: Zur Bedeutung von Totholz im Fließgewässer</u></b></p> <p>Für das Verständnis der Bedeutung und Chancen dieses Maßnahmentyps erscheint es sinnvoll, die erstaunlich vielfältigen positiven Wirkungen von Totholz an dieser Stelle kurz zu umreißen. Am augenfälligsten sind zunächst die extrem vielfältigen und oft stark ausgeprägten Strukturvarianzen, die von Totholz-Makrostrukturen im Fließquerschnitt bewirkt werden können. Über die Beeinflussung der Fließvorgänge induzieren diese Strukturen abhängig von Verbauungsgrad und räumlicher Anordnung nahezu unbegrenzt vielfältige hydromorphologische Wirkungen, wie z. B. Sturz-, Unter- oder Umströmungskolke, lokale Rückstau- und Akkumulationszonen, Bankstrukturen, ggf. Inselbildungen, lokale Gefällesprünge sowie Uferabbrüche und Steilufer etc. Untersuchungen aus den USA ergaben, dass dort in verschiedenen Bächen 65–86 % der Kolstrukturen durch Totholz induziert waren (aus ECKERT et al. 1996). Totholz kann somit für die Anzahl ausgeprägter Strukturvarianzen eine noch größere Bedeutung haben, als der Gewässerverlauf (Windungsgrad).</p> <p>An die Makrostrukturen können sich Äste verschiedenster Größenordnungen anlagern und Totholzansammlungen und Geniste bilden. So entstehen z. B. Schutz- und Rückzugsräume für Wirbellose und Jungfische vor Feinden bzw. bei Hochwässern. Die Holzstrukturen selbst sind oft sehr dicht und artenreich von Wirbellosen und Mikroaufwuchsalgen besiedelt. Die Makrostrukturen reduzieren Risiken für Tiefenerosionen, fördern die Durchströmung des Interstitials als ebenfalls sehr wichtigem Teil-Lebensraum der Fließwasserbiozönose und im Zusammenhang mit der Astfraktion lokal den Rückhalt von Blättern und Grobdetritus als wichtiger Nahrungsbasis vieler Wirbelloser und Baumaterial z. B. für die Köcher vieler Köcherfliegen. Im Ergebnis können die Individuenzahlen und Biomassen totholzreicher Gewässerabschnitte leicht um den Faktor 10 und mehr über den Werten von Vergleichsstrecken ohne Totholz liegen. Auch die Artenzahlen sind bei guter Totholz Ausstattung meist stark erhöht (ca. Faktor 2 bis 3 und z. T. mehr).</p>

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.3
	<p><b><u>5.3.5.2: Prinzipien beim Einbau von Totholz bzw. beim gezielten Belassen ins Gewässer gefallener Bäume</u></b></p> <p>Die unterschiedlichen Möglichkeiten, Totholz einzubauen bzw. anzuordnen, sind letztlich ähnlich unbegrenzt, wie die Anordnungen und Erscheinungsformen natürlicher Totholzstrukturen in den Gewässern. Es kann also nicht „das eine, richtige Einbauprinzip“ geben. Daher seien hier lediglich einige grundlegende Prinzipien benannt, die im Interesse effektiver Einbauten beachtet werden sollten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Die „Lebensdauer“ von Totholzstrukturen im Gewässer ist je nach Holzdurchmesser und Holzart sehr unterschiedlich. Astholz hat meistens nur eine kurze Haltbarkeit von allenfalls wenigen Jahren. Um eine ausreichende Nachhaltigkeit zu erreichen, die den Aufwand für gezielte Einbauten rechtfertigt, eignet sich daher im Grunde nur Stammholz (das natürlich auch samt Krone verbaut werden kann) bzw. sehr starkes Astholz oder Wurzelteller.</li> <li>Eine naturnahe Ausstattung mit feineren Holzstrukturen, die für die volle Funktionsfähigkeit einer naturnahen Totholz-Ausstattung durchaus wichtig ist (s. o.), ist nur über eine geeignete Bewirtschaftung der Totholzspende ggf. vorhandener Ufergehölze bzw. -wälder realistisch leistbar. Wo nicht vorhanden, sollten daher entsprechende Gehölze aufgebaut werden.</li> <li>Die erreichbare hydromorphologische Wirkung eingebauter Totholzstrukturen hängt primär vom verbauten Fließquerschnitt und der Ausrichtung zur Strömung ab. Im Interesse möglichst effektiver hydromorphologischer Wirkungen gelten folgende Grundsätze: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Der verbaute Fließquerschnitt bezogen auf etwa Sommer-MW sollte min. 30 % besser ca. 60–70 % betragen – bei lateraler Überdimensionierung bzw. leicht erodierbaren Sohl- und Ufermaterialien ggf. auch mehr. Diese Empfehlung gilt für den Einbau lokaler bzw. in Gruppen angeordneter Strukturen, die sich nicht gegenseitig hydraulisch durch Rückstau beeinflussen. Dabei sind die Lage des Einbauabschnittes (Hochwassergefährdungs-Potenzial) und Risiken für Verblockungen durch Anlagerungen von Driftholz zu beachten.</li> <li>➤ Quer oder in stumpfem Winkel (bis ca. 45°) zur Haupt-Fließrichtung angeordnete Strukturen sind für die Strukturvarianz im Gewässer hydromorphologisch wesentlich effektiver, als mehr oder minder in Fließrichtung angeordnete Strukturen.</li> <li>➤ ± horizontal eingebaute, schon bei mittleren Abflüssen überwiegend über- oder unterströmte Strukturen, die sich über möglichst große Anteile der Sohlbreite erstrecken, sind meist effektiver als vertikale Strukturen über (kleinere) Teilquerschnitte mit geringer oder fehlender Überströmung.</li> <li>➤ Verzweigte oder krumme Strukturen sind tendenziell lagestabiler, erfordern also weniger Aufwand für Fixierungen und erzeugen tendenziell eine höhere Strukturvarianz als gerades Rundholz.</li> <li>➤ Ist im Einzelfall Uferschutz ein sinnvolles hydromorphologisches Ziel – z. B. um erosionsgefährdete Altgehölze zu erhalten, ist hierfür der uferparallele Einbau ganzer Bäume (Raubäume) zu empfehlen – eventuell ergänzt durch inklinant angeordnete, überströmte Bühnen über (kleinere) Teilquerschnitte – wahlweise aus Totholz oder natürlichen, mineralischen Festsubstraten.</li> <li>➤ Unter Berücksichtigung o. g. Prinzipien sollte stets versucht werden, eine möglichst naturnahe Varianz verschiedener Einbauoptionen zu realisieren und starre Konstruktionstypen zugunsten einer möglichst großen Variabilität der Einbauten zu vermeiden.</li> </ul> </li> <li>Um die unter 5.3.4 genannten Ziele 2 und 3 (z. B. Eignung als Siedlungsstruktur und Nahrungsressource für Wirbellose) vollständig zu erreichen, sowie den Aufwand für ggf. nötige Fixierungen möglichst gering halten zu können, sollte stets versucht werden, möglichst frisch und während der Vegetationsperiode geschlagene, regionaltypische Laubhölzer mit hoher Rohdichte zu verwenden.</li> </ol> <p><b><u>5.3.5.3: Die Fixierungsfrage</u></b></p> <p>Beim Einbau von Totholzstrukturen stellt sich immer die Frage, ob eine Fixierung erforderlich ist und wie sie, falls notwendig, im jeweiligen Anwendungsfall am sinnvollsten und in einer für das Landschaftsbild verträglichen Form erfolgen kann. Dabei wird häufig vergessen, diese Fragen überhaupt zu stellen, sondern es wird oft prinzipiell fixiert, wobei nicht selten die Totholzeinbauten unter- und die Fixierungen überdimensioniert werden. Auch erfolgen Fixierungen z. T. mit naturraumuntypischen Materialien (siehe auch SEIDEL &amp; MUTZ, 2012). Die Ergebnisse wirken dann ggf. eher wie Fremdkörper und weniger wie gelungene Beispiele naturnaher Gewässerentwicklungen.</p> <p>Im Bemühen, maximale Sicherheit vor unerwünschter Abdrift und damit vorstellbar verbundenen Risiken zu garantieren, wird oft auch übersehen, dass die Fixierungen ihrerseits Gefährdungspotenziale darstellen können.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ An Fixierungspfählen, -ketten oder -seilen könnten sich größere Driftholzstrukturen verfangen.</li> <li>➤ Es könnten sich auch Wassersportler daran verletzen oder gar tödlich verunglücken.</li> <li>➤ Stärker korrodierte Stahlseile oder Drähte können z. T. sehr spitze, verletzungsgefährliche Strukturen bilden.</li> </ul> <p>Der Fixierungsbedarf sollte daher stets gründlich in folgenden Schritten abgewogen werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Kann eventuell ganz auf eine Fixierung verzichtet werden bzw. ist eine unerwünschte Abdrift in mögliche Risikozonen nicht sinnvoller auf anderem Wege zu verhindern (z. B. Totholzfänge, siehe auch M 5.4)?</li> <li>Wird eine Fixierung als nötig erachtet, ist zu fragen, wie dauerhaft und starr diese sein muss. Wenn nicht Sonderfälle zu bearbeiten sind, die eine exakte Beibehaltung der Einbauposition erfordern (z. B. Totholzsohlgurte zur Eindämmung von Tiefenerosionen), wird häufig eine provisorische Fixierung bis zur vollständigen Wassersättigung der Hölzer ausreichen. Oft wird man auch Fixierungsoptionen wählen können, die noch gewisse lokale Umlagerungen der Einbauten zulassen – also Raum für Eigendynamik geben.</li> <li>Sind die näheren Anforderungen an die Fixierung im jeweiligen Anwendungsfall definiert, ist zu prüfen, wie die Fixierung unter den jeweiligen Randbedingungen mit möglichst naturraumtypischen Materialien möglichst kostengünstig ausgeführt werden kann. Hinweise hierzu folgen unter 5.3.5.4.</li> </ol>

**5.3.5.4: Baumaterialien und Optionen zur Fixierung von Totholz-Einbauten bzw. zur Sicherung gegen Abdrift****Optionen für temporäre Abdrift-Sicherungen bis zur vollständigen Wasser-Sättigung mit Möglichkeiten für begrenzte eigendynamische Umlagerungen**

Voll wassergesättigtes Totholz wird – wie auch natürlich vorhandenes Totholz – zumindest im Tiefland meist allenfalls noch lokal in geringerem Umfang umgelagert. Es wird daher häufig ausreichend sein, die eingebrachten Strukturen bis zur vollständigen Wassersättigung zu sichern. Nach Literaturangaben dauert dieser Prozess bei frisch geschlagenem Holz maximal 6 Monate (BILBY, HEFFNER et al., 1999).

Eine einfache Möglichkeit, Totholz bis zur vollständigen Wassersättigung temporär gegen Abdrift zu sichern, besteht darin, es über mit Kies gefüllte Säcke soweit zu beschweren, dass es sicher zur Sohle absinkt. Dabei macht es Sinn, stärkere Seitenäste zu belassen, auch damit die Struktur nicht zum Rollen neigt. Im abgebildeten Beispiel (Abb. 5.3.1–5.3.3) wurde während der Vegetationsperiode frisch geschlagenes Pappelholz (Rohdichte ca. 0,8 t/m<sup>3</sup>) verwendet, woran mit Kies gefüllte, handelsübliche Sandsäcke (Jute-Material) angenagelt und -gebunden wurden. Als geeignetes Bindematerial haben sich geflochtene bzw. gezwirnte Kokosseile bewährt. Es sollten immer 2 Säcke gegenüber fixiert werden (analog zu Packtaschen), damit das Totholz möglichst direkt und stabil auf der Sohle liegt. Etwa im Bereich des Schwerpunktes ist ein ausreichendes Stück frei zu lassen, um die Elemente schließlich mit dem Bagger greifen und einbringen zu können. Es können natürlich auch Säcke aus Kokosfasern etc. verwendet werden bzw. die Säcke könnten bei geeignetem Material bzw. angepassten Fixierungsoptionen ggf. auch ausschließlich über starke Nägel oder Schlossschrauben fixiert werden.

Der Ansatz ist geeignet bis ca. 60 cm Stammdurchmesser. Darüber wird es schwierig, ausreichend viele Säcke am Stamm zu fixieren bzw. die Struktur wird schließlich auch zu schwer, um sie noch mit normalen Baggern einbringen zu können. **Hinweis:** Bei stärkeren Stämmen bietet es sich an, diese im Uferbereich z. B. mit Pfählen provisorisch bis zur Wassersättigung zu fixieren und dann nach Wassersättigung per Bagger bzw. Seilwinden in die gewünschte Ausrichtung zu bringen. Noch einfacher wäre es, für die Wassersättigung ggf. vorhandene Stillgewässer oder Altarme im Nahbereich zu nutzen.

Vorteile des Ansatzes sind:

- Der Einbau ist auch unproblematisch an Orten möglich, die z. B. mit Pfählen wegen zu großer Wassertiefe/Gewässerbreite oder zu harten Untergründen nicht bearbeitet werden könnten.
- Nach etwa 2 bis 3 Jahren sind die Befestigungsmaterialien verrottet und es verbleibt lediglich die eingebrachte Holzstruktur und etwas Kies – ohne irgendwelche störenden Pfähle oder sonstige technische Fixierungsstrukturen.
- Die Holzstrukturen können sich – ähnlich wie natürliches Totholz auch – noch in geringem Umfang lokal umlagern.
- Es gibt praktisch kein Verletzungsrisiko für Wassersportler oder Tiere.
- Es entstehen zu keiner Zeit Fixierungsstrukturen, an denen sich Treibgut verfangen könnte.



**Abb. 5.3.1–5.3.3:** Einbau von Pappelstämmen mit Beschwerung über Kiessäcke (Fotos: V. Knuth, 2006).

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.3
	<p><b>Abdriftsicherung über (weitgehend) ortsfeste, natürliche/naturnahe Strukturen</b></p> <p>Eingebrachte Totholzstrukturen können an einem bzw. bei Bedarf (z. B. bei Sollausrichtung <math>\pm</math> quer zur Strömung) auch an zwei oder mehr Punkten über Seile bzw. Ketten an natürlichen, weitgehend ortsfesten Strukturen fixiert werden, wie z. B. standfesten Bäumen/Baumstubben im Nahbereich, ausreichend großen Findlingen bzw. Blöcken oder auch an anstehendem Fels.</p> <p>Hierbei sollten möglichst Seile aus Naturfasern verwendet werden, damit die Fixierungsseile nicht dauerhaft als störende Struktur verbleiben, bzw. alternativ sollten die Fixierungsseile geborgen werden, sobald die Hölzer wassergesättigt sind und sich augenscheinlich ausreichend lagestabil in die Sohlmorphologie eingefügt haben. Bei besonders hohen hydraulischen Belastungen wären ggf. Stahlketten – möglichst ohne Korrosionsschutz zu verwenden. Auf Stahlseile sollte wegen erheblicher Verletzungsgefahren (besonders nach Korrosionsangriff) verzichtet werden.</p> <p>Bei Fixierung an lebenden Bäumen ist ein geeigneter Rindenschutz zu verwenden, um die Bäume vor Schäden zu schützen. Die Fixierung an Findlingen bzw. Fels erfolgt am einfachsten und besten über Verbunddübel auf Epoxidharz-Basis, mit denen z. B. starke Augbolzen hochfest in entsprechende Bohrlöcher verklebt werden können. Mineralische Grobstrukturen zwecks Fixierungsmöglichkeit in Kettennetze oder Gabionen zu verpacken, erscheint dagegen zu aufwändig, teuer, verletzungsträchtig und optisch unbefriedigend. <b>Bei Fixierung an mineralischen Grobstrukturen, sollte ausschließlich gewässer- bzw. lokaltypisches Material verwendet werden!</b></p> <p>Vorteile des Ansatzes sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>geringe Kosten (soweit gewässertypische mineralische Grobstrukturen, nicht erst erworben und/oder zum Einbauort transportiert werden müssen).</li> <li>Je nach Länge der Seile bzw. der Dimensionierung von Ankersteinen können sich die Strukturen noch begrenzt lokal ausrichten/umlagern. Dies kann allerdings je nach Zielsetzung auch nachteilig sein.</li> </ol> <p>Nachteile des Ansatzes sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Je nach Länge der Befestigungsseile und Verankerungsart bleibt Totholz ggf. zunächst schwimmfähig und wird erst nach Wassersättigung absinken.</li> <li>Die Fixierungsseile bzw. -ketten sowie die zunächst ggf. noch schwimmenden Tothölzer bergen Unfall- u. Verletzungsrisiken und die Möglichkeit, dass sich Driftstrukturen darin verfangen können.</li> <li>Geeignete natürliche Ankermaterialien stehen an vielen Gewässertypen bzw. Einbauorten nicht zur Verfügung.</li> </ol> <p><u>Hinweis:</u> In Gewässertypen ohne natürliche mineralische Grobstrukturen bzw. bei Fehlen geeigneter Ankergehölze am Einbauort können natürlich auch geeignete Ankerpfähle im Uferbereich gesetzt werden. Eine weitere Alternative, die zudem kein schweres Baugerät erfordern würde, wäre die Verwendung von Patentankern (je nach Sohltyp Danforth- oder Bruce-Anker). Schon um Diebstähle der Anker zu vermeiden, aber auch um die Lebensdauer bei ausbleibender Bergung zu begrenzen, sollten entsprechende Anker dabei in vereinfachter Form und ohne Korrosionsschutz aus starkem Stahlblech gefertigt und an Ketten ohne Korrosionsschutz verwendet werden. So dürften einfache und kostengünstig sichere und wiederverwendbare Abdrift-Sicherungen hergestellt werden können, die möglichst nach Wassersättigung der Stämme wieder geborgen werden sollten. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Anker anfangs lediglich die Abdrift verhindern können, schwimmfähiges Holz also erst nach Wassersättigung komplett absinken wird. Wichtig ist, die Ketten ausreichend lang zu bemessen (ca. min. dreifache maximale Wassertiefe bei Hochwasser) und so am Stamm anzuschlagen, dass sie sich bei Bewegung bzw. Rollen des Stammes weder am Stamm aufrollen noch in sich verdrallen können. Der Anker ist also am Stammende z. B. über starke Augbolzen anzuschlagen und es ist mindestens am Anker (besser beidseitig) ein Wirbel zu montieren, da der Anker bei zu kurzer, da aufgerollter/verdrallter Ankerkette nicht halten kann. Soll Totholz mehr oder minder quer zur Hauptfließrichtung angeordnet werden, werden zwei Anker je Totholzstruktur erforderlich. Praktische Anwendungen dieser Option sind bislang nicht bekannt.</p> <p><b>Lagestabile, möglichst dauerhafte Fixierung von Totholzstrukturen</b></p> <p>Soll Totholz möglichst dauerhaft und lagestabil fixiert werden, erfolgt dies meistens über <b>Pfähle</b> (meist Kiefer, Lärche oder Eichenspaltpfähle) und zusätzliche Befestigungen über vernagelte Drähte, Stahlseile oder Bolzen. Dies dürfte die derzeit gängigste Form der Totholz-Fixierung sein, und erscheint daher nicht weiter erläutere- und illustrationsbedürftig.</p> <p>Vorteile des Ansatzes sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bei geeigneten Randbedingungen ist mit hoher Sicherheit eine relativ langlebige Fixierung möglich.</li> <li>Die Methode ist im Wasserbau allgemein eingeführt und anerkannt.</li> </ol> <p>Nachteile des Ansatzes sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sehr technisches Aussehen</li> <li>Relativ hohe Kosten.</li> <li>Eingeschränkte bis fehlende Umsetzbarkeit bei größeren Wassertiefen, Gewässerbreiten bzw. harten Untergründen.</li> <li>Verletzungsrisiken für Badende, Wassersportler und Tiere – besonders nach fortgeschrittener Korrosion von Befestigungsdrähten.</li> <li>Risiken für ggf. unerwünschte Anlagerungen von Driftstrukturen (je nach Überstand der Pfähle).</li> </ol> <p><u>Ergänzende Hinweise:</u></p> <p>Sollen in kleinere Gewässer entsprechend kleinere Strukturen (z. B. grobe Asthölzer) eingebracht und bis zur Wassersättigung fixiert werden, ist dies meist auch ohne Verwendung verletzungsträchtiger Drähte etc. über einfache, vor Ort hergestellte „<b>Holz-Heringe</b>“ möglich, die dann meistens auch einfach mit Hammer/Rammbock von Hand eingeschlagen werden können. Um das Einschlagen zu erleichtern wird die Oberseite zunächst etwas länger geschnitten und nach dem Einschlagen eingekürzt. (vgl. Abb. 5.3.4–5.3.6).</p>

Maßnahmengruppe 5

Maßnahme 5.3

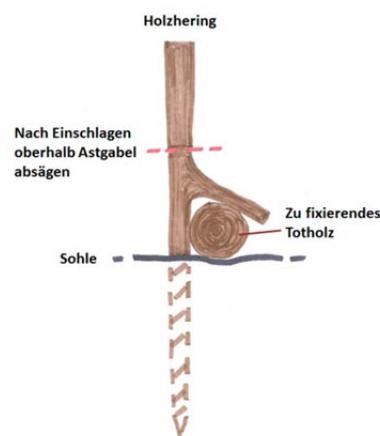


Abb. 5.3.4–5.3.6: Fixierung kleinerer Totholzstrukturen in einem Bach (Neubauabschnitt) über Holzheringe; direkt nach Einbau (Fotos: P.Suhrhoff, 2007).

Größere Totholzstrukturen können auch wirksam über **Moniereisen-Heringe** fixiert werden. Die Heringe bestehen aus ausreichend langen (ca. 2 bis 3 m, je nach Holzdurchmesser und Anzahl), starken Moniereisen (ca. 30-mm-Material), das an einem Ende auf ca. 200 mm Länge rechtwinklig abgebogen wird. Die Moniereisen-Heringe werden dann durch entsprechende Bohrungen im Stamm per Bagger in die Sohle gedrückt. Vorteil der Methode ist, dass eine Fixierung auch auf etwas festeren Untergründen möglich ist und nach Einbau zunächst keine überstehenden Fixierungsstrukturen verbleiben, die erheblich verletzungsgefährlich wären, Driftgut fangen oder optisch stören könnten. Da die Eisen langlebiger sein dürften, als die Totholzstruktur, wird sich dies allerdings mit der Zersetzung des Holzes ändern. Daher sind schließlich sehr verletzungsgefährliche, Driftmaterial sammelnde und optisch störende Reststrukturen zu erwarten, die sukzessiv weiter eingedrückt bzw. schließlich ganz entfernt werden müssten, was in vollständiger Form nur per Bagger möglich sein dürfte.

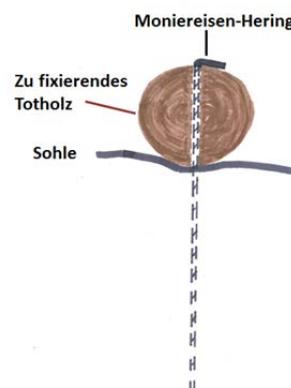


Abb. 5.3.7: Fixierung stärkerer Stämme (s ca. 50–80 cm) über Moniereisen-Heringe (s. Pfeilsymbole); hier zwecks Herstellung eines Querriegels im Rahmen einer Maßnahme zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit (Foto: D. Sönnichsen, 2015),

Abb. 5.3.8: Prinzip-Skizze

Eine weitere Option, Totholz lagestabil zu fixieren besteht in der **Einbindung von Totholzstrukturen ins Ufer**. Hierfür wird das Ufer entsprechend per Bagger bis auf Sohlhöhe ein- oder beidseitig geschlitzt, der oder die Stämme in den Fixierungsschacht eingelegt und meistens entweder über aufgeschüttete Steine oder über Rammpfähle und Draht- oder Bolzensicherungen fixiert. Anschließend wird der Aushubbereich in der Regel wieder mit Bodenmaterial oder Kies angedeckt. Diese Fixierung ist sehr sicher und dauerhaft, allerdings auch relativ aufwändig und kostenintensiv. Außerdem gehen erhebliche Teile der einzubauenden Totholzstrukturen quasi nutzlos im Ufer verloren und es verbleibt bedingt durch die Abgrabung und eingebrachte Fixierungen eine Verletzung vormals gewachsener Uferstrukturen – meist mit eher naturferner Ausprägung (Ausnahmen: Maßnahmen im Rahmen von Neuprofilierungen oder beim Rückbau umfangreicher Ufersicherungen).

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.3
	<p><b><u>5.3.5.5: Hinweise zur (Bau-) Durchführung</u></b></p> <p>Analog zum Einbau von Strömungskern wird vorgeschlagen, die Einbauten bei geringen Abflüssen (ca. niedriger bis mittlerer Sommerabfluss) vorzunehmen, da die erwünschten Wirkungen der Einbauten auf die Fließvorgänge so am besten überprüft werden können und es dann auch am einfachsten ist, ggf. nötige Fixierungen vorzunehmen. Sofern Rückstauereffekte nach oberhalb vermieden werden sollen (besonders im Tiefland im Regelfall sinnvoll, wenn keine Tiefenerosion vorliegt) und eine möglichst starke hydromorphologische Wirkung Ziel ist, bietet es sich an, die Profileinengung durch die einzubauenden Totholzstrukturen (oder lokalen Baugruppen aus mehreren Tothölzern) jeweils so weit zu steigern, bis der Oberwasserspiegel gerade zu steigen beginnt (Anstieg <math>\leq 5</math> cm, Überprüfung durch zuvor installierte Behelfspegel wie Fluchtstangen etc.). Die Größenordnung der hierfür nötigen Einengung wird je nach Dimensionierung der Ausgangsprofile meistens etwa 2/3 des MNW-Profiles betragen.</p> <p>Bei sehr erosionsanfälligen Untergründen bzw. Böschungen führen allerdings selbst stärkere lokale Einengungen kaum zu anhaltenden Rückstauereffekten, da sich die nötigen Durchstromprofile durch Erosionsvorgänge schnell eigendynamisch einstellen. Relevante Rückstauereffekte bilden sich hier meist nur dann aus, wenn es an mehreren Totholzstrukturen zu relevanten, sich gegenseitig hydraulisch beeinflussenden Driftotholz-Anlagerungen kommt.</p> <p><b><u>5.3.5.6: Ergänzende planungsrelevante Hinweise</u></b></p> <p>Wenn die Maßnahmen eine möglichst hohe Strukturvarianz bewirken sollen, ist es nicht nur wichtig, die Einzeleinbauten (bzw. besonders in größeren Gewässern die lokalen Baugruppen) ausreichend groß zu dimensionieren und optimiert zur Strömung auszurichten (s. o.), sondern sie auch im Längsprofil sinnvoll anzuordnen. Hierfür ist zu empfehlen, zwischen den Einzelstrukturen bzw. Baugruppen so viel Platz zu lassen, dass sich dazwischen ausgeprägte Kolkstrukturen bilden können. Außerdem ist ein gegenseitiger Einstau der Strukturen zu vermeiden (es sei denn, es wäre eine Sohlhebung nach Tiefenerosion erwünscht). Unter Einhaltung dieser Randbedingungen sollten andererseits möglichst viele Totholzstrukturen je Fließstrecke realisiert werden. Als Anhaltspunkt für die Integration der verschiedenen Anforderungen kann davon ausgegangen werden, dass Abstände von etwa der halben Länge der natürlichen Laufschwingungen eine sinnvolle Option darstellen – was im Mittel etwa der fünf- bis siebenfachen Sohlbreite entspräche. Außerdem ist es meist sinnvoller, die Strukturen an eher breiteren, flacheren Stellen anzuordnen, als z. B. im Bereich von Krümmungskolken, wo im Interesse der Entwicklung und Erhaltung ausgeprägter Kolkstrukturen im Regelfall besser auf Totholzeinbauten verzichtet werden sollte. Eine mögliche Ausnahme stellt allerdings der Einbau uferparalleler verzweigter Laubholzstämmen als Raubäume dar, wenn im Einzelfall ein Schutz des Prallhanges gegen zu starken Erosionsangriff erforderlich erscheint und alternativ technische Sicherungen nötig würden.</p> <p>Ein verschiedentlich zu beobachtender Fehler, der zumindest im Tiefland beim Einbau von Totholz dringend vermieden werden sollte, ist die Herstellung mehr oder minder deutlicher Profilaufweitungen am Einbauort, um möglichen Reduktionen der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch den Totholzeinbau vorzubeugen. Im Tiefland konterkarieren solche Aufweitungen praktisch alle möglichen positiven hydromorphologischen Effekte des Totholzeinbaues und verkehren sie ins Gegenteil: statt abwechslungsreicher Fließgewässerstrukturen entstehen dann nur monotone Schlamm- oder Feinsandareale. Ganz anders kann sich dieser Zusammenhang allerdings bei stark erosiven Bedingungen im Berg- und Hügelland darstellen, wo Aufweitungen sinnvoll bzw. erforderlich sein können, damit z. B. Kies- bzw. Schottersubstrate nicht fortgespült werden bzw. sich wieder ablagern können.</p> <p>Aus ähnlichem Grunde ist beim Einsatz von Totholz im Rahmen von naturnahen Neuprofilierungen im Tiefland dann Vorsicht geboten, wenn sehr erosionsanfälliges Böschungsmaterial vorliegt und die Ufer und Böschungen noch nicht durch Vegetation stabilisiert sind. An Totholz-Einbauorten können dann bei hohen Abflüssen so starke lokale Breiten- und Sohlerosionen auftreten, dass aufgrund dabei entstehender lokaler Überdimensionierungen sich an den Einbauorten schließlich ebenfalls nur Schlamm- bzw. Feinsand-Zonen ohne weitere Strukturdifferenzierung bilden und auch das Totholz als Festsubstrat wegen dann zu geringer Fließgeschwindigkeiten gar nicht adäquat von Fließwasserarten des Makrozoobenthos besiedelt wird. Bei entsprechenden Bedingungen ist es daher in der Regel sinnvoller, zunächst eine Stabilisierung der Böschungen durch Vegetation abzuwarten und erst dann Totholz einzubringen.</p>
<p><b>5.3.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Bei geeigneter Dimensionierung und Anordnung (s. o., sowie auch 5.3.8) können die Strukturvarianz sowie die Lebensbedingungen insbesondere für das Makrozoobenthos und für Fische kostengünstig und hoch effektiv verbessert werden (siehe auch 5.3.5.1).</p> <p>Bei angepasster Umsetzung können auch Sonderprobleme wie Überprofile oder Tiefenerosionen bearbeitet bzw. zumindest gelindert werden. Z. B. kann bei erosionsbedingtem Fehlen der Kiesfraktion im Berg- und Hügelland durch geeigneten Totholzeinbau erreicht werden, dass sich von oberhalb eingetragene Kiese/Schotter lokal wieder anreichern können, so dass Kieslaicher Laichplätze finden.</p> <p>Insgesamt kann die Nutzung von Totholz für die Strukturverbesserung niedersächsischer Gewässer und die Verbesserung der Besiedlung der Gewässer zwecks Umsetzung der WRRL-Ziele nur nachdrücklich empfohlen werden – und zwar sowohl durch Belassen (bzw. geeignete Bewirtschaftung) natürlich eingetragenen Totholzes bei der Gewässerunterhaltung als auch – wo zusätzlich erforderlich – durch gezielten Einbau!</p>
<p><b>5.3.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Sowohl die Einbauten selber als insbesondere auch die sich als Folge der Einbauten ausdifferenzierende hydromorphologische Strukturvielfalt ist sehr empfindlich gegenüber maschinellen Unterhaltungsmaßnahmen an der Sohle – insbesondere mit Großgeräten (Baggern). Ebenso erscheint eine Unterhaltung mit Mähboot nicht praktikabel umsetzbar. Eine (flächige) Unterhaltung der Sohle sollte also nach Umsetzung der Maßnahme möglichst nicht erforderlich sein (z. B. Dank ausreichender Beschattung und Fließgeschwindigkeiten) bzw. sollte sich allenfalls auf eine Stromrinnenmähd (möglichst mit Kleingeräten) beschränken. Wo nicht vorhanden, ist der Aufbau von standortgerechten Ufergehölzen somit dringend zu empfehlen (sofern nicht noch über laterale Entwicklungen der Verlauf optimiert werden soll/muss). Nur so kann auch eine zukünftig kostenneutrale, ausreichende und naturnahe Totholzspende (auch der Ast- und Feinfraktion) erreicht werden.</p>

## Maßnahmengruppe 5

### Maßnahme 5.3

#### Totholzeinbau in die Erosionsstrecke der Hunte bei Dötlingen

Ziel war hier die Erprobung von Totholzeinbauten zur Reduktion der Tiefen-Erosionstendenzen der Hunte sowie zur Strukturverbesserung durch Einbau von Totholzgruppen entsprechend Abb. 5.3.9. Es wurde voll im Saft stehendes, vor Ort gewonnenes Pappelholz verwendet. Da aufgrund zu hoher Wassertiefen und Sohlbreiten Fixierungen über Pfähle nicht umsetzbar erschienen, wurden temporäre Abdriftsicherungen durch Beschwerungen mit kiesgefüllten Sandsäcken erprobt (s. Abb. 5.3.1–5.3.3). Stämme mit mehr als 60 cm Durchmesser wurden zunächst bis zur Wassersättigung im Seitenbereich provisorisch über Pfähle fixiert und nach Wassersättigung quer zur Fließrichtung in der Sohle ohne weitere Fixierungen positioniert. Die Ausrichtung in die Zielposition erfolgte nach etwa einem Jahr Vorwässerung. Dieser Zeitraum war auch bei Stammdurchmessern von 80 cm und Längen von ca. 8 m ausreichend.

Die danach beobachteten Umlagerungen von Totholzstrukturen (auch nach Zerfall der Kiessäcke) waren relativ gering und unproblematisch. An den Einbauorten entstanden wie erwünscht bereichsweise lokale Aufsandungen – teilweise im Wechsel mit Stromrinnen (s. Abb. 5.3.10 und 5.3.11). Sehr positiv waren auch die Reaktionen des Makrozoobenthos: gegenüber Strecken ohne Totholz zeigten die Einbaubereiche Zunahmen gerade bei den anspruchsvollen Fließwasserarten um Faktor 2 bis 3 (und mehr) bei den Artenzahlen bzw. um Faktor 10 und mehr bei den Individuenzahlen (KNUTH & SUHRHOFF, 2009). Der Ansatz kann daher zumindest für das Tiefland durchaus empfohlen werden. Wichtig dabei ist, dass die Befestigung der Säcke ausreichend sorgfältig und mit ausreichend reißfestem Material erfolgt! Ein umfassendes morphologisches Monitoring der längerfristigen Wirkungen auf das Erosionsgeschehen erfolgte leider nicht. Grundsätzlich wäre es sinnvoll und hydraulisch unproblematisch gewesen, je Baugruppe noch deutlich mehr Totholz einzubringen. Der Umfang der Maßnahme war jedoch finanziell und durch die Anzahl der vor Ort gewinnbaren Stämme limitiert. Außerdem lagen noch keine Erfahrungen mit der verwendeten Abdriftsicherung vor.

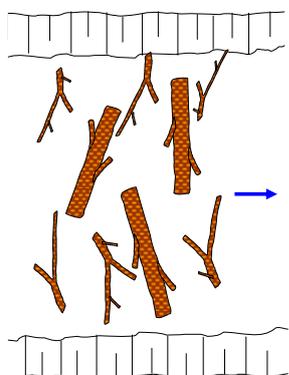


Abb. 5.3.9 Anordnungsprinzip der Baugruppen



Abb. 5.3.10 Einbaubeispiel, grobe Astfraktion im Vordergrund z. T. übersandend (Foto: V. Knuth, 2008)

#### 5.3.8 Maßnahmenbeispiele



Abb. 5.3.11 Gleiches Einbaubeispiel, Äste im Vordergrund ± übersandet (Foto: P. Suhrhoff, 2009)



Abb. 5.3.12 eingebauter Pappelstamm mit zahlreichen Gelegen von Wirbellosen (Foto: P. Suhrhoff, 2009)



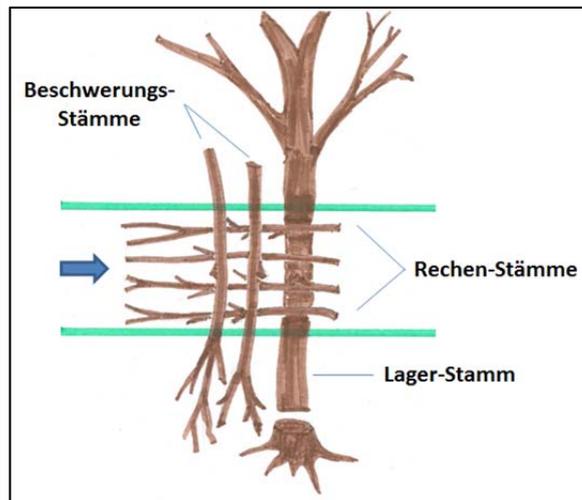
Abb. 5.3.13 Pappelzweig mit zahlreichen Insektengelegen und Köcherfliegen-Larven (Foto: P. Suhrhoff, 2009)

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.3
5.3.9 Literatur	<p>BILBY, R. E., J. T. HEFFNER, B. R. FRANSEN &amp; J. W. WARD (1999): Effects on immersion in water on deterioration of wood from five species of trees used for habitat enhancement projects; in: North American Journal of Fisheries management 19, S. 686–695</p> <p>BOCKWINKEL, G. (2014): Totholz in Bächen und Flüssen – Anteile und Auswirkungen von Totholz im Furlbach; Natur in NRW 1/14, S. 24–27</p> <p>ECKERT, S., J. SCHERLE, F. NESTMANN, M. HUG &amp; V. SPÄTH (1996): Totholzanzahl in Fließgewässern und dessen Auswirkung auf die Gewässerstrukturentwicklung in Abhängigkeit von Baumarten, Waldgesellschaften, Alters- und Waldstruktur auf Ufer und Uferandstreifen, Veröff. PAÖ 16, S. 255, 284</p> <p>GERHARD, M. &amp; M. REICH (2001): Totholz in Fließgewässern – Empfehlungen zur Gewässerentwicklung; Verl. Werum GmbH, Mainz-Hechtsheim, 84 S.</p> <p>HERING, D. &amp; M. REICH (1997): Bedeutung von Totholz für Morphologie, Besiedlung und Renaturierung mitteleuropäischer Fließgewässer; Natur u. Landsch. 72, S. 383–389</p> <p>KNUTH, V. &amp; P. SUHRHOFF (2009): Planung und Umsetzung strukturverbessernder Maßnahmen an Hunte und Huntebach mit begleitendem maßnahmenbezogenem Monitoring; NLWKN im Auftrag d. Hunte-Wasseracht, Abschlussbericht, 106 S.</p> <p>PUSCH, M., C. FELD &amp; A. HOFFMANN (1999): Schwemmgut – kostenträchtiger Müll oder wertvolles Element von Flussökosystemen?; Wasserwirtsch. 89, S. 280–284</p> <p>REICH, M., M. GERHARD &amp; K. TRÄBING (2000): Renaturierung von Fließgewässern mit Totholz; Beil. Korrespondenz Abwasser, S. 77–80</p> <p>SEIDEL, M. &amp; M. BRUNKE (2015): Impulsgebende Maßnahmen in Tieflandbächen in Tieflandbächen Schleswig-Holsteins – Wirkung und mögliche Einbauvarianten für eine naturnähere Gestaltung; Wasserwirtschaft 12, S. 55–60</p> <p>SEIDEL, M. &amp; M. MUTZ (2012): Hydromorphologische Entwicklung von Tieflandbächen durch Holzeinsatz – Vergleich von Einbauvarianten im Ruhlander Schwarzwasser; HW 56, S. 126–134</p> <p>STÄDTLER, E. (2014): Totholz und seine Bedeutung für unsere Fließgewässer; Gew.-Info Nr. 30, S. 237–241</p>

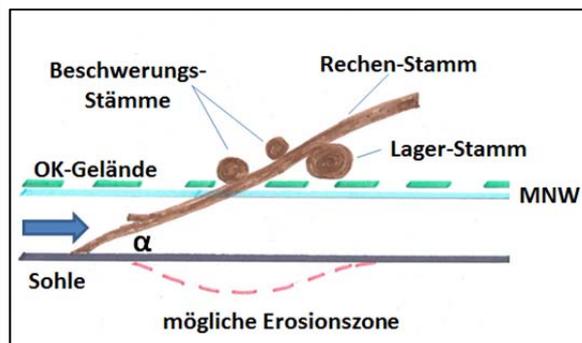
<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.4</b> <b>Restrukturierung organischer Gewässer durch Totholzeinbau</b>
<b>5.4.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Dieser Maßnahmentyp bezieht sich ausschließlich auf organische Gewässer, also auf die Gewässertypen 11 (organisch geprägte Bäche) und 12 (organisch geprägte Flüsse).
<b>5.4.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Der ursprüngliche Charakter des organischen Gewässers wurde durch Ausbauten weitgehend zerstört. Der MW-Spiegel wurde im Regelfall stark abgesenkt, die bordvolle Leistungsfähigkeit stark erhöht (ggf. auf HQ 5 und mehr), das Ausuferungsverhalten entsprechend eingeschränkt. Häufig ist die Sohle bis in den mineralischen Untergrund vertieft, das Gewässer also in ein mineralisches Gewässer umgewandelt worden.
<b>5.4.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	<p>Die besondere hydraulisch-hydrologische Charakteristik organischer Gewässer mit ständig sehr hohen, oft diffus in die Aue übergehenden Wasserspiegellagen erfordert für eine Restauration eine sehr weitgehende Verfügbarkeit der Aue. Eine Nutzung der Aue kann allenfalls noch sehr extensiv erfolgen.</p> <p>Geeignet erscheint diese Maßnahme vor allem für Oberläufe und kleinere Gewässer – insbesondere für Teilstrecken dieser Gewässer in Waldabschnitten, die mit schwerem Gerät nicht erreichbar sind, so dass die M 1.5 mit Neuprofilierung des Verlaufs nicht bzw. nur mit erheblichen Kollateral-Schäden umsetzbar wäre.</p> <p>Es sollten geeignete Wiederbesiedlungspotenziale der Fauna und Flora organischer Gewässer im Nahbereich vorhanden sein (siehe auch 5.4.5.3). Die von RASPER (2001) erwähnten schneller fließenden Varianten größerer Niedermoor-Täler mit größeren Einzugsgebieten erscheinen für diesen Ansatz allenfalls sehr eingeschränkt geeignet (ggf. im Bereich sehr feuchter, nicht mit Baugerät erreichbarer Bruchwälder) und sollten mit MG1 (M 1.5. ggf. auch M 1.1, M 1.2) bearbeitet werden.</p>
<b>5.4.4 Ziele</b>	Ziel ist die naturnahe Restauration von Abschnitten (kleinerer) ursprünglich organischer Gewässer (und ihrer Aue), die für M 1.5 nicht zugänglich sind – z. B. weil die Aue bewaldet und/oder sehr feucht ist und somit für Baugerät kaum zugänglich ist.
<b>5.4.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>5.4.5.1 Maßnahmenbeschreibung</u></b></p> <p>Das Prinzip der Maßnahme besteht darin, die hydraulische Leistungsfähigkeit des vorhandenen Ausbaugerinnes durch Totholzeinbauten soweit wie möglich zu reduzieren bzw. aufzuheben und das Gewässer so dazu zu veranlassen, in möglichst großem Umfang das alte Bett zu verlassen und einen neuen, kaum eingeschnittenen und ggf. verzweigten Verlauf mit organischer Sohle zu entwickeln.</p> <p>Hierfür werden in möglichst kurzen Abständen (z. B. ca. 50 bis max. 100 m) Totholzfangstrukturen hergestellt (s. Abb. 5.4.1). Anschließend wird auf ganzer Länge möglichst viel Totholz standorttypischer Laubhölzer (Stämme, Wurzelteller etc. inkl. Astfraktion und Laub) eingebracht. Es muss mindestens so viel Totholz eingebracht werden, dass die Wasserstände deutlich ansteigen und nach einer gewissen Phase der Selbstdichtung durch Laub und Geschiebe etc. die Wasserspiegel an den Totholz-Rechen etwa auf Geländeneiveau ansteigen, so dass die Rechen beginnen umläufig zu werden und das Gewässer anfängt, sich neue, organische Bettabschnitte in der Aue zu schaffen. Parallel dazu werden allerdings vermutlich über relativ lange Zeiträume relativ große Abschnitte des alten Bettes in den Verlauf integriert bleiben. Damit sich diese Abschnitte nicht durch Sedimentation in mehr oder minder lebensfeindliche, tiefgründige (Faul-) Schlammstrecken verwandeln, sollte das gesamte alte Profil so weit wie möglich mit Totholz aufgefüllt werden. Unerwünschte Totholzexporte nach stromab werden dabei durch die Totholz-Rechen ausgeschlossen. Eine aufwändige, „individuelle“ Fixierung des eingebrachten Holzes ist also nicht erforderlich.</p> <p><b><u>5.4.5.2 Hinweise zur (Bau-) Durchführung</u></b></p> <p>Je nach den örtlichen Randbedingungen und der erforderlichen Wasserspiegel-Anhebung gegenüber dem Ausbauzustand wird in der Regel nach Maßnahmenumsetzung am unteren Ende der Restrukturierungsstrecke ein deutlicher WSP-Sprung entstehen. Bei erosionsanfälligen Untergründen wird es daher in der Regel erforderlich sein, hier eine Sohlgleite anzuordnen, um diesen Höhengsprung dauerhaft ohne Erosionsschäden abzubauen. Der Einbau der Gleite sollte dann die erste Maßnahme der Umsetzung sein. Ist der unterhalb anschließende Gewässerabschnitt weiterhin organisch geprägt, sollte die Gleite mit Querriegeln oder anderen Einengungen aus Totholz konstruiert werden. Häufig wird allerdings nach stromab ein eingetiefter, heute sekundär mineralisch geprägter Abschnitt anschließen. In diesem Fall kann für die Sohlgleite die einfachere Konstruktion aus möglichst regionstypischen, mineralischen Hartsubstraten gewählt werden.</p> <p>Bei sehr erosionsstabilen Untergründen mag es im Einzelfall möglich sein, den Wasserspiegelsprung am Ende der Umgestaltungsstrecke allein über entsprechend massive Totholzeinbauten (Totholzverkläusung) langfristig funktionsfähig zu realisieren – besonders, wenn nur eine relativ geringe WSP-Anhebung nötig ist.</p> <p>Innerhalb der Entwicklungsstrecke soll die rückstauende Wirkung des eingebrachten Totholzes möglichst diffus bzw. kontinuierlich erfolgen. Konzentrierte, lokale WSP-Sprünge, die zu Erosionsproblemen führen könnten, sind zu vermeiden. Hierzu ist es nötig, nicht nur das Totholz möglichst flächendeckend und gleichmäßig verteilt einzubringen, sondern auch die Abdriftsicherungen für hohe Abflüsse (Totholzrechen) dezentral in nicht zu großen Abständen anzuordnen (z. B. alle ca. 50 bis max. 100 m).</p> <p>Die <b>Konstruktion dieser Abdriftsicherungen</b> muss so erfolgen, dass sie nicht bereits selbst so starke Profileinengungen darstellen, dass sich hier schon im unbelegten Zustand lokale WSP-Sprünge und damit ggf. Erosionsprobleme entwickeln. Würde man z. B. versuchen, in eine sandige Sohle Pfähle in engem Abstand als Totholzfang zu rammen, würde die Konstruktion ggf. schon während der Baumaßnahme durch Erosionserscheinungen in sich zusammenbrechen, da die Sandsohle bedingt durch die bei starker Profileinengung erhöhten Fließgeschwindigkeiten schnell wegerodieren würde (siehe auch SEIDEL et al., 2014). Bezogen auf das bordvolle Profil sollte die Querschnittsverbauung durch die erforderlichen Rechenstrukturen möglichst nur etwa 20 % betragen – was z. B. bei Verwendung von Stämmen mit 10 cm Durchmesser Einbaubstände von ca.</p>

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.4**

50 cm (bezogen auf Stammmitten) bedeuten würde. Es erscheint auch nicht sinnvoll, die Rechen aus Ramm-Pfählen zu konstruieren, da es jedenfalls ohne schweres Baugerät (Bagger) kaum möglich ist, ausreichend lange Holzpfähle tief genug in die Sohle zu treiben. Eine sehr sinnvolle, bei vorhandenem Uferwald ohne schweres Gerät stabil ausführbare und relativ naturnah aussehende Methode besteht dagegen darin, einen ausreichend großen (und damit später lagestabilen) Stamm quer über das Gewässer zu fällen (Lagerstamm), an diesen Stamm Richtung stromauf und in einem flachen diagonalen Winkel  $\alpha$  zur Sohle in etwa 50 cm Abständen einige schwächere Rechenstämme anzulehnen und diese dann noch einmal über ein oder zwei oberhalb des Wasserspiegels als Beschwerung quer darüber gelegte Stämme zu fixieren (vgl. Abb. 5.4.1 u. 5.4.2). Je kleiner der Winkel  $\alpha$ , desto geringer die Erosionsanfälligkeit für Sohlerosion, da bei kleinem  $\alpha$  der Erosionsangriff auf die Sohle bei sich entwickelndem WSP-Sprung am Rechen stromab vom Auflagepunkt der Rechenstämme auf der Sohle erfolgt. Falls ein WSP-Sprung entstehen sollte, bildet sich die Erosionszone dann etwa unter dem Lagerstamm.



**Abb. 5.4.1:** Prinzip-Skizze Totholz-Rechen in Aufsicht: auf einen quer zum Gewässer gefällten Lagerstamm werden in ca. 50 cm Abständen in möglichst spitzem Winkel zur Sohle Rechenstämme aufgelegt, die dann noch durch ein bis zwei Beschwerungsstämme gesichert werden.



**Abb. 5.4.2:** Prinzip-Skizze Totholz-Rechen, Längsschnitt: Rechenstämme in möglichst kleinem Winkel  $\alpha$  zur Sohle einbauen, dann liegt die mögliche Erosionszone an der Sohle stromab vom Auflagebereich der Rechenstämme (rot gestrichelter Bereich oder noch weiter stromab)

#### **5.4.5.3 Ergänzende planungsrelevante Hinweise**

Vor entsprechenden Maßnahmen ist generell sorgfältig abzuwägen, ob eine Restrukturierung als organischer Gewässerabschnitt unter heutigen Randbedingungen noch sinnvoll ist. Wenn entsprechende Abschnitte im Umsetzungsbereich großräumig nicht mehr vorhanden sein sollten, stehen die Chancen für eine typspezifische biologische Neu- bzw. Wiederbesiedlung zunächst einmal sehr schlecht. Wenn dann nicht ein realistisch leistbares Ziel ist, die Restaurierung ehemaliger organischer Gewässer der Region zukünftig in relevantem Umfang weiter zu führen, wird es häufig sinnvoller sein, den Abschnitt entsprechend seinem neuen – anthropogen veränderten Typus als mineralisches Gewässer „naturnah“ zu entwickeln.

Einen aussichtsreichen und kostengünstigen Ansatz stellt M. 5.4 vor allem dann dar, wenn der zu bearbeitende Abschnitt durch einen möglichst feuchten Laubwald (Bruchwald) verläuft und das mit Totholz aufzufüllende Profil nicht zu groß ist, so dass die nötigen Totholz mengen vor Ort ohne zu große Verluste an Waldbäumen gewonnen werden können und die Arbeiten realistisch ohne schweres Gerät leistbar sind. Um die Beschattung und die zukünftige Totholzspende nicht unnötig zu reduzieren, sollten dabei natürlich möglichst die Bäume aus der „ersten Reihe“ geschont werden. Um schon einmal eine „Grobstruktur“ zu schaffen, die dazu führt, dass anschließend eingebrachte kleinere Strukturen (wie Äst und Stammstücke) sich nur noch bedingt umlagern können, wird es allerdings auch erforderlich sein, zu Beginn der Maßnahme einige Bäume der ersten (oder ggf. zweiten) Reihe so zu fällen, dass sie längs in das Profil fallen (am besten stromauf).

Ein vorhandener Nadelwald am Gewässer stellt keine geeignete Randbedingung dar. In diesem Fall wäre nicht damit zu rechnen, dass sich die gewünschten Bedingungen für die Biozönose einstellen (z. B. abweichende chemisch-physikalische Bedingungen und Nahrungsbasis). Außerdem dürfte dann die Aue eher trocken sein, so dass eher eine Rodung des Nadelwaldes und eine Entwicklung über eine Neuprofilierung durch Baumaßnahmen nach M1.5 zu empfehlen wäre.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.4
<b>5.4.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b>	<p>Mit der Maßnahme können bei geeigneten Randbedingungen (s. o.) ohne Einsatz schweren Geräts der Wasserstand in der Aue und die Überflutungshäufigkeit stark angehoben werden. Außerdem können die Voraussetzungen für die langfristige Entwicklung eines naturnahen organischen Gewässers geschaffen werden (allerdings wird gegenüber M. 1.5 eine deutlich längere Entwicklungszeit benötigt und die Sicherheit der Zielerreichung ist reduziert (ggf. streckenweise Verschlammungsprobleme, falls das Ausgangsprofil nicht in ausreichendem Umfang mit Totholz aufgefüllt werden kann).</p> <p>Die Optionen für die Ansiedlung einer gewässertypischen Biozönose hängen auch vom vorhandenen Besiedlungspotenzial im Umfeld ab. Sollte ein geeignetes Besiedlungspotenzial fehlen, ist der biologische Sinn der Maßnahme ggf. fraglich.</p> <p>Mit der Maßnahme können Abflussspitzen gedämpft und somit Hochwassergefahren für stromab liegende Gebiete reduziert werden.</p>
<b>5.4.7 Hinweise zur Unterhaltung</b>	<p>Eine Unterhaltung im eigentlichen Sinne ist nicht erforderlich. Die Maßnahme muss allerdings über einige Jahre beobachtet werden und vermutlich wird es ein- oder auch mehrmalig erforderlich, Totholz zu ergänzen (insbesondere die Astraktion). Diese Frage ist allerdings abhängig von der natürlichen Totholzspende im Maßnahmenbereich.</p> <p>Bei sehr starkem Totholzimport von oberhalb können die oberen Rechen ggf. sukzessiv aufgehoben werden (Rechen- und Beschwerungsstämme ins Profil einbringen), so dass diese Importe schließlich größeren Teilen des Restaurierungsabschnittes zu Gute kommen können.</p>
<b>5.4.8 Maßnahmenbeispiele</b>	<p><b>Maßnahmenbeispiele aus Niedersachsen liegen bislang nicht vor.</b></p> <p>SEIDEL et. al. (2014) beschreiben die Initialphase der Umsetzung einer ähnlichen Maßnahme im nördlichen Brandenburg. Die Autoren berichten von einigen anfänglichen Schwierigkeiten – insbesondere beim Einsatz von Rechen aus eingeschlagenen Holzpfählen, mit denen deutliche Wasserspiegelanhebungen erzeugt werden sollten – halten den Ansatz – insbesondere über das umfangreiche Einbringen von Totholz - jedoch im Ergebnis für geeignet und zielführend.</p>
<b>5.4.9 Literatur</b>	<p>RASPER, M. (2001): Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen – Leitbilder und Referenzstrecken. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ, Hrsg.), 1–98</p> <p>SEIDEL, M., T. BERGER, J. THORMANN, O. EDELBERG &amp; H. LETTOW (2014): Förderung der Sohl-anhebung in einem organischen Tieflandbach – Erfahrungsbericht zum Einsatz von Rechen und Totholz. Korrespondenz Wasserwirtschaft 7 Nr.12, S. 723–728</p>

<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.5</b></p> <p><b>Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus mineralischem Hartsubstrat – Variante diagonale Grundswellen</b></p>
<p><b>5.5.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp bezieht sich insbesondere auf mineralisch geprägte Gewässer der Geest und ggf. der Börden (Gewässertypen 14, 15, 16, 17, 18, POTTGIESSER &amp; SOMMERHÄUSER, 2008).</p> <p>Für schnellere Mittelgebirgsgewässer erscheint der Ansatz kaum geeignet, da die Schwellen hier aus extrem grobem Material aufgebaut werden müssten, um den hydraulischen Belastungen bei höheren Abflüssen Stand zu halten. Außerdem sind laterale Entwicklungen hier aufgrund erosionsstabiler Ufermaterialien sowie enger Talbildungen häufig nur sehr eingeschränkt möglich.</p>
<p><b>5.5.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Der Verlauf ist meistens überwiegend gerade bis gestreckt, so dass die Strukturvarianz deutlich zu gering ist, insbesondere in Bezug auf verlaufinduzierte Tiefen-, Strömungs- und Substratvarianzen und. spiralförmige Sekundärströmungen weitgehend fehlen.</p> <p>Ggf. liegt eine Tiefenerosion oder auch eine laterale Überdimensionierung vor (Sonderfälle).</p>
<p><b>5.5.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Es muss geeignetes regionaltypisches, mineralisches Grobsubstrat verfügbar sein.</p> <p>Da laterale Entwicklungen induziert werden sollen, ist eine gewisse laterale Flächenverfügbarkeit bzw. die Zustimmung der Flächeneigentümer Voraussetzung. Ideal wären Entwicklungskorridore von beidseitig mindestens etwa dreifacher Sohlbreite. Häufig können jedoch auch erhebliche Verbesserungen mit deutlich geringerer Flächenverfügbarkeit erreicht werden.</p> <p>Sollten künstliche Ufersicherungen vorhanden sein, müssten diese mindestens im Bereich projektierte Prallhang-Zonen entfernt werden.</p> <p>Eine günstige Voraussetzung sind eher hohe Fließgeschwindigkeiten im Ausgangszustand bzw. vorhandene Gefällereserven (Sohlabstürze, Sohlgleiten etc.) da es dann einfacher ist, erosive laterale Entwicklungen zu induzieren. Die im Einzelfall erreichbare morphologische Wirkung hängt stark ab von der Erosionsstabilität der anstehenden Böschungsmaterialien und dem Vorhandensein von Ufergehölzen. Stabile Löss-/Lehmufer oder vorhandene (Alt-) Ufergehölze mit ausgeprägter Durchwurzelung der Ufer schränken die erreichbaren Wirkungen in Bezug auf laterale Entwicklungen entsprechend ein. Zumindest deutliche Verbesserungen von Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianz sollten jedoch bei strukturarmen Ausgangszuständen auch bei stabilen Ufern in nahezu allen Fällen möglich sein.</p> <p>Definitiv ungeeignet sind ausgeprägte, tiefe Staustrecken.</p> <p>Für lateral überdimensionierte Gewässer (hier zur Entwicklung eines verkleinerten, gewundenen Verlaufes innerhalb des vorhandenen Überprofils) sowie bei starkem Sandtrieb kann allenfalls von einer eingeschränkten Eignung ausgegangen werden (Erprobungsbedarf, Versandungsrisiko!). Besser geeignet für diese Anwendungsfälle ist M 5.6 bzw. für gelenkte eigendynamische Entwicklungen bei lateraler Überdimensionierung auch M 5.10. Diese Strömungslenker reduzieren bei richtiger Dimensionierung kaum den Geschiebetransport und bewirken daher kaum Risiken für unerwünschte Sohlauflandungen, die zu einem weitgehenden Versagen der Strömungslenker führen könnten.</p> <p>Eine sehr gute Eignung besteht bei Tiefenerosion (Begrenzung weiterer Erosion, Strukturverbesserung, falls gewünscht: Sohl- und Wasserspiegelanhebung).</p> <p>Die Maßnahmen zielen auf eine erhebliche Veränderung des Gewässers ab und bedürfen daher einer wasserrechtlichen Genehmigung. Die Maßnahmen können im Regelfall so umgesetzt werden, dass nachteilige Veränderungen von Wasserspiegellagen für anliegende Nutzungen vermieden werden können. Einer Genehmigungsfähigkeit sollten daher keine grundsätzlichen Hindernisse entgegenstehen.</p>
<p><b>5.5.4 Ziele</b></p>	<p><b>Primärziel</b> ist, über möglichst naturnahe, einfache, kostengünstige und leicht korrigierbare Einbauten, eine möglichst effektive Ablenkung der Strömung in die Böschung zu erzeugen, um damit die eigendynamische Entstehung von Prallhang/Gleithangstrukturen und die damit verbundenen Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianzen zu induzieren.</p> <p><b>Über die geeignete Kombination zahlreicher Lenker im Rahmen von Maßnahmen der Gruppe 2 sind Ziele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ die Entwicklung eines gewundenen Verlaufes (bzw. mindestens einer deutlich pendelnden Hauptströmung),</li> <li>➤ einer hohen Varianz von Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Sohlsubstraten mit ausgeprägten Kolk-Rausche-Sequenzen, Krümmungskolken mit unterspülten Prallhängen sowie Gleithangstrukturen,</li> <li>➤ eine gut ausgeprägte, spiralförmige Sekundärströmung als Folge eines gewundenen Fließverhaltens. Diese ist oberflächennah immer gegen den Prallhang und sohnlnah immer zum Gleithang gerichtet und bewirkt, dass Geschiebe bevorzugt am/zum Gleithang transportiert wird. Dies unterstützt die erwünschte Sedimentation am Gleithang und die Erosion in Prallhangzonen und Krümmungskolken.</li> </ul> <p>Eine gute Eignung besteht auch für das <b>Sonderziel der Bearbeitung von Tiefenerosionen</b> (z. B.: Begrenzung weiterer Tiefenerosionen durch lokale Sohlfixierungen, Option zur Anhebung von Wasserspiegellagen, effektive Erschließung lateraler Geschiebequellen zwecks Reduktion des Erosionsangriffs auf die Sohle).</p>

## Maßnahmengruppe 5

## Maßnahme 5.5

### 5.5.5.1 Materialauswahl

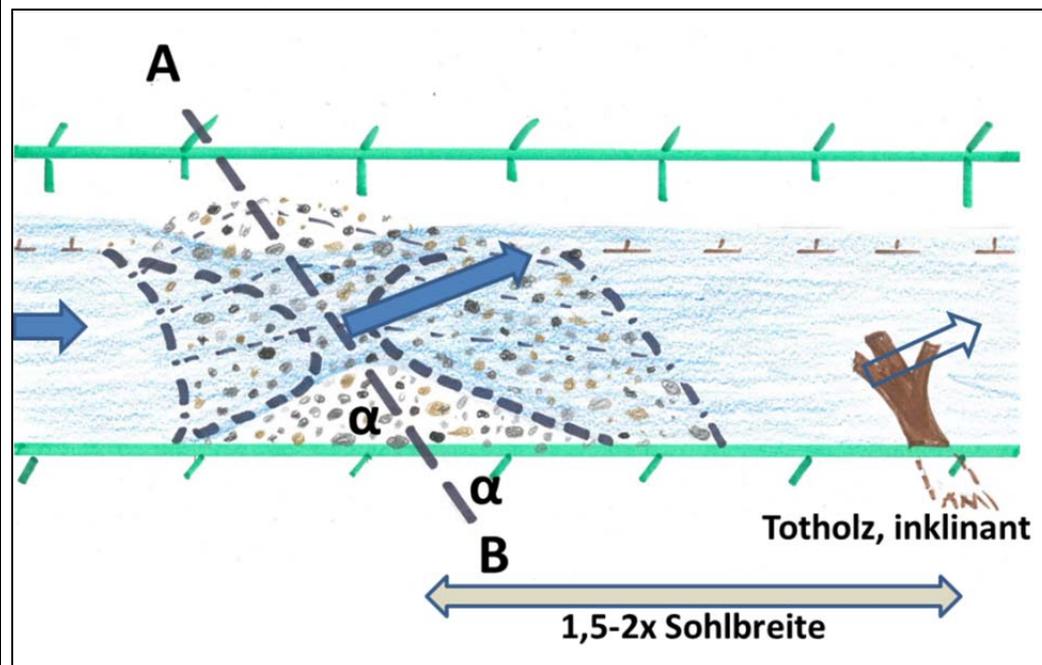
Als Baumaterial sollte lokaltypisches Material verwendet werden – in glazial geprägten Gewässern also entsprechend glaziales Material (s. Erläuterungen zu MG 5). Die richtige Korngrößenverteilung hängt letztlich von den örtlichen hydraulischen Bedingungen ab. Wichtig ist, dass die Lenker weder von der Strömung noch von laichenden Fischen wesentlich verformt werden können, denn sie sollen ja mindestens einige Jahre und möglichst ohne Nacharbeiten ihre Lenkwirkung behalten. Laichkies wäre definitiv ungeeignet, da insbesondere Großsalmoniden beim Laichen mitunter erhebliche Umbauleistungen erbringen können. Damit die Lenker möglichst naturnahe Strukturen darstellen, entsprechend besiedelt werden können und der Abflussanteil durch das Interstitial nicht zu hoch wird, sollten sie auch einen ausreichenden Anteil feinerer Korngrößen der Fraktion 2–32 mm und insgesamt einen gut abgestuften Kornaufbau aufweisen. Es gilt also vereinfacht gesagt das Motto: so grob, wie nötig aber so fein wie möglich bei insgesamt breitem, gut abgestuften Korngrößenspektrum. In Geestgewässer wird es sich häufig anbieten, die Lenker aus etwa 50–70 % Feldlesesteinen und entsprechenden, ergänzenden Kieszugaben aufzubauen – darunter ein Anteil der 2–32 mm Fraktion von etwa 15–30 %.

**Hinweis:** bei den o. g. Angaben zu Korngrößenverteilungen handelt es sich um erste Vorschläge. Ergebnisse langjähriger Praxiserfahrungen liegen noch nicht vor.

### 5.5.5.2 Konstruktive Empfehlungen

Das **Einbauprinzip** verdeutlichen die Abb. 5.5.1 bis 5.5.3.

Um eine starke Ablenkung der Strömung ins Ufer zu erreichen, wird ein **Einbauwinkel ( $\alpha$ )** der Schwellen von etwa 50–60° vorgeschlagen (vgl. Abb. 5.5.1). Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass bislang offen ist, ob eine möglichst starke Ablenkung der Strömung auch die effektivste morphologische Wirkung hervorruft. Ggf. behindert eine zu starke Ablenkung über die Förderung rückdrehender Strömungswirbel das stabile Anwachsen des Gleithanges, wodurch eine effektive Verlaufsentwicklung eingeschränkt würde. Hier besteht noch weiterer Erprobungsbedarf. Empfehlenswert ist die Kombination mit einem inklinanten Totholzeinbau zur Unterstützung der Gleithangbildung (s. u.).



**Abb. 5.5.1:** Diagonale Grundschwelle bei MNW in Aufsicht (angedeutet perspektivisch dargestellt) mit ergänzendem, inklinantem Totholz zur Förderung der Gleithangbildung durch Unterdrückung rückdrehender Strömungswirbel.

Die Schwellen werden im **Querschnitt muldenartig** angelegt und seitlich zum Ufer hin deutlich höher ausgebildet (vgl. Abb. 5.5.2). Die Seiten werden dabei deutlich über den MW-Stand angehoben. Die tiefste Stelle der Mulde sollte etwas außermittig zur Seite des unterhalb projektierten Prallhang hin versetzt sein (A in Abb. 5.5.1 und 5.5.2). Sie sollte im Normalfall die Höhe der Ausgangssohle vor dem Einbau nicht unnötig überragen, um den Durchtransport von Geschiebe möglichst nicht zu beeinträchtigen. Das Gegenteil würde bei der Bearbeitung von Tiefenerosionen gelten. Bei lateraler Überdimensionierung sollte der tiefste Bereich der Mulde sogar möglichst sohlgleich zur Ausgangssohle sein (vgl. Abb. 5.5.3), bzw. besser die Lenker nach M 5.6 bzw. 5.10 verwendet werden – andernfalls wäre mit unerwünschten Sohlaufsandungen zu rechnen, die die Fließwasserstrukturen und die Wirksamkeit der Strömunglenker beeinträchtigen würden.

Die seitliche Überhöhung auf der stromab projektierten Gleithangseite (B) sollte deutlich höher und breiter ausgeprägt sein, als die auf der Prallhangseite (A).

Die beschriebene Profilierung verfolgt folgende Ziele:

- Erzeugung einer ausreichenden Einengung für eine entsprechende Strömungsbeschleunigung
- Verlagerung der beschleunigten Hauptströmung zur stromab projektierten Prallhang-Seite
- effiziente Ablenkung der Strömung in den projektierten Prallhang
- Verhinderung einer Umläufigkeit der Einbaues
- den Geschiebetransport möglichst nicht relevant zu behindern

5.5.5  
Maßnahmenbeschreibung,  
Materialien,  
Hinweise zur Durchführung,  
begleitende Maßnahmen usw.

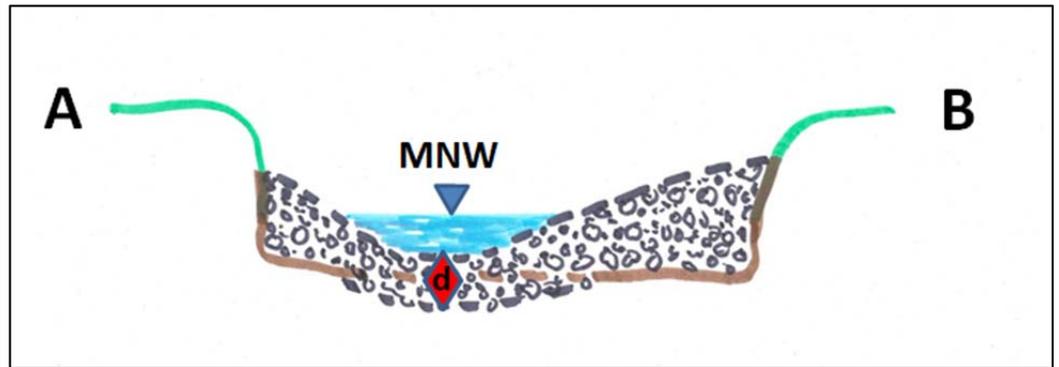


Abb. 5.5.2: Diagonale Grundschwelle, Querschnitt A-B. Mindestschichtdicke  $d = 0,5\text{ m}$

Die **Schichtdicke der Schwelle ( $d$ )** sollte wenigstens im Kronenbereich mindestens ca.  $0,5\text{ m}$  betragen (auch im tiefsten Bereich der Mulde) – sonst könnten z. B. sandige Sohlsubstrate unter der Schwelle wegen ungenügendem Filteraufbau erodiert werden und die Schwelle würde langsam in den Untergrund einsinken. Um diese Bedingung einhalten zu können, muss also vor Einbau in der Regel etwas Sohlmaterial entnommen bzw. umgelagert werden – z. B. an den projektierten Gleithang.

Das **Maß der erforderlichen Einengung des Querprofils** ist abhängig von den örtlichen Randbedingungen (u. a. Tendenzen zu Tiefenerosion oder lateraler Überdimensionierung). Grundsätzlich sollte die Einengung und damit die Strömungsbeschleunigung so stark sein, wie dies unter den örtlichen Gegebenheiten möglich ist, ohne oberhalb des Einbaues einen relevanten Rückstau zu erzeugen, wodurch es oberhalb zur Schädigung von Fließwasserstrukturen kommen würde.

Damit eine möglichst starke Einengung und Geschwindigkeitsbeschleunigung ohne relevante Rückstauereffekte möglich wird, muss auch das **Längsprofil der Schwellen** im Interesse der hydromorphologischen Ziele optimiert werden. Grundsätzlich sollten die Schwellen in Fließrichtung möglichst kurz sein, da unnötig lange Schwellen durch stärkeren Aufstau und Gefälleabbau auf der Schwelle zwangsläufig unnötig Gefälle verbrauchen und damit verschenken würden, welches nicht oder nur sehr eingeschränkt für die morphologische Entwicklung genutzt werden könnte. Hierfür sollte die Krone der Schwellen in Fließrichtung im tieferen Bereich der Mulde (schmalster Teil) nur so stark bemessen werden, wie dies für eine ausreichende Lagestabilität nötig ist. Im Regelfall sollte eine Kronenbreite von etwa  $0,2\text{-}0,4$ facher Sohlbreite ( $b$ ) an der schmalsten Stelle (tiefster Bereich der Mulde) ausreichend sein. Der angeströmte, ansteigende Teil der Schwellen sollte eher steil ausgebildet werden (ca.  $1:2$  bis  $1:3$ ). Richtung stromab sollten die Schwellen etwas flacher abfallen (Gefälle von ca.  $1:5$  oder flacher), damit die abgelenkte und beschleunigte Strömung möglichst weit und effektiv in den projektierten Prallhang trägt. Diese Zusammenhänge verdeutlicht die Prinzipskizze Abb. 5.5.3.

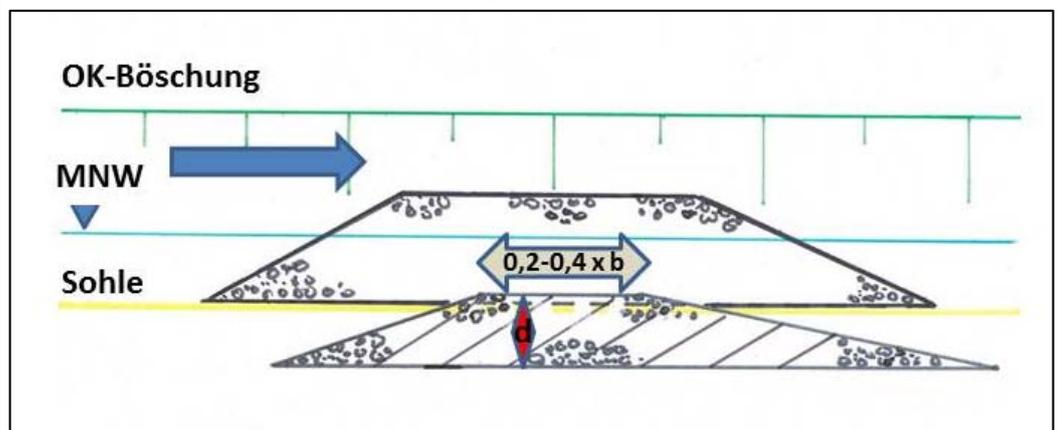
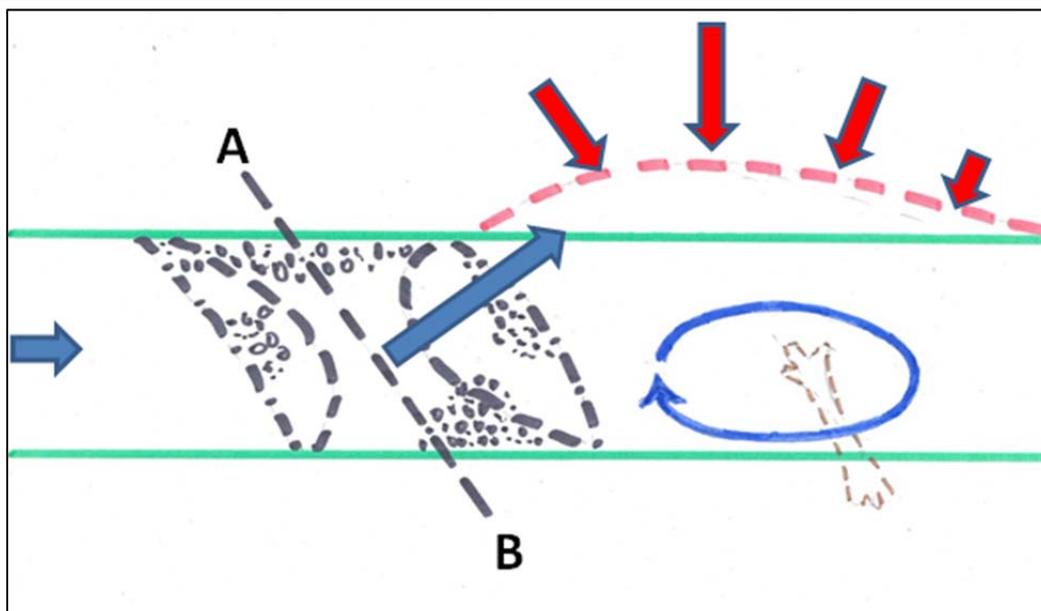


Abb. 5.5.3: Schema diagonale Grundschwelle: Längsschnitte durch tiefsten Teil der Krone (schraffiert) und durch Seitenbereich. Mindestschichtdicke  $d$  auch im tiefsten Teil der Mulde der Schwellenkrone ca.  $0,5\text{ m}$ . Breite der Krone im tiefsten und schmalsten Teil ca.  $0,2\text{-}0,4 \times$  Sohlbreite ( $b$ )

Als **sinnvolle morphodynamisch wirksame Ergänzung** der Schwelle ist der **Einbau eines inklinanten Totholzes auf der projektierten Gleithangseite** zu empfehlen (Abb. 5.5.1), um das stabile Anwachsen eines Gleithanges zu fördern. Sinn dieser Einbauten ist vor allem, die Ausbildung eines rückdrehenden Strömungswirbels zu verhindern, der die stabile Ausbildung eines Gleithanges stark behindern bis verhindern kann (vgl. Abb. 5.5.4). Die parallel zur Querschnittsachse der Schwellen verlaufende, inklinante Ausrichtung des Totholzes bewirkt, dass diese Einbauten bei Überströmung während höherer Abflüsse die Strömung in den projektierten Prallhang lenken und nicht in den Gleithang (Abb. 5.5.1). Der Einbau sollten etwa bis zur Sohlmitte vorgezogen werden und erst bei etwas erhöhten Abflüssen überströmt werden (angedeutet durch den ungefüllten Strömungspfeil) und zwar in Sohlmitte etwas über MNQ, im Uferbereich etwa ab MQ. Als Abstand der Einbauten zur Schwellenkrone wird etwa die  $1,5\text{-}2$ fache Sohlbreite vorgeschlagen. Noch besser sind ggf. zwei Einbauten (z. B. in Abständen zur Schwelle von  $1\text{-}2$ facher Sohlbreite). Beim alternativ möglichen Einsatz von Pfahlreihen dürften in der Regel auf Lücke gesetzte Pfähle ausreichen, da sich die Lücken vermutlich mit Treibgut abdichten werden. Hinsichtlich der optimalen Dimensionierung, Positionierung und Konstruktion der ergänzenden Totholzstrukturen zur Förderung der Gleithangentwicklung besteht noch weiterer Erprobungs- und Untersuchungsbedarf.



**Abb. 5.5.4:** Diagonale Grundschwelle in Aufsicht ohne Einbau einer ergänzenden inklinanten Tothholzstruktur (braun gestrichelt): zu erwartender rückdrehender Strömungswirbel auf der projektierten Gleithangseite (blau). Rot: Prallhangseitige erosive Veränderungen

#### 5.5.5.3 Hinweise zur Baudurchführung

Um das Ziel einer möglichst starken, aber noch nicht relevant rückstauenden hydraulischen Einengung einfach und sicher zu erreichen, sowie die übrigen konstruktiven Anforderungen möglichst einfach realisieren zu können, wird vorgeschlagen, die Einbauten bei geringen Abflüssen (ca. geringer bis mittlerer Sommerabfluss) vorzunehmen und die Einengung dann jeweils so weit zu steigern, bis der OW-WSP gerade zu steigen beginnt (Anstieg  $\leq 5$  cm, Überprüfung durch zuvor installierte Behelfspegel wie Fluchtstangen etc.). In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass das MNW-Profil für eine ausreichende Einengung zu mindestens etwa 2/3 durch die Einbauten verbaut werden muss, also eine Einengung auf 1/3 des Ausgangs-Profils nötig ist.

#### 5.5.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise

Zwecks **Erkennung ggf. entstehenden Nachbesserungsbedarfs und seiner Ursachen** bietet es sich an, zumindest bei einem Teil der Einbauten die Höhenlage der „alten“ Sohle oberhalb vor Einbau sowie die Höhenlage der Mulde der Schwellenkronen und die Maximalhöhen im Seitenbereich durch bündig eingeschlagene Holzpfähle zu markieren. Alternativ sollten entsprechende Profilaufnahmen durchgeführt werden. Dann ist später leicht zu erkennen, ob und was ggf. in welchem Umfang nachprofilieren muss.

Um die Entwicklung belastbar einschätzen und nötigenfalls rechtzeitig reagieren zu können, sollten Überprüfungen nach etwa einem, drei und fünf Jahren erfolgen – jeweils etwa zur gleichen Jahreszeit (am besten April/Mai bei nicht zu hohen Abflüssen).

Der Einbautyp ist von seinem Wirkprinzip her eigentlich nicht nachbesserungsbedürftig, da die Einbauten als Fixpunkte der Verlaufsentwicklung hydromorphologische Wirkungen unterhalb der Einbauten induzieren, ohne dass hierdurch die Wirksamkeit der Strömunglenker selber reduziert würde („Katalysator“-Prinzip). Dies ist ein Vorteil gegenüber Lenkerformen über Teilquerschnitte wie z. B. Dreiecksbuhnen, die bei einer erfolgreichen Verlaufsentwicklung (die mit diesen Einbauten allerdings meistens nicht erreichbar ist) schnell an Wirkung verlieren, sobald es vor dem Buhnenkopf zu ersten Erosionen gekommen ist. Dennoch kann sich auch die Wirksamkeit diagonalen Grundschwellen mit der Zeit reduzieren. Ursache kann letztlich nur sein, dass die Einbauten ihre einengende Wirkung auf die Fließvorgänge und damit auf die Beschleunigung der Fließgeschwindigkeiten (teilweise) verlieren. Mögliche Ursachen sind:

- Sackungen (z. B. weil der Untergrund nachgibt oder der Filteraufbau nicht ausreichend wirksam war)
- Abtrag im Kronenbereich über Strömung, mögliche Beschädigung bei der Unterhaltung, laichende Fische oder besonders bei kleinen Gewässern ggf. durch Begehung der Schwellen bei Unterhaltung, Fischerei oder Probenahmen etc. (z. B. bei nicht ausreichend abgestuftem Korn und zu geringem Grobkornanteil)
- Aufsandung der Sohle wegen Unterbrechung des Geschiebetransports durch zu starke Überhöhung der Mulde der Schwellenkronen gegenüber der Durchschnittssohle.

Für ggf. erforderliche und sinnvolle Nacharbeiten ist es wichtig, das Problem und seine primäre Ursache zu erkennen. Hat sich die Kronenhöhe der Schwellen durch Sackungen oder Abtrag reduziert, sind entsprechende Nachprofilierungen unter Materialzugabe mit ausreichendem Grobkornanteil erforderlich. Liegt das Problem an Sohlaufsandungen oberhalb der Einbauten, muss die Geschiebedurchgängigkeit verbessert werden, indem die Überhöhung der Mulde der Schwellenkronen gegenüber der Sollsohle reduziert wird. Hierfür sollte vorzugsweise Material aus der Mulde auf die erhöhten Seitenbereiche gezogen werden, damit zwar die Höhe der Schwellenmulde abgesenkt wird, die für ausreichende Fließgeschwindigkeiten nötige Querschnittseinengung jedoch möglichst erhalten bleibt.

Was **mögliche unerwünschte Sandmobilisierungen und -exporte** durch entsprechende Einbauten betrifft, dürfte im Regelfall davon auszugehen sein, dass die im Zuge der beabsichtigten Gewässerentwicklungen durch Ufererosion an Prallhängen mobilisierten Feststoffe erstens zu einem erheblichen Teil wieder im Bereich sich entwickelnder Gleithänge innerhalb der Entwicklungsstrecke festgelegt werden und zweitens angesichts

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.5
	<p>der häufig sehr stark überhöhten Feststofftransporte stärker ausgebauter und/oder aktuell intensiv unterhaltenen Gewässer in Relation zu den ohnehin vorhandenen Transportmengen eher zu vernachlässigen sein werden. <b>Es wird daher unter ökologischen und monetären Kosten-Nutzen-Aspekten im Regelfall nicht für sinnvoll gehalten, unterhalb entsprechender Entwicklungsstrecken (temporäre) Sandfänge anzulegen.</b> Ausnahmen sind allerdings dann möglich, wenn innerhalb kurzer Zeiträume sehr große Streckenlängen bearbeitet werden sollen (z. B. zusammenhängende Strecken von mehreren km Länge), und/oder sich direkt unterhalb einer Entwicklungsstrecke besonders wertvolle, versandungsempfindliche Gewässerstrukturen anschließen. Weist die unterhalb anschließende Strecke Tiefenerosion auf, ist vom Einbau eines Sandfangs grundsätzlich abzuraten.</p> <p>Wenn es lokal <b>vorhandene, etwas größere Wasserspiegelsprünge</b> gibt, die in etwa erhalten bleiben sollen oder müssen, können diese natürlich grundsätzlich für besonders effektive Lenker genutzt werden. Derartige Schwellen würden dann je nach verfügbarer Höhe zu diagonal eingebauten, kleinen Sohlgleiten überleiten. Das höhere Wasserspiegelgefälle erzeugt erheblich höhere Fließgeschwindigkeiten, also auch entsprechend stärkere bettbildende Energien. Es sind also deutlich überdurchschnittliche hydromorphologische Wirkungen zu erwarten, insbesondere die Bildung sehr ausgeprägter Krümmungskolke. Dennoch ist davon abzuraten, in „frei fließenden Strecken“ ohne vorhandene Höhensprünge solche Sprünge durch Einbauten mit deutlich überproportionalem lokalem Gefälleverbrauch zu erzeugen. Auch diese Einbauten hätten natürlich punktuell eine besonders starke Wirkung. Oberhalb würde es jedoch zwangsläufig zu Rückstauwirkungen und entsprechenden „morphologischen Kosten“ kommen, wenn dort die bettbildenden Kräfte durch zu geringe Fließgeschwindigkeiten beschädigt würden. Außerdem würden durch überdurchschnittliche lokale Gefällefreisetzung entstandene Strukturen weitgehend wieder versanden, wenn sich das Gefälle später einmal normalisieren sollte.</p> <p><b>Die Möglichkeiten des Einsatz und der Kombination mehrerer Lenker zur naturnahen Entwicklung von Gewässerstrecken unter verschiedenen Randbedingungen werden im Detail unter MG 2 beschrieben.</b></p>
<p><b>5.5.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Diagonale Grundswellen ermöglichen eine sehr effektive, kostengünstige und einfach zu realisierende Strömunglenkung. Sie sind deutlich wirksamere Strömunglenker als z. B. Dreiecksbuhnen oder andere Lenker über Teilquerschnitte und haben gegenüber diesen Lenkeroptionen auch den wesentlichen Vorteil, dass sie wirksame formgebende Fixpunkte der Bettentwicklung bleiben, die nicht schnell wieder unwirksam werden und nachprofiliert bzw. sogar aufwändig weitgehend neu gebaut werden müssen, sobald sich erste Erosionen an projektierten Prallhängen entwickeln (Katalysator-Prinzip, s. 5.5.5.4). Außerdem können sie sehr naturnah gestaltet werden und stellen dann eine artenreich besiedelbare Lebensraumstruktur und eine Bereicherung statt einer Störung des Landschaftsbildes dar.</p> <p>Der Maßnahmentyp lässt insgesamt eine sehr hohe Wirksamkeit und ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis erwarten. Bei Tiefenerosion gibt es keinen sinnvolleren Strömunglenker für Strukturverbesserungen und die Eindämmung bzw. ggf. Umkehr der Tiefenerosion. Bei starkem Sandtrieb oder lateraler Überdimensionierung kann die Eignung mehr oder minder eingeschränkt sein (Gefahr der Sohl-Aufsandung). Falls die Wirksamkeit der Einbauten sich vor dem Erreichen der morphologischen Ziele reduzieren sollte, werden ggf. Nacharbeiten erforderlich (s. o.), die bei geeignet geringen Abflüssen jederzeit einfach und kostengünstig möglich sind.</p>
<p><b>5.5.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Die Gewässerunterhaltung ist auf die Veränderungen abzustimmen. Eine Beschädigung oder gar Entnahme der Schwellen und sich bildender Varianzen der Sohlstrukturen ist strikt zu vermeiden. Eine Mähkorbunterhaltung der Sohle sollte daher zukünftig verzichtbar sein. Wichtig für eine erfolgreiche Entwicklung ist insbesondere auch das sukzessive Anwachsen stabiler Gleithänge. Dort abgelagertes Material sowie auch sich schließlich dort entwickelnde terrestrische Vegetation dürfen im Rahmen der Unterhaltung nicht entnommen bzw. gemäht werden. Eine ungestörte Vegetationsentwicklung gerade an den Gleithängen ist für eine erfolgreiche Verlaufsentwicklung unverzichtbar, da hierdurch die Sedimentation am Gleithang weiter effektiv gefördert wird und nur über die Fixierung der Ablagerungen durch Durchwurzelung verhindert werden kann, dass die Ablagerungen bei höheren Abflüssen wieder remobilisiert werden.</p> <p>Dringend zu empfehlen ist der Aufbau beidseitiger standorttypischer Galeriegehölze nach erfolgter Verlaufsentwicklung, um auf Sohl- und Böschungsmahd dauerhaft verzichten zu können und eine weitgehend ungestörte Entwicklung wertvoller, belebter und unbelebter Fließwasserstrukturen zu ermöglichen. Oft dürfte es sich anbieten, den Aufbau der Ufergehölze ausgehend von Initialbepflanzungen an den Schwellen über natürliche Sukzession zu erreichen.</p>
<p><b>5.5.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	<p><u><b>Lohmühlenbach</b></u></p> <p>Im Unterlauf des Lohmühlenbaches (kleiner Hunte-Zufluss südlich Wildeshausen) wurden auf einer Strecke von etwa 600 m im Mai 2011 diagonale Grundswellen und einige Kiesbänke eingebaut. Vor Maßnahmenbeginn betragen die Sohlbreiten sehr einheitlich ca. 2 m und die Wassertiefe etwa 0,15 m bei <math>Q_{30}</math>. Das Gewässer wies einen sehr starken Sandtrieb auf. Die Ausgangssohle war eine reine Treibsand-Sohle ohne weitere Differenzierungen hinsichtlich Tiefe, Breite, Strömung und Substrat.</p> <p>Eine Befischung knapp 5 Monate nach Umsetzung ergab, dass sich bereits deutliche Krümmungskolke (max Kolkentiefe ca. 0,7 m) und unterspülte Ufer sowie insgesamt eine stark verbesserte Varianz von Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substraten ergeben hatte. Die Artenzahl der Fische hatte sich gegenüber einer nicht bearbeiteten Vergleichsstrecke gut verdoppelt, die Individuenzahlen hatten sich etwa verzehnfacht. Bachneunaugen nutzten die Strömunglenker als Laichplätze (s. Abb. 5.5.3). Die weitere Entwicklung im Zusammenhang mit den Strömungslenkern war bis 2015 trotz hoher Sandfrachten sehr positiv, wenn auch nicht an allen Einbauten gleich stark. Teilweise hatten sich bereits starke Abbrüche, Krümmungskolke mit unterspülten Ufern und ausgeprägte Gleithang-Bildungen ergeben. An anderen Einbauten zeigten sich zwar deutliche Krümmungskolkbildungen und unterspülte Ufer, aber noch keine Abbrüche und Laufveränderungen. Der Aufbau stabiler Gleithänge schien oft durch rückdrehende Strömungswirbel behindert zu werden. Daher wurden nachträglich versuchsweise einige inklinante Pfahlreihen eingebaut, um die Strömungswirbel zu unterbrechen und den Anwuchs der Gleithänge zu beschleunigen. Diese Maßnahmen haben sich bis auf einen Einbau, der nicht ausreichend stark inklinant erfolgte, als sehr wirksam erwiesen.</p> <p>Nach recht positiven Entwicklungen von 2011 bis 2015 hat sich aktuell (im Jahr 2016) eine rückläufige Entwicklung ergeben. Die Wirksamkeit der Lenker – besonders auf die Beschleunigung der Strömung – hat sich</p>

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.5**

deutlich reduziert. Die bereits ausgespülten Krümmungskolke und Prallhangstrukturen zeigen deutliche Versandungserscheinungen. Mangels Vermessungsdaten zu Bauausführung und Sohllagen zum Einbaupunkt sind die Ursachen der Entwicklung bislang unklar. Möglicher Weise waren besonders extreme Sandtransporte in 2016 auslösend. Unklar ist auch, ob der bereits in 2015 erreichte Zustand sich wieder regenerieren wird, oder ob hierfür ergänzende Maßnahmen nötig werden (z. B. zur Reduktion des Sandtriebes). Im Gegensatz zu den Strömunglenkern aus lokalen Feldlesesteinen zeigten die eingebauten Kiesbänke sehr schnell starke Versandungserscheinungen. Auch eine stärkere nachträgliche laterale Einengung konnte das Problem nicht beheben. Ein funktionsfähiger Einbau von Kiesbänken war im Lohmühlenbach unter dem derzeit vorhandenen, schon von oberhalb kommenden, sehr starken Sandtrieb nicht möglich.



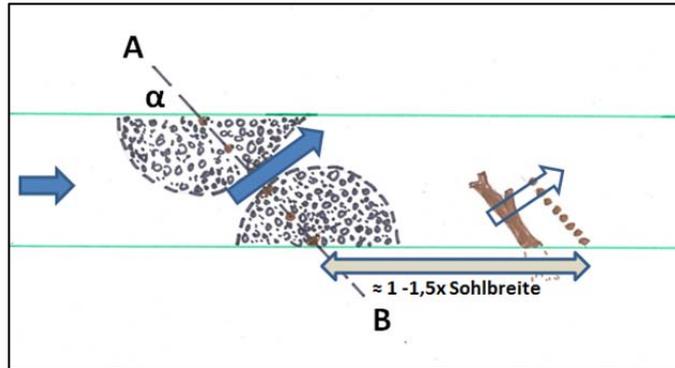
**Abb. 5.5.5–5.5.10:** Lohmühlenbach April 2014 (Fotos: P. Suhrhoff)

**Schwartau (Schleswig-Holstein)**

Diese Bilder aus Schleswig-Holstein von der Schwartau zeigen ein etwas abgewandeltes Umsetzungsbeispiel mit erhöhtem Wasserspiegelsprung (vgl. 5.5.5.4), also erkennbar überproportionalem, lokalem Gefälleverbrauch. Außerdem wurde die bühnenartige Überhöhung auf der Gleithangseite (vgl. Abb. 5.5.1 und 5.5.2) besonders groß dimensioniert und die Schwelle leitet zu einer kleinen diagonalen Gleite über. Diese und etwas abgewandelte Bauformen wurden in Schleswig-Holstein bereits an mehreren Gewässern erprobt – unter anderem auch an der Stör. Dabei wurde die bühnenartige Überhöhung auf der Gleithangseite unterschiedlich stark gesteigert, z. T. bis hin zu halbinselartigen Ausformungen, womit dann auch gleich deutliche lokale Laufver-schwenkungen verbunden waren – quasi als teilweise Vorwegnahmen der erwünschten lateralen Laufentwicklungen. Wie bereits unter 5.5.5.4 erwähnt, können hiermit lokal überdurchschnittlich effektive Entwicklungen ausgelöst werden – allerdings auch zum Preis eines überproportionalen Gefälleverbrauches, was die Entwicklung von Fließwasserstrukturen in der oberhalb entstehenden Rückstau-strecke einschränken kann. Die Variante erscheint daher nur für die Nutzung bereits bestehender Wasserspiegelsprünge uneingeschränkt empfehlenswert.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.5
	 <p data-bbox="472 607 922 629"><b>Abb. 5.5.11–5.5.12:</b> Schwartau (Fotos: B. Schackers)</p>
<p data-bbox="129 790 272 813"><b>5.5.9 Literatur</b></p>	<p data-bbox="472 647 1522 696">BRUNKE, M., M. Purps &amp; C. WIRTZ (2012): Furten und Kolke in Fließgewässern des Tieflandes: Morphologie, Habitatfunktion für Fische und Renaturierungsmaßnahmen, HW 56 H.3: 100–110</p> <p data-bbox="472 703 1509 775">KLAUKE, L. (2006) in: KNUTH, V. &amp; P. SUHRHOFF (2009): Planung und Umsetzung strukturverbessernder Maßnahmen an Hunte und Huntloser Bach mit begleitendem maßnahmenbezogenen Monitoring; Pilotprojekt Hunte 25: <a href="http://www.hunte-25.de/TeilprojektHunte_Endbericht_2009.pdf">http://www.hunte-25.de/TeilprojektHunte_Endbericht_2009.pdf</a></p> <p data-bbox="472 786 1501 835">KLAUKE, L. (2006): Numerische Modelluntersuchungen zur Wirksamkeit von Strömunglenkern in kleineren Gewässern; Ingenieurgesellschaft Environumerix, Höxter, Auftrag der Hunte-Wasseracht, unveröff.</p> <p data-bbox="472 842 1509 965">POTTGIESSER, T. &amp; M. SOMMERHÄUSER (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen – Steckbriefe und Anhang. Teil A: Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen. Teil B: Ergänzung der deutschen Fließgewässertypen um typspezifische Referenzbedingungen und Bewertungsverfahren aller Qualitätselemente. Erstellt im Auftrag Umweltbundesamt (UBA) und Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).</p>

<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.6</b></p> <p><b>Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus mineralischem Hartsubstrat in Form zweier versetzter Schüttungen</b></p>
<p><b>5.6.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp bezieht sich insbesondere auf mineralisch geprägte Gewässer der Geest und ggf. der Börden (Gewässertypen 14, 15, 16, 17, 18, POTTGIESSER &amp; SOMMERHÄUSER, 2008), siehe auch M 5.5, 5.5.1.</p>
<p><b>5.6.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt und ggf. lateral überdimensioniert.</p>
<p><b>5.6.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Siehe Ausführungen unter M 5.5, 5.5.3 mit folgenden Unterschieden bzw. Ergänzungen:</p> <p>Eine besonders gute Eignung besteht bei lateraler Überdimensionierung (s. u.). Bei ausgeprägter lateraler Überdimensionierung kann die Entwicklung eines verkleinerten, gewundenen Verlaufs innerhalb des bestehenden Überprofils häufig ausreichend sein. Außerdem dürfte es bei dieser Randbedingung schwer sein, weitergehende laterale Entwicklungen über das überdimensionierte Ausgangsprofil hinaus zu induzieren. Eine laterale Flächenverfügbarkeit erscheint daher (zunächst) nicht unbedingt erforderlich bzw. kann deutlich geringer angesetzt werden. Außerdem wäre es nicht zwingend erforderlich, vorhandene Ufersicherungen zu entfernen, wenn die Entwicklung auf das bestehende Überprofil begrenzt werden soll. Gleichwohl wäre zumindest in projektierten Prallhangzonen die Entfernung von Sicherungen wünschenswert damit sich etwas unterspülte Ufer z. B. als Fischunterstände ausbilden können.</p> <p>Im Gegensatz zu M 5.5 ist der Ansatz zur Bearbeitung von Tiefenerosionen allenfalls eingeschränkt geeignet.</p>
<p><b>5.6.4 Ziele</b></p>	<p>Die <b>Primärziele</b> entsprechen den Ausführungen unter M 5.5, wobei allerdings eine Beeinträchtigung des Geschiebetransportvermögens auch bei überdimensionierten Gewässern vermieden werden kann, indem auf erhabene Schwellenstrukturen, die sich über die gesamte Sohlbreite erstrecken, verzichtet wird.</p> <p>Mit diesem Einbautyp sollte es durch geeignete Kombination zahlreicher Einbauten im Rahmen von Maßnahmen der Gruppe 2 möglich sein, die strukturellen Ziele auch bei starker lateraler Überdimensionierung zu erreichen, da ein deutlich gewundener Stromstrich induziert wird, ohne erhöhte Schwellenstrukturen zu schaffen, die sich auf ganzer Querschnittsbreite über die Ausgangssohle erheben und daher den Geschiebetransport behindern würden. Akkumulative Sohlentwicklungen (Aufsandungen, Verschlämmungen), die die Wirksamkeit der Einbauten sukzessiv reduzieren würden und außerdem Strukturverschlechterungen bewirken könnten, sollten als mögliche Folge dieser Einbauten also ausgeschlossen sein – jedenfalls bei richtiger Dimensionierung der Einbauten, d. h. bei Vermeidung merklicher Rückstau-Effekte.</p>
<p><b>5.6.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b></p>	<p><b><u>5.6.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Zur Frage des geeigneten <b>Baumaterials</b> siehe Ausführungen unter M 5.5, 5.5.5.1.</p> <p><b><u>5.6.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> <p>Das <b>Einbauprinzip</b> wird verdeutlicht durch Abb. 5.6.1 u. 5.6.2. Im Grunde genommen kann der Einbautyp auch als Sonderform einer diagonalen Grundschwelle aufgefasst werden, wobei die Schwelle in zwei versetzte, laterale Schüttungen mit etwa halbkreisförmigen Grundflächen aufgelöst ist. Diese lateralen Schüttungen sollen sich auf Sohlniveau allenfalls berühren, jedoch nicht überlagern, um die Entstehung den Geschiebetransport behindernder, erhabener Schwellenstrukturen jedenfalls in diesem Teilbereich des Lenkerquerschnittes zu vermeiden. Eine gedachte Linie durch die beiden Halbkreis-Mittelpunkte (Linie AB in Abb. 5.6.1) sollte mit der Uferlinie etwa den Winkel <math>\alpha \approx 45</math> bis <math>60^\circ</math> bilden. Der erforderliche Kreisradius hängt letztlich ab von der ggf. vorhandenen lateralen Überdimensionierung der Querprofile. Im Regelfall kann davon ausgegangen werden, dass Radien von mindestens <math>1/2</math> bis <math>2/3</math> der Sohlbreite <math>b</math> erforderlich sind. Die beiden Schüttungen werden die Strömung deutlich beschleunigen und in Richtung des projektierten Prallhanges ablenken (dunkelblau gefülltes Pfeilsymbol in Abb. 5.6.1). Die unterhalb der Einbauten induzierte spiralförmige Sekundärströmung wird erwünschte Ablagerungen und Auflandungen am projektierten Gleithang sowie erosive Vorgänge am projektierten Prallhang unterstützen.</p> <p>Analog zu den diagonalen Grundswellen ist als <b>sinnvolle morphodynamisch wirksame Ergänzung der Einbau einer inklinanten Totholz-Struktur (diagonal stromauf ausgerichtet) oder einer Pfahlreihe auf der projektierten Gleithangseite</b> zu empfehlen (Abb. 5.6.1), um das stabile Anwachsen eines Gleithanges zu fördern. Dieser ergänzende Totholzeinbau sollte etwa in einem Abstand von der 1- bis 1,5fachen Sohlbreite stromab des Halbkreis-Mittelpunktes der auf der projektierten Gleithangseite eingebauten Kiesschüttung erfolgen. Der Einbau sollte parallel zur Schwelle ebenfalls im Winkel <math>\alpha</math> erfolgen. In Strommitte kann das Totholz etwa ab <math>Q 30</math> überströmt werden, im Uferbereich möglichst erst oberhalb MQ. Es sollte sich über ca. die Hälfte der Sohlbreite erstrecken. Bei Überströmung ergibt sich eine Strömungslenkung in Richtung des projektierten Prallhanges (nicht gefülltes Pfeilsymbol in Abb. 5.6.1).</p> <p>Das <b>Maß der erforderlichen Einengung des Querprofils</b> durch die Schüttungen ist abhängig von den örtlichen Randbedingungen, insbesondere von ggf. vorhandenen Tendenzen zur Überdimensionierung der Querprofile. Analog zu den diagonalen Grundswellen sollte die Einengung und damit die Strömungsbeschleunigung im Bereich der Einbauten so stark sein, wie dies unter den örtlichen Gegebenheiten möglich ist, ohne oberhalb des Strömungslenkers einen merklichen Rückstau zu erzeugen.</p>



**Abb. 5.6.1:** Strömunglenker aus zwei lateralen, versetzten halbkreisförmigen Schüttungen – Aufsicht. Winkel  $\alpha \approx 45\text{--}60^\circ$ , Halbkreisradius der Kiesschüttungen ca. gut 1/2 bis 2/3 Sohlbreite. Empfehlenswerte Ergänzung: inklinanter (diagonal stromauf gerichteter) Totholzeinbau **oder** Pfahlreihe

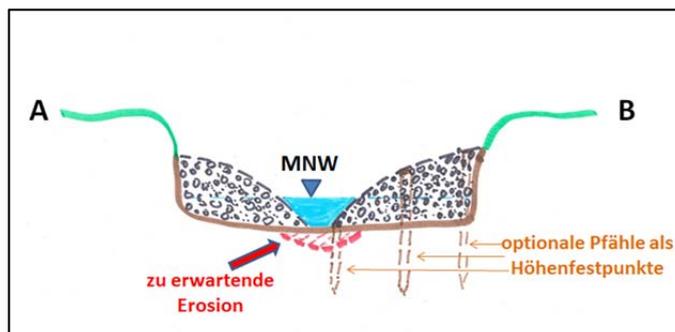
#### **5.6.5.3 Hinweise zur Baudurchführung**

Um die richtige Einengung einfach und sicher zu erreichen, wird vorgeschlagen, die Einbauten bei geringen Abflüssen (ungefähr geringer bis mittlerer Sommerabfluss) vorzunehmen und die Einengung dann jeweils so weit zu steigern, bis der OW-WSP gerade zu steigen beginnt (Anstieg  $\leq 5\text{cm}$ , Überprüfung durch zuvor installierte Behelfspegel wie Fluchtstangen etc.). In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass das MNW-Profil für eine ausreichende Einengung zu mindestens etwa 2/3 durch die Einbauten verbaut werden muss, also eine Einengung auf 1/3 des Ausgangs-Profiles nötig ist. Bei lateraler Überdimensionierung wird eine entsprechend stärkere relative Einengung erforderlich.

#### **5.5.6.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise**

Analog zu den diagonalen Grundswellen dürfte der Einbautyp von seinem Wirkprinzip her insofern nicht nachbesserungsbedürftig sein, als die Einbauten als Fixpunkte der Verlaufsentwicklung hydromorphologische Wirkungen unterhalb der Einbauten induzieren, ohne dass hierdurch die Wirksamkeit der Strömunglenker selber reduziert würde (Katalysator-Prinzip). Allerdings ist wie in Abb. 5.6.2 angedeutet, zu erwarten, dass es zwischen den Schüttungen im Bereich der beschleunigten Strömung zu Sohlerosionen kommen wird – jedenfalls wenn die halbkreisförmigen Schüttungen sich nicht gegenseitig berühren und/oder relativ erosionsstabiles Sohlsubstrat vorliegt (z. B. Ortstein, Löss-Lehm, Torfe). Diese Erosionsvorgänge würden die Querschnittseinengung und damit die Beschleunigung der Strömung wieder reduzieren und die Wirksamkeit der Einbauten somit einschränken. Es kann daher erforderlich werden, die Einbauten nach einer gewissen Anpassungsphase von ca. ein bis zwei Jahren einmal nachzubessern, indem das erodierte Material durch nicht mehr erodierbaren Grobkies ersetzt wird. Außerdem könnte es in der Anpassungsphase zu unerwünschten Sackungen kommen.

Zwecks einfacher Bearbeitung des möglichen **Nachbesserungsbedarfs** bietet es sich bei diesem Einbautyp wie in Abb.5.6.2 angedeutet an, zumindest bei einem Teil der Einbauten deren Profilierung mit z. B. drei höhenbündig eingeschlagenen Pfählen je lateraler Schüttung in der funktional relevanten Linie AB zu markieren. Alternativ kann die Einengung aber auch einfach wie beim Ersteinbau durch sukzessive Materialzugabe einer geeigneten Grobkiesmischung solange gesteigert werden, bis der OW-WSP oberhalb zweier lateraler Schüttungen gerade eben zu steigen beginnt (mit Behelfspegeln wie z. B. Fluchtstangen überprüfen).



**Abb. 5.6.2:** Strömunglenker aus zwei versetzten lateralen, halbkreisförmigen Grob-Kiesschüttungen – Querschnitt AB.

**Probleme durch Aufсандung der Sohle** oberhalb wegen Unterbrechung des Geschiebetransports sollten ausgeschlossen sein, da bei diesem Einbauprinzip keine erhabenen Schwellenstrukturen über das gesamte Querprofil entstehen (s. o.). Sollte es dennoch nicht nur zu den erwünschten Anlandungen an projektierten Gleithängen und Profilverkleinerungen, sondern zu einer generellen Auflandung der Sohle kommen, kann die Ursache nur darin bestehen, dass die Einbauten doch für bestimmte, bettbildend relevante Abflüsse unerwünschte Rückstau-effekte erzeugen. Diese müssten aufgehoben werden, indem die Scheitel der Schüttungen abgeflacht werden oder auch der laterale Verbauungsgrad durch die Einbauten reduziert wird. Das überschüssige Material kann dann z. B. so umgelagert werden, dass in der Tendenz eine Wirkung wie in der nachfolgend beschriebenen Modifikation 1 (Abb. 5.6.3) entsteht.

Ein **mögliche Modifikation der Einbauten**, die letztlich fließend zur Bearbeitung von Überprofilen durch großflächigeren Kieseinbau überleitet, besteht darin, **die gewünschten Profilreduktionen und den gewundenen Stromstrich, bereits mehr oder minder weitgehend durch die Kieseinbauten vorwegzunehmen,**

**Maßnahmengruppe 5**

**Maßnahme 5.6**

indem die Einbauten einfach nach ober- bzw. unterstrom verlängert werden (in Abb. 5.6.3: Modifikation 1 beispielhaft durch gestrichelte rote Linien angedeutet) und eventuell auch eine etwas anders Anordnung gewählt wird (vgl. Abb. 5.6.4: Modifikation 2). Hiermit ist dann allerdings ein recht großer Verbrauch an Kies verbunden der zudem zu einem erheblichen Teil nicht wirklich unmittelbar für die Strukturverbesserung und die Biozönose nutzbar ist, sondern zu großen Teilen quasi „ungenutzt“ in Böschungen schlummert und außerdem je nach Korngrößenverteilung weitergehende eigendynamische Entwicklungen begrenzen kann. Wird der Abstand der Schüttungen zu eng gewählt (wie auf der in Fließrichtung linken Seite v. Abb. 5.6.4) kann sich keine ausreichend entwickelte Prallhangstruktur mit unterspülten Ufern entwickeln. Damit dies möglich wird, sollte der Abstand zweier benachbarter Schüttungen mindestens 1 bis 2 Sohlbreiten betragen (wie auf der in Fließrichtung rechten Seite in Abb. 5.6.4). Werden die Fließgeschwindigkeiten mit diesem Maßnahmentyp in stark lateral überdimensionierten Gewässern ausreichend angehoben, können und sollten in den Übergangsbereichen der Laufschwingungen (also etwa im Bereich der in Abb. 5.6.4 eingezeichneten Strömungspfeile) auch einige kleine Kiesbänke in der Sohle angeordnet werden, wobei gegenüberliegende Schüttungen dann teilweise über Kiesbänke verbunden würden. Diese Bänke sollten sich allerdings nicht gegenseitig einsauen. Es sollten also ausreichende Abstände eingehalten werden, sodass nicht alle theoretisch denkbaren Einbaubereiche sinnvoll nutzbar sein werden.

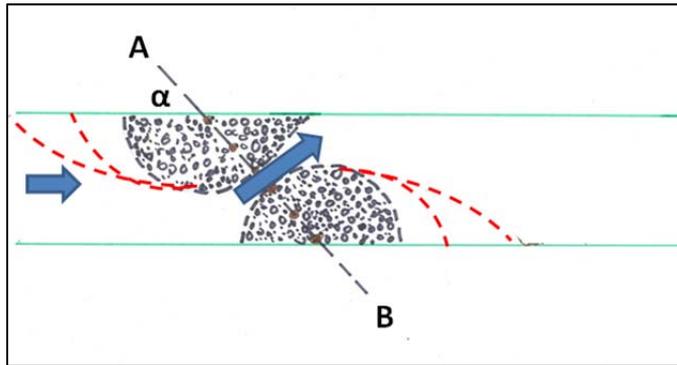


Abb. 5.6.3: M 5.6 Modifikation 1, Aufsicht

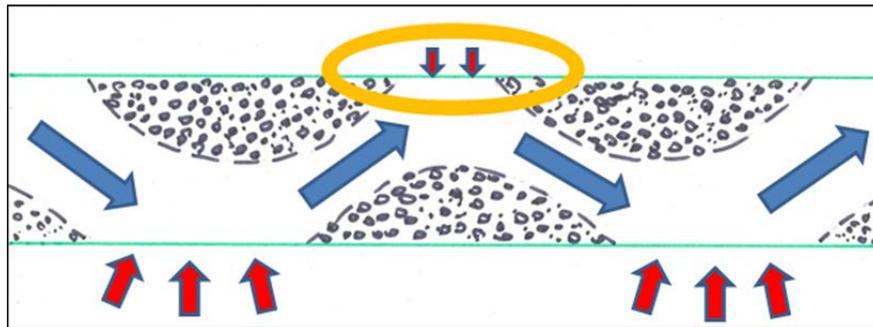


Abb. 5.6.4: M 5.6 Modifikation 2, Aufsicht

Als weitere mögliche Modifikation wäre **der nur einseitige Einbau entsprechender Schüttungen** zu nennen, was dann in erster Näherung zu einer naturnäheren Herstellung einer Dreiecksbuhnen-Funktion überleiten würde. Analog zu Dreiecksbuhnen (vgl. M 5.13) ist die hydromorphologische Wirkung entsprechender Strukturen allerdings eher enttäuschend gering, jedenfalls solange sie funktional mehr oder minder als Einzeleinbauten wirken und nicht wie z. B. entsprechend Abb. 5.6.4 gruppiert und modifiziert werden. Zumindest als funktionale Einzeleinbauten würden sie außerdem nach ersten morphologischen Anpassungen des Gewässers quasi weitgehend in einem sich bildenden Gleithang verschwinden.

Wie bei den diagonalen Grundschwellen **wird es unter ökologischen und monetären Kosten-Nutzen-Aspekten im Regelfall nicht für sinnvoll gehalten, unterhalb entsprechender Entwicklungsstrecken (temporäre) Sandfänge anzulegen** (vgl. M 5.5, 5.5.5.4). Dies gilt besonders dann, wenn bei lateraler Überdimensionierung Profilreduktionen erreicht werden sollen, da in diesem Fall zu erwarten ist, dass entsprechende Entwicklungsstrecken eher als Geschiebe-Senke wirken würden. Ausnahmen sind analog zu M 5.5 dann möglich, wenn keine Überdimensionierung vorliegt und innerhalb kurzer Zeiträume sehr große Streckenlängen bearbeitet werden sollen (z. B. zusammenhängende Strecken von mehreren km Länge), bzw. direkt unterhalb besonders wertvolle, versandungsempfindliche Gewässerstrukturen anschließen.

**5.6.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps**

Analog zu diagonalen Grundschwellen (M 5.5) ermöglicht auch dieser Einbautyp eine deutlich wirksamere Strömunglenkung als z. B. Dreiecksbuhnen oder andere Lenker über Teilquerschnitte und kann sehr naturnah gestaltet werden. Auch diese Einbauten bleiben wirksame formgebende Fixpunkte der Bettentwicklung, die nicht schnell wieder unwirksam werden, sobald sich erste Erosionen an projektierten Prallhängen entwickeln (siehe auch M 5.5, 5.5.6).

Der Maßnahmentyp lässt insgesamt eine sehr hohe Wirksamkeit und ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis erwarten.

Mit einem einmaligen, relativ einfach und kostengünstig umsetzbaren Nachbearbeitungsbedarf ist zu rechnen (s. 5.6.5.4)

**5.6.7 Hinweise zur Unterhaltung**

Identisch zu Ausführungen unter **diagonale Grundschwellen** (vgl. M 5.5, 5.5.7).

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.6
<p data-bbox="118 1070 400 1099">5.6.8 Maßnahmenbeispiele</p>	<p data-bbox="469 215 1520 286">Die folgenden drei Bilder zeigen Maßnahmebeispiele von der Rodenberger Aue (Abb. 5.6.5, 5.6.6) bzw. der Wiemersdorfer Au aus Schleswig-Holstein (Abb. 5.6.7), die jeweils kurz nach Einbau der Strukturen gemacht wurden. Gut erkennbar sind die effektive Lenkung und Beschleunigung der Strömung.</p>
	 <p data-bbox="469 763 1018 786">Abb. 5.6.5: Rodenberger Aue (Foto: U. Schmida, agwa, 03.2015)</p>
	 <p data-bbox="469 1267 1034 1290">Abb. 5.6.6: Rodenberger Aue (Foto: K. Rindfleisch, agwa, 04.2015)</p>
 <p data-bbox="469 1935 962 1957">Abb. 5.6.7: Wiemersdorfer Au (Foto: P. Suhrhoff, 04.2016)</p>	
<p data-bbox="118 2022 272 2051">5.6.9 Literatur</p>	<p data-bbox="469 1973 1509 2098">POTTGIESSER, T. &amp; M. SOMMERHÄUSER (2008): Beschreibung und Bewertung der deutschen Fließgewässertypen – Steckbriefe und Anhang. Teil A: Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen. Teil B: Ergänzung der deutschen Fließgewässertypen um typspezifische Referenzbedingungen und Bewertungsverfahren aller Qualitätselemente. Erstellt im Auftrag Umweltbundesamt (UBA) und Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).</p>

<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.7</b></p> <p><b>Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonale Grundswellen</b></p>
<p><b>5.7.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp ist im Prinzip in nahezu allen Gewässertypen sinnvoll einsetzbar – insbesondere in den Landschaftsräumen der Geest, der Börden und des Hügellandes. Restriktionen ergeben sich aus konstruktiven Gründen bei größeren Gewässern (siehe 5.7.3).</p> <p>Der Einbau und ggf. erforderliche Nachjustierungen sind deutlich schwieriger als bei der Konstruktion aus Grobkies nach M 5.5. Der Maßnahmentyp bietet sich daher vor allem für Gewässer an, die unter natürlichen Bedingungen kein oder kaum mineralisches Hartsubstrat aufweisen (z. B. reine Sandgewässer-Abschnitte, Bördengewässer ohne nennenswerte natürliche Vorkommen mineralischer Hartsubstrate, schneller fließende Varianten organischer Gewässer (RASPER, 2001), sowie für besondere Anwendungsfälle (s. 5.7.3). Alternativ sind außerdem die Varianten M 5.8, M 5.9 und M 5.10 zu prüfen.</p>
<p><b>5.7.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Die vorhandene Strukturvarianz (insbesondere Tiefen-, Strömungs- und Substratvarianz) ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt.</p> <p>Als Sonderfall kann eine mäßige Tiefenerosion bearbeitet werden. Vom Einsatz bei lateraler Überdimensionierung ist wegen des großen Aufwandes bei ggf. erforderlich werden Nachjustierungen und wegen erhöhter Risiken für eine Beeinflussung des Geschiebetransportes abzuraten.</p>
<p><b>5.7.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp M 5.7 zielt darauf ab, die Wirkungen der unter M 5.5 beschriebenen diagonalen Grundschwelle aus mineralischem Material möglichst weitgehend durch die ausschließliche Verwendung von Totholz als Baumaterial zu erreichen. Hierfür gelten die bereits unter 5.5 formulierten Randbedingungen, abgesehen von der für M 5.7 nicht erforderlichen Verfügbarkeit geeigneten mineralischen Materials.</p> <p>Die Konstruktion einer diagonalen Grundschwelle aus Totholz ist in der Regel deutlich aufwändiger als die aus mineralischem Material nach M 5.5. Daher bietet sich M 5.7 besonders für Fälle an, die für den Einsatz mineralischer Baustoffe kontraindiziert sind – z. B. weil es sich um Gewässertypen bzw. -abschnitte handelt, die unter natürlichen Bedingungen kaum mineralische Hartsubstrate erwarten lassen (s. o.) oder wenn keine geeigneten regionaltypischen Hartsubstrate verfügbar sind oder die lokalen Randbedingungen einen Transport dieser Materialien bis zum geplanten Einbauort nicht zulassen, während geeignetes Totholz ggf. direkt vor Ort gewonnen werden kann.</p> <p>Aus konstruktiven Gründen (s. u.) sind vor allem tendenziell breite und flache Gewässer geeignet. Die Mindestsohlbreite sollte etwa 2 m betragen. Das bearbeitbare Maximum dürfte je nach verfügbaren Stammlängen bei etwa 10 bis 15 m Sohlbreite liegen. Die MNW-Tiefe sollte möglichst nicht größer sein, als die verfügbaren Stamm-Durchmesser. Andernfalls wird es deutlich aufwändiger, die nötige, in Abb. 5.7.2 dargestellte Querschnittsverbauung zu realisieren. Grundsätzlich sind bei dieser Form von Totholzkonstruktion Fixierungen erforderlich, die in relativ einfacher Form nur über Pfähle oder Moniereisenheringe (s. M 5.3) möglich sind. Die Sohlbeschaffenheit muss also den Einsatz dieser Fixierungen ermöglichen.</p> <p>Die konstruktiven bzw. durch verfügbare und handhabbare Stammdurchmesser gegebene Limitierungen ermöglichen Sohlhebungen bei vorliegender Tiefenerosion in der Regel nur in eingeschränktem Umfang – oder es müssten sehr aufwändige Bauweisen mit mehreren, dachartig übereinandergeschichteten Stämmen gewählt werden.</p>
<p><b>5.7.4 Ziele</b></p>	<p>Ziel ist in erster Linie, die unter M 5.5 beschriebenen hydromorphologischen Wirkungen diagonalen, mineralischer Grundswellen über die Verwendung von Totholz als Baustoff zu realisieren.</p> <p>Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung des Totholzangebotes als Siedlungsstruktur.</p>
<p><b>5.7.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b></p>	<p><b><u>5.7.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Das Grundgerüst der Struktur bilden zwei starke Totholzstämmen, deren Durchmesser mindestens der Wassertiefe bei MNW entsprechen sollten. Die Mindestlängen sollten annähernd der Sohlbreite entsprechen. Es sollte möglichst waldfisches Laubholz verwendet werden. Eine möglichst hohe Rohdichte reduziert den nötigen Aufwand für Fixierungen.</p> <p><b><u>5.7.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> <p>Das <b>Einbauprinzip</b> ist in Abb. 5.7.1 und 5.7.2 skizziert.</p> <p>Um eine starke Ablenkung der Strömung ins Ufer zu erreichen, wird ein <b>Einbauwinkel (<math>\alpha</math>)</b> der Schwellen zur Längsachse des Gewässers von etwa 55 bis 65° vorgeschlagen (vgl. Abb. 5.7.1). Die Schrägstellung des Einbaues zur Strömung sollte somit etwas geringer sein, als die der Grobkies-Schwellen (M 5.5), weil die Ablenkung durch die Totholzschwellen bei der vorgeschlagenen Konstruktion etwas stärker sein dürfte, als die von Grobkies-Schwellen gleichen Einbauwinkels (s. u.). Bezüglich des optimalen Einbauwinkels besteht noch Erprobungsbedarf.</p> <p>Um die Lenkwirkung zu unterstützen, wird der Stamm auf der projektierten Gleithangseite (B in Abb. 5.7.1) stromab des auf der Prallhangseite verankerten Stammes eingebaut. Entsprechend Abb. 5.7.2 werden die Stämme so eingebaut, dass im Querprofil ein <b>flach V-förmig überströmter Durchstromquerschnitt</b> entsteht und der Tiefpunkt der Durchstromöffnung etwas außermittig zum unterhalb projektierten Prallhang (A in Abb. 5.7.2) verschoben ist. Der Anstiegswinkel der Stämme Richtung Ufer, also der Winkel zwischen den Stammachsen und der Horizontalen (Wasserspiegel) sollte möglichst kleiner als 20° bleiben. Je steiler die Stämme seitlich ansteigen, desto schlechter wird die Lenkwirkung der Einbauten.</p> <p>Die tiefste Stelle des Durchstromquerschnitts sollte im Normalfall die Höhe der Ausgangssohle vor Einbau nicht unnötig überragen, um den Geschiebetransport möglichst nicht zu beeinflussen. Soll eine Tiefenerosion bearbeitet werden und ist eine Sohlhebung beabsichtigt, muss der Tiefpunkt des Durchstromquerschnitts</p>

**Maßnahmengruppe 5**

**Maßnahme 5.7**

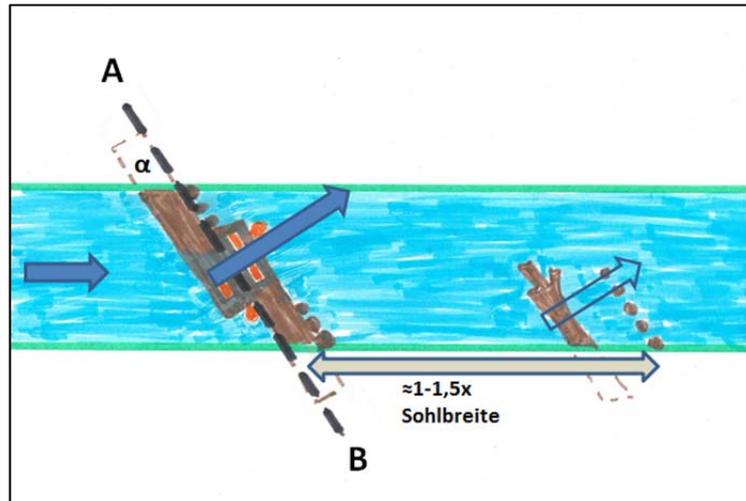
gegenüber der Sohle allerdings entsprechend überhöht eingebaut werden. In jedem Falle müssen die Stammköpfe im mittleren Sohlbereich also mehr oder minder stark in die Sohle eingelassen werden.

Seitlich sollte die Oberseite der Stämme deutlich über den MNW Spiegel hinausragen (auf der Gleithangseite B stärker als auf der Prallhangseite A). Die Köpfe der seitlichen Fixierungspfähle sollten noch höher liegen und im direkten Uferbereich möglichst noch etwas über den MW-Spiegel hinausragen (auf der Gleithangseite B wiederum etwas stärker, als auf der Prallhangseite A). Die Dimensionierung soll im Regelfall ausgehend von den örtlichen Gegebenheiten aufgrund hydraulischer Berechnungen so erfolgen, dass auch bei MW zwar eine möglichst starke Einengung zur Beschleunigung der Fließgeschwindigkeiten erfolgt, relevante Rückstauereffekte aber vermieden werden.

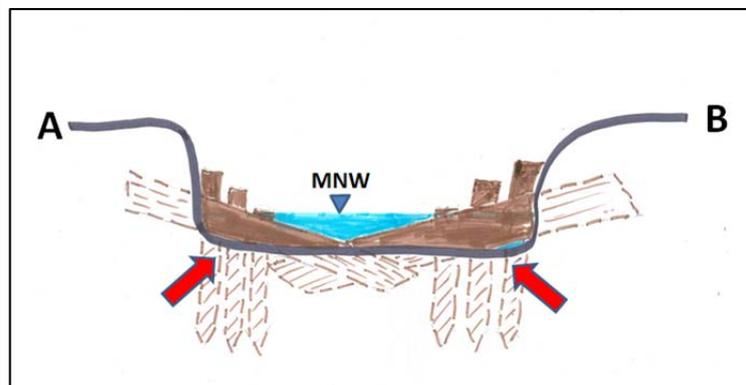
Die lateralen Fixierungspfähle dienen sowohl dazu, eine Umläufigkeit der Einbauten und ansonsten zu erwartende Erosionen (Unterläufigkeit) im seitlichen Sohlbereich (angedeutet durch rote Pfeile in Abb. 5.7.2) zu unterbinden, wie auch dazu, eine ausreichende Einengung auch noch für etwas höhere Abflüsse zu realisieren (zumindest bis MW). Es dürfte ausreichend sein, diese Pfähle auf Lücke zu setzen, da die Lücken sich durch Treibgut abdichten werden. Die seitlichen Fixierungspfähle müssen mindestens so weit Richtung Strommitte reichen, wie der Seitenbereich der Stämme ggf. nicht mehr ausreichend in die Sohle eingebunden ist (abhängig von der MNW-Tiefe und den gewählten Stammdurchmessern).

Die in den Abbildungen angedeutete, optionale laterale Einbindung der Stämme ins Ufer ist aufgrund der seitlichen Fixierungspfähle vermutlich in der Regel verzichtbar. Umgekehrt sollte ein Verzicht auf die Seitenpfähle bei Einbindung der Stämme ins Ufer nur dann erwogen werden, wenn die Stammdurchmesser die MNW-Tiefe deutlich übersteigen, sodass seitliche Unterströmungen durch ausreichende Einbindung in die Sohle ausgeschlossen werden können.

Die in die Sohle eingebundenen „Stamm-Köpfe“ sollten ebenfalls fixiert werden. Dies kann z. B. über eingedrückte Pfähle und eine Kettenverbindung zu den Stammenden realisiert werden oder über lange, starke Moniereisen-Heringe (siehe auch Steckbrief zum Totholzeinbau M 5.3) die durch Bohrlöcher in den Stammenden in die Sohle gedrückt werden (in Abb. 5.7.1 orange angedeutet) und auch bei relativ festen Sohlstrukturen eine Fixierung ermöglichen können.



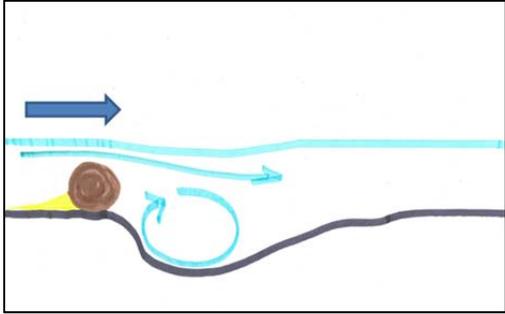
**Abb. 5.7.1:** Prinzipskizze Diagonale Grundschwelle aus Totholz bei MNW in Aufsicht. *Empfehlenswerte Ergänzung:* inklinanter Totholz-Einbau zur Förderung der Gleithangbildung in einem Abstand von etwa 1- bis 1,5facher Sohlbreite stromab der Linie AB auf der projektierten Gleithangseite (B).



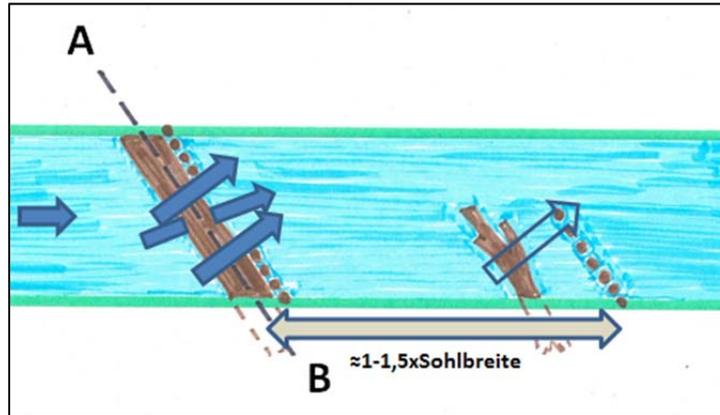
**Abb. 5.7.2:** Prinzipskizze Diagonale Grundschwelle, „Querschnitt A–B“; tatsächlich dargestellt ist nicht die zwischen den Stämmen verlaufende Linie AB sondern das Profil der beiden Stämme von oberstrom gesehen mit den dahinter liegenden lateralen Pfählen. Nicht dargestellt sind die in Abb. 5.6.1 orange dargestellten Fixierungen der Stammköpfe.

Das **Maß der erforderlichen Einengung des Querprofils** ist abhängig von den örtlichen Randbedingungen, insbesondere von ggf. vorhandenen Tendenzen zur Überdimensionierung der Querprofile. Grundsätzlich sollten die Einengung und damit die Strömungsbeschleunigung analog zu M 5.5 im Regelfall so stark sein, wie dies unter den örtlichen Gegebenheiten möglich ist, ohne oberhalb des Einbaues einen relevanten Rückstau zu erzeugen.

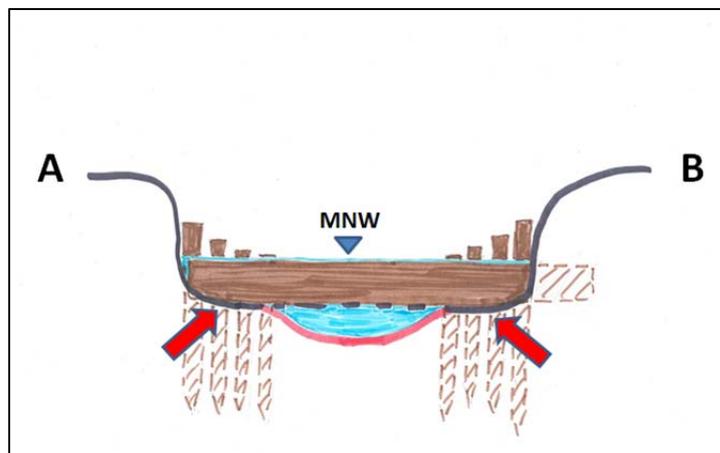
Als **sinnvolle morphodynamisch wirksame Ergänzung** der Schwellen ist analog zu M 5.5 der **Einbau inkl-**

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.7
	<p><b>nater Tothölzer oder Pfahlreihen auf der projektierten Gleithangseite</b> zu empfehlen (Abb. 5.7.1), um das stabile Anwachsen eines Gleithanges durch Unterbindung eines rückdrehenden Strömungswirbels zu fördern. Der Abstand dieser Struktur sollte mit ca. 1- bis 1,5facher Sohlbreite geringer sein als der bei M 5.5 zur Schwellenkronen da der beschleunigte Fließvorgang in den Prallhang bei M 5.7 weniger weit trägt (s. 5.7.5.4).</p> <p><b><u>5.7.5.3 Hinweise zur Baudurchführung</u></b></p> <p>Es gelten die gleichen Empfehlungen wie für den Einbau diagonalen Grundswellen (vgl. M 5.5, 5.5.5.3). Die richtige Dimensionierung der Einengung ist mit diesem Konstruktionsprinzip im Vergleich zu M 5.5 bautechnisch deutlich anspruchsvoller.</p> <p><b><u>5.7.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise</u></b></p> <p>Im Gegensatz zur stromab flach auslaufenden Grobkiesschwelle bildet sich direkt unterhalb überströmter Tothölzer eine Auskolkung mit einem sohnah rückdrehenden Strömungswirbel (vgl. Abb. 5.7.3). Hierdurch wird die von der Totholzschwelle abgelenkte Strömung weniger weit bzw. effektiv in den projektierten Prallhang tragen, als die der Grobkiesschwelle. Wollte man diesen Nachteil vermeiden, müsste man die Kolkbildung an dieser Stelle durch eine langsam Richtung Prallhang abfallende Struktur unterbinden, sodass sich analog zur diagonalen Grundschwelle der erwünschte ausgeprägte Krümmungskolk etwas weiter stromab bilden würde. In einfacher Form wäre dies nur durch eine Grobkiesschüttung möglich. Eine Konstruktion aus Totholz wäre zwar im Prinzip denkbar – z. B. durch Nachschaltung kleinerer Stämme mit sukzessiv abnehmendem Querschnitt, die parallel zum Lenker eingebaut werden müssten – erscheint aber unverhältnismäßig aufwändig. Im Regelfall wird es sich anbieten, den genannten Nachteil hinzunehmen und auf ergänzende Maßnahmen zu verzichten. Alternativ könnte Kies eingesetzt werden, wenn Randbedingungen und Gewässertyp dem nicht entgegenstehen.</p>  <p><b>Abb. 5.7.3:</b> Wirkprinzip eines rechtwinklig zur Hauptströmung angeordneten Stammes: Auskolkung mit rückdrehendem Strömungswirbel unterhalb, leichte Ablagerungen oberhalb (gelb), alternativ kann je nach Bedingungen statt der Anlandung auch eine lokale Unterströmung entstehen.</p> <p>Analog zu M 5.5 wird davon ausgegangen, dass die durch die Einbauten bewirkten Erosionen und damit verbundene Freisetzungen von Feinstoffen etc. im Regelfall nicht die Anlage eines Sandfanges erfordern bzw. rechtfertigen (vgl. M 5.5, 5.5.5.4).</p>
<p><b>5.7.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Es gelten weitgehend die Ausführungen zur diagonalen Grundschwelle aus mineralischem Material (vgl. M 5.5, 5.5.6). Wegen der zu erwartenden Kolkbildung direkt unterhalb der Schwelle dürfte der erreichbare morphodynamisch wirksame Strömungsimpuls auf den projektierten Prallhang allerdings etwas geringer sein. Außerdem ist die bautechnische Umsetzung von M 5.7 gegenüber den mineralischen Grundswellen aufwändiger und die richtige Dimensionierung und spätere Korrekturen sind in der Umsetzung schwieriger.</p>
<p><b>5.7.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Siehe M 5.5, 5.5.7. Der Funktionszustand der Einbauten sollte einmal jährlich geprüft werden. Sollten sich an einzelnen Einbauten Tendenzen zu Umläufigkeit oder Unterströmung der Stämme zeigen, wären Gegenmaßnahmen erforderlich (z. B. Verstopfen ggf. vorhandener Unterströmungsbereiche mit Totholz von oberstrom, ggf. Verbesserung der erosiven Wirkung auf projektierte Prallhänge durch Grobkiesschüttung unterhalb von Schwellen).</p>
<p><b>5.7.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	<p>Ein geeignetes Maßnahmenbeispiel ist bislang nicht bekannt.</p>
<p><b>5.7.9 Literatur</b></p>	<p>RASPER, M. (2001): Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen. NLÖ (Hrsg.), Hildesheim</p>

<b>Maßnahmengruppe 5</b>  <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.8</b>  <b>Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonaler, teilweise unterströmter Stamm</b>
<b>5.8.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Der Maßnahmentyp ist im Prinzip für nahezu alle Gewässertypen geeignet – insbesondere für die Landschaftsräume der Geest, der Börden und des Berg- und Hügellandes. Restriktionen ergeben sich aus konstruktiven Gründen bei größeren und zu kleinen Gewässern (siehe 5.8.3).
<b>5.8.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt. Eine Tiefenerosion kann mit dem Ansatz lediglich durch Erschließung lateraler Geschiebequellen etwas abgeschwächt, aber nicht wirksam unterbunden werden. Bei starker lateraler Überdimensionierung erscheint das Prinzip nicht geeignet, da dann die Freihaltung eines ausreichenden Unterstrom-Querschnittes nicht gegeben sein dürfte.
<b>5.8.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	Siehe auch Ausführungen zu M 5.5. Damit sich ein ausreichend großer, nicht zu stark zur Verblockung neigender Unterstromquerschnitt für den Niedrigwasserabfluss ausbilden kann, sollte die Sohlbreite mindestens ca. 4 m betragen. Das Maximum dürfte je nach verfügbaren Stämmen bei etwa 10 bis 15 m Sohlbreite liegen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es bei hohen Abflüssen und starkem Treibgutauflkommen bzw. Totholzanfall durch Verblockungseffekte zeitweise zu erhöhten Wasserständen oberhalb entsprechender Einbauten kommen kann. Vom Einsatz in bzw. direkt unterhalb von bebauten Bereichen ist daher abzuraten. Für ausgeprägte, tiefe Staustrecken und stark überdimensionierte Profile ist der Ansatz nicht geeignet. Bei Tiefenerosionen kann das Prinzip allenfalls ergänzend eingesetzt werden (vgl. 5.8.2).
<b>5.8.4 Ziele</b>	Analog zu M 5.7 ist Hauptziel die unter M 5.5 beschriebenen hydromorphologischen Wirkungen diagonaler, mineralischer Grundswellen, insbesondere die effektive, seitliche Ablenkung der Strömung zwecks Induktion der Entwicklung ausgeprägter Prallhang/Gleithangstrukturen und entsprechender Tiefen- und Strömungsvarianzen über die ausschließliche Verwendung von Totholz als Baumaterial zu erreichen. Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung des Totholzangebotes als Siedlungsstruktur.
<b>5.8.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>5.8.5.1 Materialauswahl</u></b></p> Das Grundgerüst der Struktur bildet ein starker Totholzstamm, dessen Durchmesser etwas kleiner sein sollte, als die Wassertiefe bei MNW. Es sollte möglichst waldfisches Laubholz verwendet werden. Eine möglichst hohe Rohdichte reduziert den nötigen Aufwand für Fixierungen. <p><b><u>5.8.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> Der Einbau ist deutlich einfacher als der der diagonalen Grundschwelle aus Totholz nach M 5.7. Das Einbauprinzip ist in Abb. 5.8.1 und 5.8.2 skizziert. Eine mögliche Variation, die bei geeignetem Gehölzbestand am Gewässer ohne schwereres Baugerät herstellbar ist, zeigen Abb. 5.8.3 und 5.8.4. Die richtige Dimensionierung des Unterstrom-Querschnittes sollte sich weitestgehend eigendynamisch einstellen – jedenfalls bei nicht zu erosionsstabilem Sohlmaterial. Um eine starke Ablenkung der Strömung ins Ufer zu erreichen, wird ein <b>Einbauwinkel (<math>\alpha</math>)</b> zur Längsachse des Gewässers von etwa 50 bis 55° vorgeschlagen (vgl. Abb. 5.8.1). Im Interesse einer insgesamt guten Lenkwirkung muss die Schrägstellung des Einbaues zur Gewässerachse etwas stärker sein, als die der diagonalen Grundswellen nach M 5.5, da der unter dem Stamm durchströmende Abflussanteil nur wenig abgelenkt wird. Der Stamm wird diagonal zur Gewässerachse knapp unterhalb des MNW-Spiegels annähernd horizontal (bzw. in Richtung der projektierten Prallhangseite A leicht abfallend) über die gesamte Sohlbreite eingebaut, so dass er das MNW-Profil zunächst annähernd blockiert. Zur Sicherung gegen Umläufigkeit und Unterläufigkeit/Sohlerosion im Seitenbereich werden auf beiden Seiten einige starke Pfähle gesetzt. Die Pfähle können auf Lücke gesetzt sein, da sich Zwischenräume durch Treibgut abdichten werden. An diesen Pfählen wird der Stamm z. B. mit Ketten in der gewünschten Einbauposition fixiert. Abschließend werden die Pfähle entsprechend Abb. 5.8.2 so eingekürzt, dass die Höhe der Pfahlköpfe Richtung Ufer zunimmt (auf der projektierten Gleithangseite B etwas höher als auf der Prallhangseite A) und im direkten Uferbereich etwa im MW-Bereich liegt (Dimensionierung entsprechend hydraulischer Berechnung so, dass kein relevanter Rückstau entsteht). Alternativ oder ergänzend kann eine ein- oder beidseitige Einbindung des Stammes in die Böschung erfolgen oder die Fixierung kann an natürlichen oder eingebrachten sonstigen ortsfesten Strukturen erfolgen (vgl. M 5.3, 5.8.3). Wenn die Sohle aus gut erodierbarem Material besteht, wird sich kurz nach Einbau ein ausreichender Unterströmungs-Querschnitt zur Abführung des Basis-Abflusses eigendynamisch „von selbst“ einstellen. Andernfalls muss nachgeholfen werden (z. B. Mulde ober- und unterhalb des Stammes vorprofilieren, unter dem Stamm Sohle notfalls von Hand auflockern). In jedem Fall muss anhand zuvor gesetzter Behelfspegel oberhalb (z. B. Fluchtstange) sichergestellt werden, dass kein relevanter Rückstau des Basisabflusses durch den Einbau verbleibt. Niedrigwasserabflüsse (MNQ) sollen weitgehend durch Unterströmung abgeführt werden. Bei zunehmenden Abflüssen wird ein sukzessiv zunehmender Abflussanteil über dem Stamm abgeführt. Eine starke Ablenkung ergibt sich dabei nur für den über dem Stamm abgeführten Abflussanteil. Der unter dem Stamm abgeführte Abflussanteil erhöht die Strukturvielfalt und ist insbesondere für den möglichst ungehinderten Durchtransport von Geschiebe wichtig.

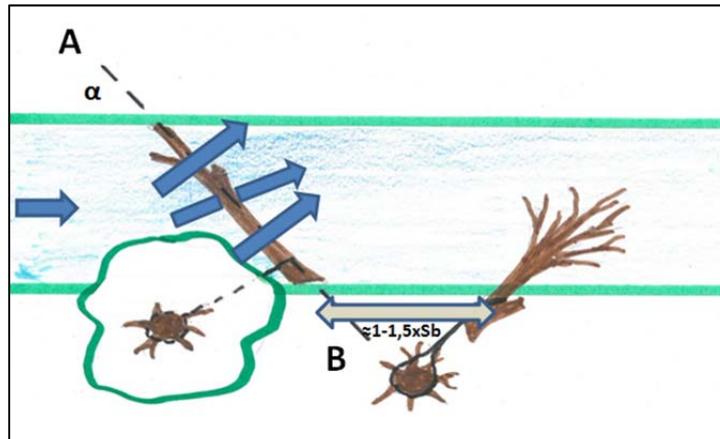


**Abb. 5.8.1:** Diagonaler, z. T. unterströmter Stamm bei MNW in Aufsicht. *Empfehlenswerte Ergänzung:* inklinanter Totholz-Einbau (oder Pfahlreihe) zur Förderung der Gleithangbildung in einem Abstand von etwa 1–1,5 x Sohlbreite stromab der Linie AB auf der projektierten Gleithangseite B, der erst bei erhöhten Abflüssen überströmt werden soll.



**Abb. 5.8.2:** Diagonaler, z. T. unterströmter Stamm, Querschnitt A–B: dargestellt ist nicht nur die Schnittebene AB, sondern auch die dahinter liegenden lateralen Pfähle, die der Fixierung des Stammes sowie als Erosionssicherung gegen durch rote Pfeile angedeutete laterale Erosionstendenzen dienen.

Die Abb. 5.8.3 und 5.8.4 zeigen eine mögliche Variation des Einbautyps, die durch Vorhandensein geeigneter Bäume am Gewässer einen Einbau ohne schweres Baugerät ermöglicht. Hierbei wird ein Baum geeigneten Durchmessers (am besten aus der „zweiten Reihe“ etwa im Winkel  $\alpha$  Richtung stromauf diagonal über des Gewässer gefällt. Anschließend wird der Stamm so eingekürzt, dass er sich in das Bett einpasst und mit dem stärkeren, nach stromab weisenden Ende mit einem Seil (z. B. Kokosfaser) z. B. an einem stromauf stehenden Baum befestigt. Am Wurzelteller des als Strömunglenker gefällten Baumes kann dann eine weitere Totholzstruktur (z. B. schwächere Krone, starker gut verzweigter Ast oder ein Wurzelteller) in einem Abstand von etwa der 1- bis 1,5fachen Sohlbreite stromab davon befestigt werden, um die Entwicklung eines rückdrehenden Strömungswirbels zu verhindern und so die Gleithangbildung zu unterstützen.



**Abb. 5.8.3:** Diagonaler, z. T. unterströmter Stamm: Aufsicht für eine Einbauvariation, die bei Vorhandensein geeigneter Gehölze ohne schweres Baugerät umsetzbar ist

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.8
	<div data-bbox="475 219 1198 616" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="475 629 1522 674"><b>Abb. 5.8.4:</b> Diagonaler, z. T. unterströmter Stamm, Querschnitt A–B der in Abb. 5.8.3 dargestellten Einbauvariation; durch rote Pfeile angedeutet: laterale Erosionstendenzen</p> <p data-bbox="475 689 863 712"><b>5.8.5.3 Hinweise zur Baudurchführung</b></p> <p data-bbox="475 728 1474 750">Es gelten die gleichen Empfehlungen wie für den Einbau diagonalen Grundschnellen (vgl. M 5.5, 5.5.5.3).</p> <p data-bbox="475 766 962 788"><b>5.8.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise</b></p> <p data-bbox="475 804 1522 958">Als <b>sinnvolle morphodynamisch wirksame Ergänzung</b> ist analog zu M 5.5 der <b>Einbau einer inklinanten Totholzstruktur oder Pfahlreihe auf der projektierten Gleithangseite B</b> zu empfehlen (Abb. 5.8.1). Sinn dieser Struktur ist Förderung der Entwicklung eines stabilen Gleithanges durch die Unterbindung der Ausbildung eines rückdrehenden Strömungswirbels (vgl. M 5.5, Abb. 5.5.4). Es wird davon ausgegangen, dass die durch die Einbauten bewirkten Erosionen und damit verbundene Freisetzungen von Feinstoffen etc. die Anlage eines Sandfanges im Regelfall nicht erfordern bzw. rechtfertigen (siehe M 5.5).</p> <p data-bbox="475 965 1522 1115">Insbesondere bei starkem Driftholzaufkommen kann es zu Verkläuerungen des Unterstromquerschnittes sowie ggf. zu weitergehenden Driftholzanlagerungen kommen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit für hohe Abflüsse kann dadurch (zeitweise) beeinträchtigt sein. Das Prinzip sollte daher nicht im Nahbereich vorhandener Bauung eingesetzt werden. Aus dem gleichen Grunde erscheint es nicht empfehlenswert, viele Einbauten dieses Typs in kurzen Abständen hintereinander zu schalten. Der Bautyp eignet sich also eher als Ergänzung anderer Bautypen zur Strömunglenkung in weniger intensiv genutztem Umfeld.</p> <p data-bbox="475 1122 1522 1167">Solange es nicht zu relevanten Rückstauwirkungen kommt, reduziert der Bautyp nicht das Geschiebetransportvermögen.</p> <p data-bbox="475 1173 1522 1272">Grundsätzlich können natürlich auch schwächere Stämme verwendet werden, als unter 5.8.5.1 vorgeschlagen – z. B. um bereits bei MNW einen höheren Abflussanteil über dem Stamm abzuführen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass insgesamt mindestens 2/3 des MNW-Querschnittes durch das Totholz verbaut sein müssen, um ausreichende Wirkungen zu erzielen.</p>
<p data-bbox="129 1352 389 1424"><b>5.8.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p data-bbox="475 1294 1522 1485">Die morphodynamische Wirksamkeit des Einbaues dürfte annähernd gleich gut sein, wie die von M 5.7 – jedenfalls solange keine relevante, rückstauende Verkläuerung eintritt. Zwar wird der unter dem Stamm durchströmende Abflussanteil weniger effektiv abgelenkt, jedoch können durch diesen Anteil Probleme mit dem Geschiebetransport (mögliche Aufsandungen oberhalb) vermieden werden, die die Wirksamkeit von Strömungslenkern grundsätzlich stark beeinträchtigen können. Für den Einbau ist schweres Baugerät nicht zwingend erforderlich. Insbesondere wenn die benötigten Stämme direkt vor Ort gewonnen werden können, kann die Maßnahme sehr kostengünstig sein und auch an Orten umgesetzt werden, die für Baugerät nicht erreichbar sind (z. B. feuchte Wälder) – besonders wenn der Einbau entsprechend Abb. 5.8.3 und 5.8.4 variiert wird.</p>
<p data-bbox="129 1664 316 1709"><b>5.8.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p data-bbox="475 1507 592 1529">Siehe M 5.5.</p> <p data-bbox="475 1536 1522 1635">Der Funktionszustand der Einbauten sollte einmal jährlich geprüft werden. Sollten sich an einzelnen Einbauten Tendenzen zu Umläufigkeit oder zu starker Unterströmung der Stämme im Seitenbereich zeigen, wären Gegenmaßnahmen erforderlich (z. B. Verstopfen ggf. vorhandener Unterströmungsbereiche mit Totholz von oberstrom).</p> <p data-bbox="475 1641 1522 1765">Stärkere Verkläuerungen des Unterstromquerschnittes mit deutlichem Rückstauwirkung müssten bei Bedarf entfernt werden – wobei allerdings bei gut erodierbarem Sohlmaterial davon auszugehen ist, dass der Querschnitt sich durch weitere lokale Erosion eigendynamisch anpassen würde. In den ersten 3 Jahren nach Einbau sind je nach örtlichen Randbedingungen ggf. wiederholte Kontrollen im Winterhalbjahr zu empfehlen, bis der jeweilige lokale Unterhaltungsbedarf in Bezug auf Verkläuerungsrisiken besser eingeschätzt werden kann.</p> <p data-bbox="475 1771 1522 1870">Sollte sich bei gut erodierbarer Sohle z. B. im Zusammenhang mit einer zeitweisen Teilverblockung ein zu großer Unterstrom-Querschnitt entwickelt haben und der erosive Effekt eines Einbaues auf den projektierten Prallhang daher zu stark abgenommen haben, kann diesem Effekt durch vorsichtige Grobkieszugaben in den Unterstrom-Querschnitt entgegen gearbeitet werden.</p>
<p data-bbox="129 1888 400 1910"><b>5.8.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	
<p data-bbox="129 1930 272 1953"><b>5.8.9 Literatur</b></p>	

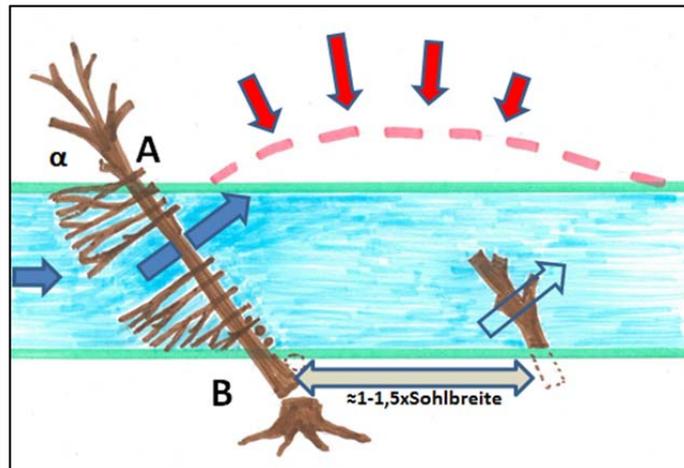
<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.9</b></p> <p><b>Einbau von Strömungslenkern über den gesamten Fließquerschnitt aus Totholz – Variante diagonaler Lenkrechen</b></p> <p><b>Hinweis: Praxiserfahrungen zu diesem Prinzip liegen bislang nicht vor!</b></p>
<p><b>5.9.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp erscheint insbesondere für die Landschaftsräume der Geest, der Börden und des Hügellandes geeignet. Für das Bergland erscheint der Ansatz wegen der dort stark erhöhten hydraulischen Kräfte ungeeignet. Restriktionen ergeben sich aus konstruktiven Gründen bei größeren und zu kleinen Gewässern (siehe 5.9.3).</p>
<p><b>5.9.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt. Eine Tiefenerosion kann analog zu M 5.8 mit dem Ansatz lediglich durch Erschließung lateraler Geschiebequellen etwas abgeschwächt, aber nicht wirksam unterbunden werden.</p> <p>Der Lenker kann grundsätzlich auch bei starker lateraler Überdimensionierung eingesetzt werden, wobei allerdings regelmäßig geprüft werden muss, ob sich ggf. zu starke Rückstaueffekte entwickeln (s. u.). Der Bautyp erscheint für diesen Zweck jedoch insgesamt deutlich weniger geeignet als M 5.10 bzw. M 5.6.</p>
<p><b>5.9.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Siehe auch M 5.5, 5.5.3</p> <p>Der Einbau ist sehr einfach. Soweit geeignete Bäume am Gewässer stehen (z. B. große Pappeln) kann der Einbau im günstigsten Fall ganz ohne schweres Gerät erfolgen. Dies eröffnet die Option für Gewässerentwicklungen über Strömungslenker an Orten, die mit schwerem Gerät nicht oder nur mit erheblichen Kollateralschäden erreichbar sind (z. B. sehr feuchte Wälder).</p> <p>Damit ein ausreichend großer, nicht zu stark zur Verblockung neigender, freier Durchstromquerschnitt erhalten bleiben kann, sollte die Sohlbreite mindestens ca. 5 bis 6 m betragen. Das bearbeitbare Maximum dürfte je nach verfügbaren Stämmen bei etwa 10 bis 15 m Sohlbreite liegen.</p> <p>Es muss damit gerechnet werden, dass es bei hohen Abflüssen und starkem Treibgutaufkommen bzw. Totholzanfall durch Verblockungseffekte zeitweise zu deutlich erhöhten Wasserständen oberhalb entsprechender Einbauten kommen kann. Für den Einsatz in bzw. direkt unterhalb von bebauten Bereichen ist das Prinzip daher nicht geeignet. Der Einbau kann allerdings in gewissen Grenzen so erfolgen, dass zu große Rückstaurisiken über Sollbruchstellen begrenzt werden (s. u.).</p> <p>Ausgeprägte, tiefe Staustrecken sind mit dem Ansatz nicht bearbeitbar.</p>
<p><b>5.9.4 Ziele</b></p>	<p>Analog zu M 5.7 und M 5.8 ist Hauptziel, die unter M 5.5 beschriebenen hydromorphologischen Wirkungen diagonaler, mineralischer Grundschwellen, insbesondere die effektive, seitliche Ablenkung der Strömung zwecks Induktion der Entwicklung ausgeprägter Prallhang/Gleithangstrukturen und entsprechender Tiefen- und Strömungsvarianzen sowie langfristiger Laufverlagerungen über die ausschließliche Verwendung von Totholz als Baumaterial zu erreichen.</p> <p>Ziel ist außerdem, eine Option für einen Lenkertyp vorzuschlagen, der unter günstigen Randbedingungen (Verfügbarkeit geeigneter Bäume am Gewässer) ohne schweres Baugerät umsetzbar ist, so dass ohne Flurschäden und Transportprobleme wirksame Strömungslenker konstruiert werden können, die zudem nur sehr geringe Anlagekosten verursachen. Außerdem sind die Lenker außerhalb von Hochwasserabflüssen jederzeit problemlos und ohne schweres Gerät modifizierbar.</p> <p>Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung des Totholzangebotes als Siedlungsstruktur.</p>
<p><b>5.9.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b></p>	<p><b><u>5.9.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Das Grundgerüst der Struktur bildet ein starker Stamm, der diagonal über das Gewässer gefällt wird. Alternativ kann natürlich ein geeigneter, bereits über das Gewässer gestürzter Stamm verwendet werden. Außerdem werden nicht zu schwache Äste bzw. Stangenholz als Rechenelemente benötigt, sowie nach Bedarf Befestigungsmaterial zum Sichern der Rechenäste am Stamm (Gurtband, Nägel, s. u.).</p> <p><b><u>5.9.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> <p>Das <b>Einbauprinzip</b> entspricht im Grunde genommen einem diagonalen Nadelwehr mit einer freien Durchflussöffnung und ist in Abb. 5.9.1 bis 5.9.3 skizziert. Eine Option für eine Variation bzw. Ergänzung des Bautyps, mit der die Lenkwirkung verbessert, Verblockungsrisiken reduziert und die Funktionssicherheit insgesamt erhöht werden kann, zeigen Abb. 5.9.4 bis 5.9.7.</p> <p>Um eine starke Ablenkung der Strömung ins Ufer zu erreichen, wird analog zu M 5.8 für den diagonal über das Gewässer zu fallenden Stamm ein <b>Einbauwinkel (<math>\alpha</math>)</b> zur Längsachse des Gewässers von etwa 50 bis 55° vorgeschlagen. An diesen Stamm werden von oberstrom als „Rechenstäbe“ Totholzstangen bzw. leicht verzweigte, nicht zu schwache Äste angelehnt und zwar in der Aufsicht etwa rechtwinklig zum Stamm (Abb. 5.9.1) und in einem Winkel zur Sohle von etwa 45° (Abb. 5.9.3). Etwa in Sohlmitte wird eine ausreichend breite Durchfluss-Öffnung frei gelassen. <b>Im Soll-Betriebszustand sollen die Zwischenräume zwischen den Rechenästen weitestgehend durch Treibgut blockiert sein. Die Durchflussöffnung soll dagegen frei sein. Für eine gute, in Abb. 5.9.1 skizzierte Lenkwirkung wird es erforderlich sein, dass sich am Lenkrechen ein merklicher Wasserspiegelsprung von min. ca. 5 bis 10 cm aufbaut.</b> Andernfalls dürfte die Lenkwirkung deutlich schwächer sein, da diagonale Strukturen, die durchströmt bzw. unterströmt werden, wesentlich schlechtere Lenkwirkungen haben, als überströmte Strukturen – jedenfalls solange sich kein deutlicher Wasserspiegelsprung aufbaut. <b>Wo es nicht gelingt, über eine ausreichende Belegung der Rechenäste den nötigen Wasserspiegelsprung bei ausreichend großer, freier Durchflussöffnung (HW-Abführung!) aufzubauen, sollte der Einbau nach Abb. 5.9.4 bis 5.9.7 modifiziert werden.</b></p>

**Maßnahmengruppe 5**

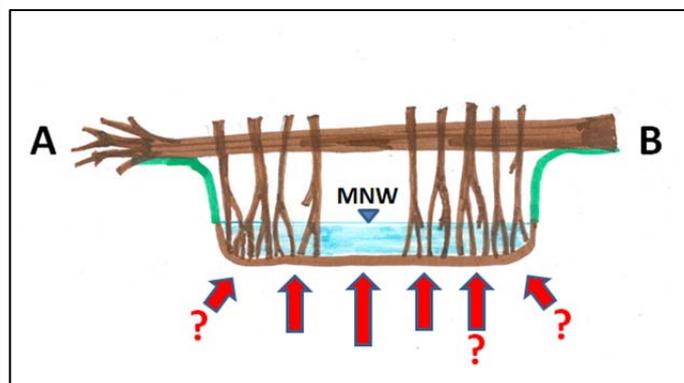
**Maßnahme 5.9**

Für die Rechenäste ist ein relativ flacher Einbauwinkel zur Sohle nötig, da sich nach Einbau der Äste und sich entwickelnder Verlegung durch Treibgut deutliche Querschnittsverkleinerungen und damit lokal erhöhte Fließgeschwindigkeiten entwickeln werden. Soweit die Sohle aus erodierbarem Material besteht, werden sich also lokale Sohlerosionen ergeben (s. Abb. 5.9.3). Damit die Äste dann nicht gleich um den Stamm kippen und fortgespült werden, müssen sie also ausreichende Längenreserven haben. Die nötigen Längen hängen letztlich abgesehen von der Profiltiefe sehr von der Erosionsanfälligkeit des Untergrundes ab. Bei sehr erosionsanfälligem Untergrund (z. B. Sand) sollten ggf. zusätzliche Reserven eingeplant werden. Diese Reserven können abgesehen von den sich aus dem diagonalen Einbau zu Sohle ergebenden Reserven (Abb. 5.9.3) „oben gespeichert“ werden, d.h. die Stangen sollten den Stamm im Ausgangszustand entsprechend überragen. Ein flacherer Einbauwinkel der Stangen zur Sohle als  $\beta = 45^\circ$  erscheint nicht sinnvoll. Anlag zu dem unter M 5.4 beschriebenen Totholzrechen würde sich bei flacheren Einbauwinkeln zur Sohle zwar die Empfindlichkeit des Einbaues gegen Sohlerosionen reduzieren (die Sohlerosionen treten dann verstärkt stromab von den Auflagepunkten der Rechenäste auf der Sohle auf), aber es würde sich die Zone der maximalen Beschleunigung der abgelenkten Strömung zu weit vom projektierten Prallhang entfernen, wodurch die erwünschte hydromorphologische Wirkung reduziert würde. Außerdem würde sich bei hohen Abflüssen durch ungünstige Krafteinwirkung die Bruchgefahr der Rechenäste stark erhöhen und die für eine ausreichende Querschnittseinengung nötige Belegung der Rechenäste würde sich ggf. nicht einstellen, weil das Treibgut zu stark an den Ästen hochgeschoben würde.

Damit sich die Rechenäste bei zu erwartender lokaler Sohlerosion „automatisch“ an die neuen Sohllagen anpassen, müssen also möglichst sowohl begrenzte Kippbewegungen um den Stamm als auch ein vertikales Nachsacken möglich sein. Die Äste dürfen also nicht fest mit dem Stamm verbunden werden. Es bietet sich daher an, die Rechenäste im Kontaktbereich zum Stamm einfach z. B. durch ein quer verlaufendes stabiles Gewebeband (z. B. Gurtband) gegen zu starkes seitliches Verrutschen zu fixieren. Der Gurt muss dann jeweils zwischen den Ästen mit ausreichend „Luft“ am Stamm vernagelt werden, die den Ästen die nötige Bewegungsfreiheit lässt. Eine Fixierung zwischen Ästen und Gurt sollte dagegen nicht erfolgen, bzw. wäre als „Sollbruchstelle“ einsetzbar (s. u.). Alternativ könnten auf beiden Seiten jedes Rechenastes lange Nägel so weit eingeschlagen werden, dass die Nägel ausreichend Halt haben und die Äste – wiederum mit ausreichend „Luft“ – gegen seitliches Verrutschen fixieren.



**Abb. 5.9.1:** Diagonaler Lenkrechen bei MNW in Aufsicht. Zu erwartende Erosionstendenzen in rot angedeutet. *Empfehlenswerte Ergänzung:* inklinanter Totholz-Einbau stromab vom Stamm in einem Abstand von etwa 1–1,5 x Sohlbreite



**Abb. 5.9.2:** Diagonaler Lenkrechen, Querschnitt A–B; dargestellt ist nicht nur die Schnittebene AB sondern auch die an den Stamm angelehnten Rechenäste. Rote Pfeile markieren zu erwartende Erosionstendenzen. An ?-Pfeilen sollte nach Verlegung mit Treibgut keine Erosionstendenz mehr bestehen.

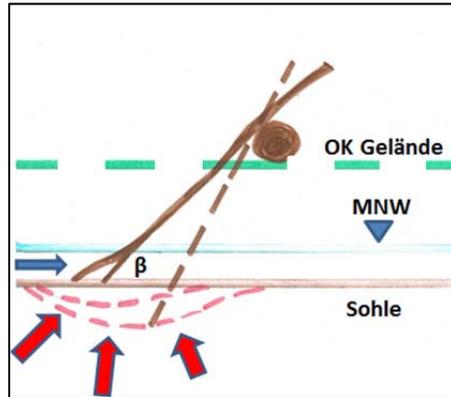


Abb. 5.9.3: Diagonaler Lenkrechen, Längsschnitt. Die Rechenäste etwa in  $\beta \approx 45^\circ$  zur Sohle einbauen, damit sie nach zu erwartenden Sohlerosionen (rot angedeutet) nicht gleich unter dem Stamm durchkippen

Variationsmöglichkeiten des o. g. Prinzips sind in Abb. 5.9.4 bis 5.9.7 dargestellt. Hierbei wird zusätzlich mit einem diagonalen Totholz im Fließquerschnitt gearbeitet. Dieses wird kurz oberhalb des Lagerstammes parallel zu diesem in die Sohle eingepasst und z. B. mit zwei starken Stammgabeln und dem Lagerstamm als Widerlager auf die Sohle gedrückt. Die Verbindung zwischen Lagerstamm und den darunter verkeilten Stammgabeln kann über eine grobe, mit Kettensäge herstellbare Zapfenverbindung oder ein aufgeschraubtes Bandedisen bzw. ein vernageltes Windrispenband etc. erfolgen.

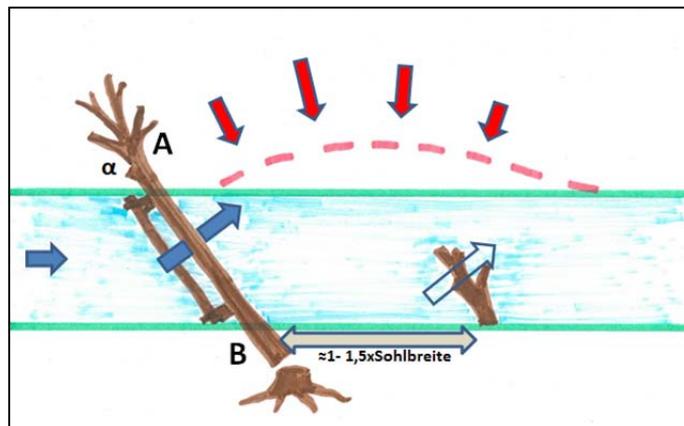


Abb. 5.9.4: Diagonaler Lenkrechen: Variation mit diagonalem Totholz im Fließquerschnitt bei MNW in Aufsicht – Grundstruktur ohne Rechenäste.

Je nach Randbedingungen und Stärke des in den Fließquerschnitt eingebauten Totholzes kann entweder nur mit dem Totholz im Fließquerschnitt gearbeitet werden (Abb. 5.9.4), oder es können seitlich zusätzlich Einengungen über Rechenäste erfolgen (Abb. 5.9.5). Im Regelfall kann davon ausgegangen werden, dass das Totholz im Fließquerschnitt sowohl über- als auch unterströmt werden wird (Abb. 5.9.6). Soll ganz ohne Rechenäste gearbeitet werden, sollte das in den Fließquerschnitt eingebaute Totholz in Anlehnung an M 5.8 dimensioniert werden. Bei Verwendung zusätzlicher Rechenäste kann das im Fließquerschnitt verbaute Totholz mehr oder minder schwächer gewählt werden. **Das im Fließquerschnitt verbaute diagonale Totholz verbessert die Lenkwirkung des Einbaues und erfordert weniger laterale Einengung des Fließquerschnittes über Rechenäste. Dies reduziert das Verkläusungsrisiko.**

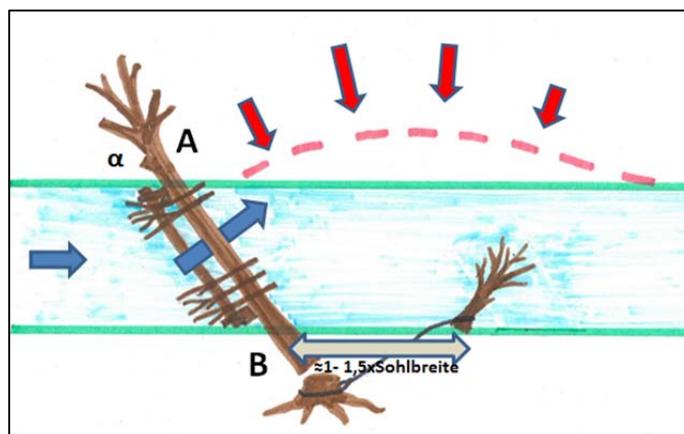


Abb. 5.9.5: Diagonaler Lenkrechen: Variation mit diagonalem Totholz im Fließquerschnitt und Einengung durch Rechenäste bei MNW in Aufsicht

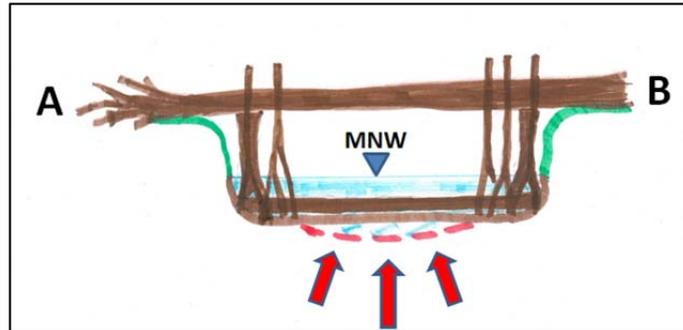


Abb. 5.9.6: Diagonaler Lenkrehen: Variation mit diagonalem Totholz im Fließquerschnitt und Einengung durch Rechenäste bei MNW: Schnitt AB

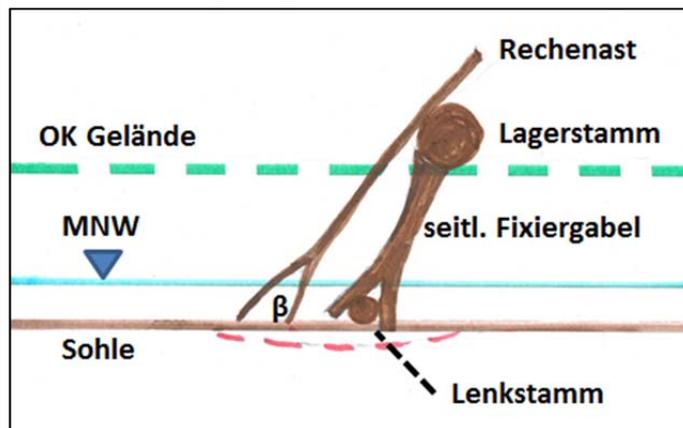


Abb. 5.9.7: Diagonaler Lenkrehen: Variation mit diagonalem Totholz im Fließquerschnitt und Einengung durch Rechenäste bei MNW: Längsschnitt durch seitl. Stammgabel zur Fixierung des diagonalen Stammes im Fließquerschnitt.

#### 5.9.5.3 Hinweise zur Baudurchführung

Im Prinzip gelten die gleichen Empfehlungen wie für den Einbau diagonalen Grundswellen (vgl. M 5.5, 5.5.5.3). Damit die Durchstromöffnung so dimensioniert werden kann, dass bei Basisabflüssen kein zu starker Rückstau erfolgt, aber die Einengung im Interesse möglichst starker hydromorphologischer Wirkungen optimiert werden kann, sollten die Rechenäste gleich nach dem Einbau ausreichend mit feinen Ästen, Laub oder Wasserpflanzen etc. belegt werden, um den o. g. Soll-Betriebszustand zu simulieren.

#### 5.9.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise

Als sinnvolle morphodynamisch wirksame Ergänzung ist analog zu M 5.5 der Einbau einer inklinanten Totholzstruktur oder Pfahlreihe auf der projektierten Gleithangseite B zu empfehlen (Abb. 5.9.1 und 5.9.4), um die stabile Entwicklung eines Gleithanges zu fördern. Der Abstand zum Auflager des Lagerstammes auf der projektierten Gleithangseite B sollte ca. die 1- bis 1,5fache Sohlbreite betragen.

Es wird davon ausgegangen, dass die durch die Einbauten bewirkten Erosionen und damit verbundene Freisetzungen von Feinstoffen etc. die Anlage eines Sandfanges im Regelfall nicht erfordern bzw. rechtfertigen (siehe M 5.5, 5.5.5). Solange es nicht zu relevanten Rückstauereffekten kommt, reduziert der Bautyp nicht das Geschiebetransportvermögen.

Die beschriebene Konstruktion lässt eine effektive Strömunglenkung und entsprechende morphodynamische Wirkungen erwarten. Die Wirkungen können jederzeit einfach und ohne schweres Gerät durch Hinzufügen oder Entfernen von Ästen (Verkleinern oder Vergrößern der freien Durchflussöffnung) modifiziert werden. Dieser Vorteil beinhaltet allerdings auch den Nachteil der einfachen, unautorisierten Modifizierbarkeit durch Dritte. Außerdem sind besonders in Gewässern mit starkem Totholz-/Treibgutanteil im Prinzip durchaus auch unerwünscht starke Effekte auf Wasserspiegel-Lagen und zu starke bettbildende Effekte unterhalb der Lenker denkbar – z. B. bei starker Verblockung der „freien“ Durchflussöffnung und hohen Abflüssen. Dadurch könnten bei hohen Abflüssen unterhalb der Lenker lokal übergroße Kolkstrukturen erodiert werden, die von Normalabflüssen nicht funktionierend freigehalten werden können und dann also wieder weitgehend versanden oder verschlammen. Eine solche zu hohe Wirksamkeit wäre also auch im Sinne der beabsichtigten Strukturverbesserung im Regelfall eher schädlich als nützlich. Ebenfalls im Sinne der Strukturverbesserung negativ wären längerfristige, erhebliche Rückstauereffekte oberhalb solcher Lenker. Man muss sich also darüber im Klaren sein, dass entsprechende Strukturen häufiger überprüft und ggf. entsprechend modifiziert werden müssen, als andere Bauformen. Mehrmalige jährliche Kontrollen werden nötig sein! Um eine ständige einfache Kontrollmöglichkeit für die Entstehung möglicher unerwünschter Rückstauereffekte zu haben, sollte die mittlere Sohlhöhe und der Normalwasserstand oberhalb jedes Lenkers vor dem Einbau durch Markierungen an einem Pfahl etwa 10 m oberhalb jedes Einbaues festgehalten werden.

Aus o. g. Gründen erscheint es nicht empfehlenswert, viele Einbauten dieses Types in kurzen Abständen hintereinander zu schalten. Der Bautyp eignet sich also wie auch M 5.8 eher als Ergänzung anderer Bautypen zur Strömunglenkung in weniger intensiv genutztem Umfeld – insbesondere dann, wenn andere Bautypen wegen fehlender Erreichbarkeit mit schwerem Baugerät nicht umsetzbar sind.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.9
	<p>Es ist grundsätzlich möglich, gegen o. g. Risiken der Entstehung zu starker Rückstaueffekte bei Hochwässern <b>passive Sicherheiten in Form von Sollbruchstellen</b> einzubauen, die im Regelfall allzu große Probleme verhüten sollten. Als Sollbruchstellen bieten sich sowohl Stärke als auch Länge der Rechenäste an. Wenn die Äste im Nahbereich zur Durchstromöffnung (oder ggf. auch alle Äste) aus ausreichend schwachem Holz bestehen, werden sie brechen, sobald sich höhere Wasserspiegeldifferenzen am Hindernis aufbauen, was somit begrenzt wäre. Den gleichen Effekt hätte (zumindest bei der Variante ohne den horizontalen Stamm im Fließquerschnitt) die Verwendung kürzerer Äste im Nahbereich der Durchstromöffnung (oder überall). Entstehen sehr hohe Wasserspiegeldifferenzen am Hindernis, wird die Sohlerosion am Fußpunkt der Äste entsprechend stark, die Distanz vom Lagerstamm zur Sohle vergrößert sich und die Äste kippen schließlich unter dem Stamm durch bzw. die oberen Enden rutschen unter dem Stamm durch. So können mögliche Probleme begrenzt oder verhindert werden – allerdings um den Preis dann nötiger Nacharbeiten (Einbau neuer Rechenäste). Da diese Nacharbeiten aber jederzeit einfach und kostengünstig möglich sind, erscheint dieser Nachteil hinnehmbar – besonders in Anbetracht der Vorteile, die beim Einsatz in Wäldern bestehen.</p> <p>Eine weitere Option für eine Sollbruchstelle, die auch dem Verlust von Rechenästen vorbeugen würde, besteht darin, das o. g. Gurtband zur Stabilisierung der Äste gegen zu starkes seitliches Verrutschen auch mit den Ästen zu vernageln/verschrauben. Dann könnten die Äste nicht vertikal nachrutschen, die Längenlimitierung bei Sohlerosion würde früher greifen, die Äste unter dem Stamm durchdrehen und mögliche Verblockungen freigeben. Das Band müsste dafür allerdings so positioniert werden, dass die nötige Kippbewegung der Äste möglich bleibt (also nicht am Kontaktpunkt von Ästen und Stamm sondern nach unten versetzt (Richtung oberstrom und relativ tief am Lagerstamm verlaufend).</p> <p>Mit diesem Lenker-Typ ist es grundsätzlich möglich, bei hohen Abflüssen wesentlich höhere Wirkungen zu entwickeln, als mit allen anderen Lenkern – allerdings um den Preis dann jeweils erhöhter Oberwasserstände und entsprechender Rückstaueffekte (womit oberhalb liegende Lenker zeitweise weitgehend ineffektiv würden). Außerdem kann natürlich zeitgleich jeweils stets nur an einzelnen Lenkern in größeren Abständen eine deutlich vergrößerte Wirksamkeit erzeugt werden. Diese Option kann ein Vorteil sein, insbesondere wenn deutliche laterale Entwicklungen bei sehr erosionsstabilem Ufermaterial erreicht werden sollen. Entsprechende Entwicklungen müssen allerdings auch ausreichend engmaschig überwacht und begleitet werden, sonst können auch nachteilige Wirkungen auftreten (s. o.).</p>
<b>5.9.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b>	<p>Im Regelfall dürfte der Maßnahmentyp bei geeigneten Randbedingungen und ausreichend intensiver Begleitung/Kontrolle eine sehr gute Wirksamkeit erreichen. Bei günstigen Bedingungen (z. B. vorhandener Flächenverfügbarkeit bzw. Einverständnis des Eigentümers, Vorhandensein geeigneter Bäume am Gewässer) kann der Maßnahmentyp sehr effektiv und kostengünstig in der Anlage sein. Den geringen Anlagekosten steht allerdings ein erhöhter Beobachtungs- und Betreuungsaufwand gegenüber. Je nach den örtlichen Randbedingungen (z. B. Nutzungsintensität, Treibgutaufkommen) und in Abhängigkeit der Frage, wie die nötige Betreuung organisiert werden kann, werden hierfür weitere Kosten anfallen.</p>
<b>5.9.7 Hinweise zur Unterhaltung</b>	<p>Siehe auch Ausführungen unter M 5.5.</p> <p>Der Funktionszustand der Einbauten muss mehrmals jährlich geprüft werden. Sollten an einzelnen Einbauten relevante Rückstaueffekte, zu geringe Einengung des Durchstromquerschnittes (z. B. nach lokaler Sohlerosion), abgängige Rechenäste oder Tendenzen zu Umläufigkeit festgestellt werden, sind entsprechende Korrekturen an den Ästen vorzunehmen. Stärkere Verklausungen des freien Durchstromquerschnittes müssen entfernt werden.</p>
<b>5.9.8 Maßnahmenbeispiele</b>	
<b>5.9.9 Literatur</b>	

<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.10</b></p> <p><b>Einbau von Strömungslenkern über Teilquerschnitte als inklinante (stromauf ausgerichtete) Lenker/Buhnen – Baumaterial optional Totholz oder mineralische Festsubstrate</b></p>
<p><b>5.10.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp ist im Prinzip für nahezu alle Gewässertypen geeignet – insbesondere in den Landschaftsräumen der Geest, der Börden und des Berg- und Hügellandes.</p>
<p><b>5.10.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt. Der Einbautyp ist geeignet, um Kolkstrukturen und unterspülte Ufer zu erzeugen und die Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianz lokal zu verbessern.</p> <p>Eine besonders gute Eignung erscheint auch dafür gegeben, bei starker lateraler Überdimensionierung im Zuge von Maßnahmen der Gruppe 2 (Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung) ein verkleinertes Niedrigwasserprofil mit leicht gewundenem Verlauf in einem bestehenden Überprofil zu entwickeln.</p> <p>Um Tiefenerosionen zu stoppen, sind die Einbauten nicht geeignet.</p>
<p><b>5.10.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Die Wirksamkeit dieses Einbautyps zur Förderung erosiver, lateraler Entwicklungen wird (abhängig von der Dimensionierung) im Regelfall deutlich geringer sein, als die von Strömungslenkern, die sich über den gesamten Fließquerschnitt erstrecken (M 5.5 bis M 5.9). Eine laterale (lokale) Flächenverfügbarkeit von etwa einfacher bis allenfalls doppelter Sohlbreite dürfte daher in aller Regel ausreichend sein. Bei starker lateraler Überdimensionierung kann die Entwicklung eines verkleinerten, etwas gewundenen Verlaufes vermutlich meistens nahezu ganz auf das vorhandene Profil beschränkt werden.</p> <p>Relevante Wirkungen auf Wasserspiegellagen sind bei geeignetem Einbau nicht zu erwarten – es sei denn, es käme zu starken Verblockungen durch Treibholz etc.</p> <p>In ausgeprägten, tiefen Staustrecken ist der Ansatz nicht sinnvoll bzw. kosteneffektiv einsetzbar.</p>
<p><b>5.10.4 Ziele</b></p>	<p><b>Primärziel</b> ist die Entwicklung einer Kolkstruktur vor dem Kopf und unterhalb des Einbaues mit entsprechenden Strömungs- und Substratvarianzen, unterspülten Prallhang-Uferstrukturen und der Entwicklung lokaler Sedimentationen gegenüber vom Prallhang.</p> <p>Im Rahmen des Einsatzes bei Maßnahmen der Gruppe 2 in lateral (stark) überdimensionierten Gewässern ist Ziel die Einstellung eines gewundenen Fließverhaltens (zumindest für geringe Abflüsse) unter Beibehaltung der Wasserspiegellagen.</p>
<p><b>5.10.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b></p>	<p><b><u>5.10.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Für die Konstruktion aus Totholz sollte möglichst ein starker, frisch geschlagener Laubholzstamm hoher Rohdichte verwendet werden, dessen Durchmesser etwa der Wassertiefe bei MNW entsprechen sollte. Können die Stämme teilweise in die Sohle eingelassen werden, sind größere Querschnitte zu bevorzugen, da damit das Risiko einer sich entwickelnden Unterläufigkeit reduziert werden kann. Die erforderliche Fixierung der Stämme ist abhängig von den Randbedingungen – insbesondere der Festigkeit des Sohlmaterials und den hydraulischen Belastungen zu wählen (siehe hierzu M 5.3: Einbau von Totholz zur allgemeinen Strukturverbesserung).</p> <p>Für Konstruktionen aus mineralischen Hartsubstraten gelten die Ausführungen unter M 5.5 zur Konstruktion diagonalen Grundschrägen aus mineralischem Hartsubstrat.</p> <p><b><u>5.10.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> <p>Um eine möglichst wirksame Strömungslenkung auf den projektierten Prallhang bei Überströmung der Struktur zu erreichen, wird ein <b>Einbauwinkel <math>\alpha</math></b> zur Längsachse des Gewässers von etwa 50–60° vorgeschlagen (vgl. Abb. 5.10.2).</p> <p>Bei <b>Verwendung von Totholz</b> kann die Struktur aus einem starken, Richtung Ufer leicht ansteigenden „horizontal“ eingebauten Stamm bestehen, was ein relativ naturnahes Bild und eine effektive Wirkung ermöglicht, oder aus einer auf Lücke gesetzten Pfahlreihe, was einen eher technischen Eindruck erzeugt und wegen der dabei meist geringeren Querschnittseinengung (besonders bei unvollständiger Belegung mit Treibgut) oft weniger wirksam ist. In größeren Gewässern können grundsätzlich auch ganze Bäume mit Kronenholz eingesetzt werden. Wird die Stammbasis auf dem Ufer fixiert, entstehen noch etwas komplexere Strömungsmuster von Unter-, Über- und Umströmungen mit abflussabhängig wechselnden Anteilen (Abb. 5.10.1).</p> <p>Wird ein Stamm verwendet, kann dieser optional ins Ufer eingebunden werden (Abb. 5.10.1). Bei leicht erodierbaren Untergründen ist eine Fixierung über einige seitlich eingedrückte Pfähle im Uferbereich stromab des Stammes zu empfehlen, um Risiken für Umläufigkeit oder Sohlerosionen im Uferbereich zu reduzieren (besonders bei Verzicht auf die Einbindung ins Ufer). Der in Richtung des projektierten Prallhanges weisende, freie Kopf des Stammes kann z. B. über Pfähle mit Kettenverbindung bzw. Kokosseilen oder einen starken „Moniereisen-Hering“ in der richtigen Position fixiert werden (vgl. M 5.3). Die Höhe der seitlichen Pfahlköpfe sollte Richtung Ufer ansteigen und im direkten Uferbereich möglichst über den MW-Spiegel ragen – sofern dies ohne relevante Rückstauereffekte möglich ist (hydraulische Berechnung erforderlich).</p> <p>Bei einer <b>Konstruktion aus mineralischem Hartsubstrat</b> (Abb. 5.10.15 bis 5.10.18) ist die in Abb. 5.10.2 und 5.10.3 dargestellte Totholzstruktur über eine entsprechende Schüttung anzunähern (wobei der Lenker dann im Uferbereich nicht nur höher, sondern auch etwas nach ober- und unterstrom verbreitert eingebaut wird). Eine sehr interessante Option stellen auch <b>kombinierte Bauweisen</b> dar, z. B. der Einbau starker Totholzstämmen, die mit Kies angeschüttet werden, um eine spätere Unterspülung zu vermeiden.</p>

Da die Lenkwirkung nur bei Überströmung eintritt, sollte die Struktur in der Regel bei allen Abflüssen wenigstens teilweise überströmt sein (bei MNW wenigstens im Bereich des Bühnenkopfes bis ca. 1/3 der Bühnenlänge). Für den Einsatz zur Strukturverbesserung bei starker lateraler Überdimensionierung sollte die Überströmung allerdings erst etwa ab MNQ beginnen.

Sowohl der laterale als auch der vertikale Verbauungsgrad des Profils durch den Lenker sind grundsätzlich variabel gestaltbar. Um eine gute morphologische Wirkung zu erzielen, sollte die Struktur sich über mindestens ca. 2/3 der Sohlbreite erstrecken und dabei im Kopfbereich mindestens etwa 2/3 der Wassertiefe bei MNW verbauen, und dann seitlich so weit ansteigen, wie dies ohne die Produktion von relevanten Rückstauereffekten möglich ist (Abb. 5.10.3). Ein relevantes Risiko, dauerhafte Rückstauereffekte durch eine ggf. zu starke Einengung zu erzeugen, besteht zumindest bei gut erodierbaren Ufer- bzw. Böschungsmaterialien kaum, da sich das eingeeengte Profil durch Erosionsvorgänge an Sohle und Ufer relativ schnell wieder bis zu einem Gleichgewichtszustand anpassen wird.

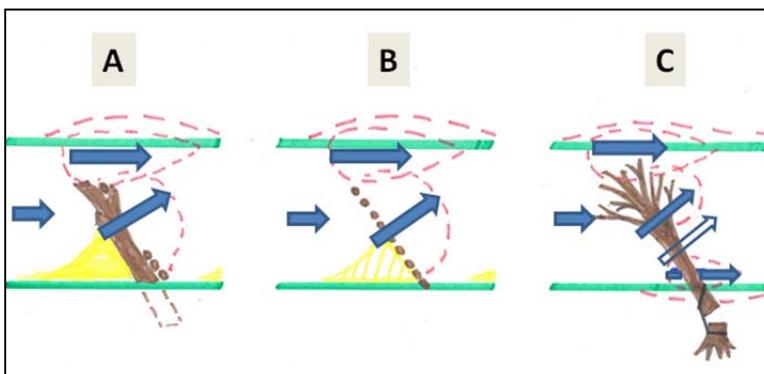


Abb. 5.10.1: Inklinante Tothölzer über Teilquerschnitte bei MNW in Aufsicht. Horizontaler Einbau starker Stämme (A), Einbau auf Lücke gesetzter Pfahlreihen (B) oder ganzer, auf dem Ufer fixierter Bäume (C). Blau: Strömungspfeile, rot gestrichelt angedeutet: Erosionszonen, gelb: zu erwartende Sedimentationszonen.

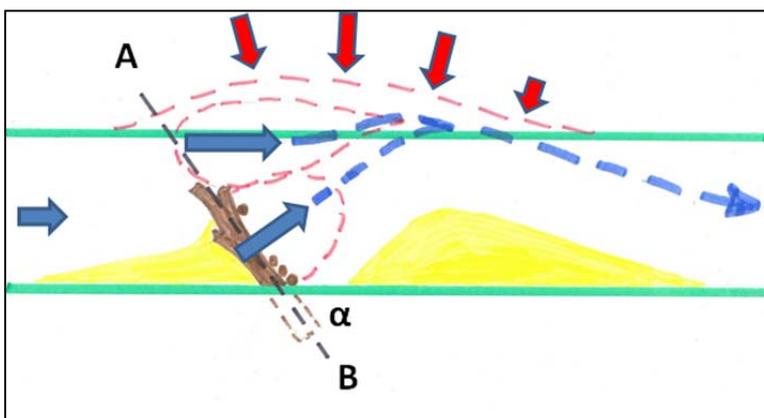


Abb. 5.10.2: Inklinantes Totholz über Teilquerschnitt in Aufsicht: Strömungspfeile blau, zu erwartende Erosionszonen rot und Sedimentationszonen gelb dargestellt.

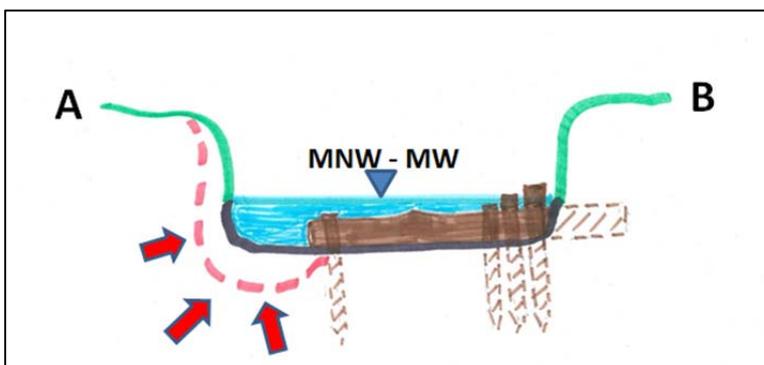


Abb. 5.10.3: Inklinantes Totholz über Teilquerschnitt, „Querschnitt A-B“: tatsächlich dargestellt ist nicht nur die Schnittebene AB, sondern auch die lateralen Pfähle stromab des Stammes zwecks Fixierung und Erosionssicherung gegen laterale Erosionsrisiken.

**5.10.5.3 Hinweise zur Baudurchführung**

Im Prinzip gelten die gleichen Empfehlungen wie für den Einbau diagonalen Grundschwellen (vgl. M 5.5, 5.5.5.3). Bei gut erodierbaren Untergründen ist das Risiko für die Produktion unerwünschter Rückstauereffekte gering, da sich der nötige Fließquerschnitt durch eigendynamische, erosive Anpassungsvorgänge relativ schnell wieder einstellen wird. Unter entsprechenden Randbedingungen können die Lenker also etwas großzügiger dimensioniert werden.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.10
	<p><b>5.10.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise</b></p> <p>Die <b>hydromorphologische Funktionsweise der Einbauten</b> kann grob wie folgt beschrieben werden. Der Einbau bewirkt eine Einengung des Fließquerschnittes und damit eine Strömungsbeschleunigung. Vor dem freien Kopf des Einbaues entsteht nur eine Beschleunigung und keine nennenswerte Ablenkung. Solange der Lenker nicht wenigstens teilweise überströmt wird, kommt es also nicht zu einer nennenswerten Ablenkung der Strömung. Der über den Lenker fließende Abflussanteil wird beschleunigt und abgelenkt. Die Ablenkung erfolgt annähernd senkrecht zum Lenker – in Abb. 5.10.2 also auf das linke Ufer. Vor diesem vereinigen sich die beiden beschleunigten Strömungen und es resultiert eine beschleunigte, auf das linke Ufer gerichtete Strömung, die einen Prallhang induziert. Als Ergebnis resultieren sich überlagernde Kolkbildungen vor dem freien Kopf des Lenkers sowie direkt unterhalb des Einbaues (besonders in häufig überströmten Bereichen) und schließlich entlang des sich bildenden Prallhanges (Abb. 5.10.2). Als Folge dieser Entwicklung vergrößert sich der durch den Einbau zunächst eingeengte Fließquerschnitt wieder etwas, wodurch die Fließgeschwindigkeiten am Einbau wieder etwas absinken und die Entwicklung schließlich weitgehend zum Stillstand kommt. Sofern im Sohl- und/oder Uferbereich erodierbares Material vorliegt, dürfte sich der Fließquerschnitt also immer wieder so anpassen, dass kein relevanter Rückstau nach oberhalb entsteht.</p> <p>In den in Abb. 5.10.2 gelb unterlegten Zonen sind tendenziell Sedimentationen zu erwarten. Analog zu M 5.5 – M 5.9 kann es sinnvoll sein, diese Sedimentationen durch eine zusätzliche, kleinere und ebenfalls inklinant eingebaute Totholzstruktur zu unterstützen.</p> <p>Ob sich diese Sedimentationen zu Verlandungsbereichen entwickeln können, ist sehr stark abhängig von der Wirkung sich in den Sedimentationszonen ggf. ansiedelnder Vegetation und der Gewässerunterhaltung. Vor allem vertikale Vegetationsstrukturen wie Sumpfpflanzen und insbesondere Röhrichte bewirken eine starke Verbesserung der Sedimentationsbedingungen und sind zur Fixierung der Ablagerungen gegen Remobilisierung bei Hochwässern in der Regel zwingend erforderlich. Eine zunächst allenfalls geringe Beschattung fördert daher die Entstehung stabiler Anlandungen. Dies ist besonders für eigendynamische Entwicklungen mit Profilreduktion bei starker lateraler Überdimensionierung von großer Bedeutung. Wenn die gewünschte Profilentwicklung weitgehend abgeschlossen ist, ist der Aufbau beidseitiger gewässertypischer Gehölzsäume zu empfehlen.</p> <p>Es ist zu davon auszugehen, dass sich die zu erwartenden Erosionen und Sedimentationen durch die Einbauten in etwa ausgleichen werden. Gegenüber den ohnehin häufig stark überhöhten Feststofffrachten der meisten ausgebauten Gewässer des Flachlandes dürften die aufgrund der Einbauten zeitweise zusätzlich erodierten Materialmengen meistens zu vernachlässigen sein. Es erscheint daher nicht sinnvoll, etwa einen (temporären) Sandfang unterhalb entsprechender Entwicklungsstrecken anzulegen. Im Mittelgebirge herrscht oftmals genereller Sedimentmangel in Folge befestigter Ufer, so dass auch hier Sedimentfänge im Regelfall nicht sinnvoll wären.</p> <p><b>Werden inklinante Lenker</b> so eingebaut, dass sie <b>nur sehr selten oder gar nicht überströmt</b> werden, beschränkt sich die Wirkung weitestgehend oder vollständig auf die Effekte vor dem Bühnenkopf. Die erwünschte Ablenkung der Strömung auf den projektierten Prallhang sowie die damit verbundenen hydromorphologischen Wirkungen entfallen mehr oder minder weitgehend. In diesem Fall <b>wirkt die Struktur im Grunde genommen nur über die Querschnittseinengung und die Ausrichtung zu Hauptströmung (inklinant, deklinant oder rechtwinklig) wird weitgehend irrelevant.</b></p>
<p><b>5.10.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Eine sehr gute Eignung dieser Einbauten erscheint auch für Profilreduktionen bei starker lateraler Überdimensionierung mit Entwicklung eines geschwungenen Verlaufes im Rahmen von Maßnahmen der Gruppe 2 gegeben – besonders, wenn diese Entwicklung weitestgehend auf das vorhandene Überprofil begrenzt werden soll.</p> <p>Außerdem sind Einbauten dieses Typs sehr geeignet, um in geraden, strukturarmen Strecken mehr lokale Strukturvarianzen zu erzielen (Verbesserung von Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianz mit Kolk- und Prallhangstrukturen sowie Sedimentationszonen).</p> <p>Eine andere Einsatzmöglichkeit besteht darin, lokal Uferzonen z. B. von überhöhtem Strömungsdruck zu entlasten (z. B. zwecks Erhalt zu stark erosionsbelasteter Alt-Ufergehölze bei Tiefenerosion).</p> <p>Für die Induktion deutlicher lateraler Entwicklungen erscheint der Einbautyp dagegen weniger geeignet. Gründe sind vor allem, dass die Lenkwirkung auf den projektierten Prallhang durch den zunächst geradeaus fließenden Abflussanteil vor dem Kopf der Struktur deutlich gedämpft wird und außerdem die erosiven Wirkungen des Einbaues sich wieder merklich relativieren, sobald es gegenüber dem freien Kopf zu deutlichen Erosionen gekommen ist. Dann wird sich die Strömungsbeschleunigung durch die ursprüngliche Einengung bei Normalabflüssen durch das nun vergrößerte Durchflussprofil wieder deutlich reduzieren (Abb. 5.10.2). Außerdem wird dann der nicht abgelenkte Abflussanteil zu Lasten des durch Überströmung des Totholzes abgelenkten Anteils zunehmen, was wiederum die Lenkwirkung reduziert. Sollen deutliche laterale Entwicklungen erreicht werden, wären Einbauten über die ganze Sohlbreite nach M 5.5 bis M5.9 zu bevorzugen.</p>
<p><b>5.10.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Die erwünschten morphologischen Entwicklungen sind nur erreichbar, wenn sie durch die Unterhaltung sinnvoll unterstützt oder zumindest nicht behindert werden und die Einbauten bei der Unterhaltung nicht beschädigt werden. In diesem Sinne sollten Mahd und/oder Sedimententnahmen in projektierten Sedimentationsbereichen (gelbe Zonen in Abb. 5.10.2) komplett unterbleiben, um hier den stabilen Aufbau terrestrischer Anlandungen zu ermöglichen. Falls zunächst auf ganzer Sohlbreite eine starke Wasserpflanzenentwicklung mit deutlichem Krautstau vorhanden sein sollte, sollte entlang der erwünschten Hauptströmung eine Stromstrichmahd durchgeführt werden – möglichst bevor sich ein massiver Krautstau entwickelt.</p> <p>Hat sich schließlich das gewünschte Profil entwickelt, sollten beidseitige, standorttypische Gehölze aufgebaut werden.</p> <p>Beim Einsatz ganzer Bäume mit Kronenstrukturen ist wegen der Verklauungsgefahr durch eintreibendes Driftholz etc. eine ausreichende Überwachung ggf. mit Durchführung von Umlagerungen erforderlich, um unerwünschte Auswirkungen für Anlieger bzw. ökologisch unerwünschte Rückstauereffekte zu vermeiden.</p>

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.10****Altonaer Mühlbach**

Abb. 5.10.5–5.10.8 dokumentieren Einbaubeispiele aus einer lateral mäßig bis deutlich überdimensionierten Strecke des Altonaer Mühlbaches (Typ 16). Ausgangszustand war eine fast strukturfreie, reine Treibsandsohle mit sehr starkem Sandtrieb und Einheitswassertiefen um 0,2 m (Abb. 5.10.4). Die Sohle im direkten Maßnahmenbereich dürfte dabei geogen bedingt auch im unbeeinträchtigten Zustand vorwiegend sandig sein. Die anderen Aufnahmen zeigen Einbaubeispiele inklinanter Stämme (Lage rot punktiert) knapp 4 Monate nach Einbau. Die Wassersternpolster indizieren sehr gut die Wirkung der Stämme auf Lenkung und Stärke der Strömung. Die Strömung wird wie erwünscht effektiv abgelenkt sowie in Teilen des Querschnitts konzentriert, in anderen reduziert. Es bildete sich ein deutlich vertiefter Stromstrich mit Maximaltiefen von ca. 0,6 bis 0,8 m in Pralluferzonen. An Prallufer wurde z. T. auch Kies freigespült. Auf der Einbauseite der Stämme bilden sich Ruhigwasserzonen mit sandigen, z. T. schlammigen Ablagerungen. Tiefen-, Strömungs- und Substratvarianz sind stark verbessert. Bislang ist die Entwicklung somit sehr positiv. Da stärkere Stämme verwendet wurden, die etwas in die Sohle eingebunden werden konnten und z. T. auch zur Vermeidung von Unterspülungen mit Kies angeschüttet wurden, dürfte von einer weiterhin positiven Entwicklung ausgegangen werden können.

**5.10.8 Maßnahmenbeispiele**

**Abb. 5.10.4–5.10.8:** Ausgangszustand sowie Einbauten inklinanter Totholzstämme (Lage rot punktiert), z. T. m. Kiesanschüttung (Fotos: P. Suhrhoff, 07.2016 (Ausgangszustand) bzw. 11.2017)

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.10****Altonaer Mühlbach bei sehr starker lateraler Überdimensionierung**

Die Abb. 5.10.10–5.10.13 zeigen Einbaubeispiele aus einer lateral sehr stark überdimensionierten Strecke des Altonaer Mühlbaches. Abb. 5.10.9 zeigt den Vorzustand mit einer reinen, nur sehr flach überströmten Treibsandsohle ohne nennenswerte Strukturvarianzen. Ziel ist die Entwicklung eines leicht gewundenen Verlaufes mit deutlich verkleinertem Profil im vorhandenen, stark überdimensionierten Bett. Als Einbaumaterial standen hier nur relativ schwache Hölzer zur Verfügung, die daher nicht in die Sohle eingebunden werden konnten und auch für eine ausreichende Querschnittseinengung recht knapp bemessen waren. Anschüttungen mit Kies, die die mit den geringen verfügbaren Stammstärken verbundenen Einschränkungen und Risiken hätten kompensieren können, waren hier wegen Transportproblemen nicht möglich. Wie die Bilder zeigen, wurden jeweils zwei kombinierte Stämme eingebaut. Wie diese Anordnung zu bewerten ist, ist noch nicht eindeutig klar. Bei Überströmung teilt sich der Gefälleabbau auf 2 Stämme auf, wobei der zweite Stamm die am ersten Stamm erfolgte Beschleunigung der Strömung wieder abbremsen dürfte. Dies lässt zunächst einmal eher eine Reduktion der Wirkung gegenüber einem (stärkeren) Stamm erwarten. Andererseits scheint der zweite Stamm das Risiko einer Unterspülung des ersten Stammes zu reduzieren. Dieser Effekt würde die erwünschte Wirkung also unterstützen, da eine stärkere Unterspülung eine Reduktion der zunächst durch den Einbau erzeugten Querschnittseinengung und damit der beabsichtigten hydromorphologischen Wirkung bedeuten würde. Wenn nur eher schwache Stammquerschnitte verfügbar sind und eine Anschüttung mit Kies zur Unterbindung einer Unterspülung nicht realisierbar ist, könnte die Kombination zweier Stämme somit in Bilanz durchaus vorteilhaft sein. Diese Frage sollte weiter untersucht werden. Wie Abb. 5.10.10–5.10.13 zeigen, ist ca. 6 Monate nach Einbau bereits eine deutliche Entwicklung in die gewünschte Richtung erkennbar. Es entwickelt sich ein tiefter, gewundener Stromstrich. An Prallufem wurde z. T. sogar Kies freigespült (z. B. dunkle Zone vor den Stammköpfen in Abb. 5.10.11). Auf der Einbauseite der Stämme entwickeln sich deutliche Sedimentations- und Anlandungszonen. Ob die o. g. Zielsetzung langfristig tatsächlich erreicht werden kann, bleibt abzuwarten. Die wegen der geringen Stammquerschnitte und der fehlenden Kiesanschüttung erhöhten Risiken für Unterspülungen erhöhen zwangsläufig die Gefahr, dass sich die zunächst erzielten Effekte bei hohen Abflüssen stark wieder relativieren (Remobilisierung von Ablagerungen an projektierten Gleitufem, Einschränkung der Wirksamkeit der Einbauten bei stärkeren Unterspülungen der Stämme etc.).

**Abb. 5.10.9** Vorzustand (Foto: P. Suhrhoff, 07.2016)**Abb. 5.10.10–5.10.13:** Einbauten je zweier inklinanter Totholzstämme (Fotos: P. Suhrhoff, 11.2017)

**Maßnahmengruppe 5****Maßnahme 5.10****Einbauten inklinanter Steinbuhnen in der Oker**

Dieses Beispiel zeigt zwei aufeinander folgende, inklinante Steinbuhnen, die 2015 in die Oker bei Hillerse eingebaut wurden. Die Buhnen wurden aus Feldsteinen (bis ca. 0,3 m Durchmesser) auf einer Filterschicht aus Kies in einem Winkel von ca. 60° gegen die Fließrichtung eingebaut. Sie erstrecken sich über die halbe Sohlbreite und sind bei Niedrigwasser knapp überströmt. Der Abstand der beiden Buhnen betrug das 1,5fache des lateralen Verbauungsgrades der Buhnen (je halbe Sohlbreite, s. o.). Im Vorzustand (Abb. 5.10.14, links) war das Strömungsbild und damit auch die Gewässerstruktur recht monoton. Die lokale Strömungs- und Strukturvarianz konnte durch die Maßnahme deutlich verbessert werden. Im Bereich der beschleunigten Strömung (Prallhangzone) wurde die sandige Sohle erodiert und Kies freigespült. Im Buhnenbereich bildeten sich Flachzonen mit stabilen sandigen Ablagerungen.



**Abb. 5.10.14–5.10.16:** Vorzustand und Wirkung zweier Einbauten inklinanter Steinbuhnen in die Oker bei Hillerse (Fotos: R. Moews, 2015)

**Einbauten inklinanter Kiesbuhnen in der Seeve**

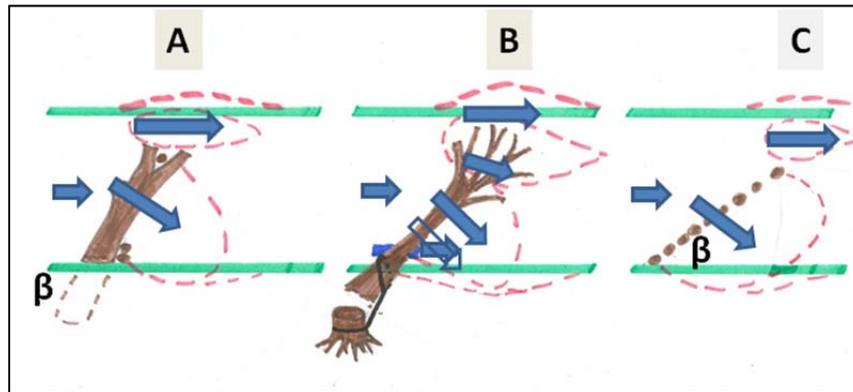
Die Aufnahmen zeigen **leicht inklinante Lenkbuhnen aus Kies**, die in die Seeve eingebaut wurden, u. a. um durch Erosion gefährdete Alt-Ufergehölze von zu hohem Strömungsangriff zu entlasten. Der laterale Verbauungsgrad durch die Lenkbuhnen wurde hier kleiner gewählt, als unter 5.10.5.2 vorgeschlagen. Dies ist dadurch begründet, dass die Zielstellung hier primär eine Entlastung des rechten Ufers von zu hohem Erosionsangriff war und nicht die Entwicklung einer ausgeprägten Kolk-/Prallhangstruktur am linken Ufer. Der Einbautyp leitet somit zu M 5.12 über.



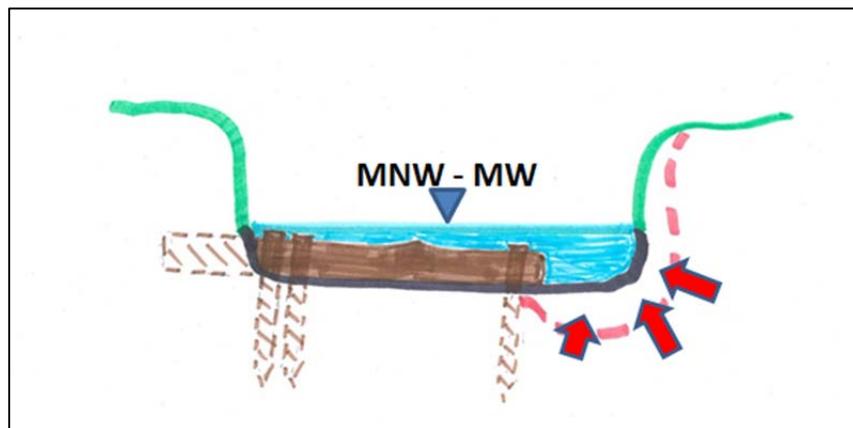
**Abb. 5.10.17 und 5.10.18:** Leicht inklinant eingebaute Lenkbuhnen aus Kies in der Seeve (Fotos: P. Suhrhoff, 04.2016)

**5.10.9 Literatur**

<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.11</b> <b>Einbau von Strömungslenkern über Teilquerschnitte als deklinante (stromab ausgerichtete) Lenker/Buhnen – Baumaterial optional Totholz oder mineralische Festsubstrate</b>
<b>5.11.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Der Maßnahmentyp ist im Prinzip in nahezu allen Fließgewässertypen einsetzbar
<b>5.11.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt. Das Prinzip erscheint vor allem geeignet, um in eingetieften, zu engen und zur Tiefenerosion neigenden Strecken, Tendenzen zur Tiefenerosion abzumildern und vielfältigere Strukturen zu induzieren. Die Eignung zur Entwicklung von Strukturverbesserungen in Überprofilen hingegen ist eher kritisch zu sehen. Ein Einsatz in Staustrecken erscheint wie auch bei anderen Totholzstrukturen im Regelfall nicht sinnvoll.
<b>5.11.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	Die Wirksamkeit dieses Einbautyps zur Entwicklung erosiver, lateraler Entwicklungen wird im Regelfall nicht so stark sein, wie die der Einbauten nach M 5.5 bis M 5.9. Eine (lokale) laterale Flächenverfügbarkeit von etwa einfacher Sohlbreite bzw. das Einverständnis des Eigentümers mit entsprechenden lokalen Entwicklungen dürfte daher ausreichend sein. Relevante Auswirkungen auf Wasserspiegellagen sind bei geeignetem Einbau nicht zu erwarten – es sei denn, es käme zu starken Verblockungen durch Treibholz etc.
<b>5.11.4 Ziele</b>	<b>Hauptziel</b> ist die Induktion lateraler Erosionen direkt unterhalb der Einbauten am Ufer der Einbauseite zwecks Entwicklung lokaler, einseitiger Aufweitungen, eventuell bis hin zu Stromspaltungen mit Inselbildung. Bei Tiefenerosion ist zusätzlich Ziel, das bestehende Geschiebedefizit durch verstärkte Erschließung lateraler Geschiebequellen (zeitweise) abzuschwächen.
<b>5.11.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>5.11.5.1 Materialauswahl</u></b></p> Für die Konstruktion aus Totholz sollte möglichst ein starker, frisch geschlagener Laubholzstamm hoher Rohdichte verwendet werden, dessen Durchmesser etwa $\geq 2/3$ der Wassertiefe bei MNW entsprechen sollte. Können die Stämme teilweise in die Sohle eingelassen werden, sind größere Querschnitte zu bevorzugen. Die erforderliche Fixierung der Stämme ist abhängig von den Randbedingungen – insbesondere von der Festigkeit des Sohlmaterials und den hydraulischen Belastungen zu wählen (siehe hierzu M 5.3: Einbau von Totholz zur allgemeinen Strukturverbesserung). Für Konstruktionen aus mineralischen Hartsubstraten gelten die Ausführungen zur Materialauswahl unter M 5.5 (Konstruktion diagonaler Grundswellen aus mineralischem Hartsubstrat). <p><b><u>5.11.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> Deklinante Strömungslenker können grundsätzlich in einer Vielzahl von Formen und Einbauarten realisiert werden. Bei der Verwendung von Totholz kann der Lenker sowohl aus einem stärkeren, kompakten Stamm, einer Pfahlreihe oder bei ausreichend großen Gewässern aus einem ganzen Baum mit Krone etc. bestehen (Abb. 5.11.1). Da die erosive laterale Wirkung der Lenker auf der Einbauseite nur bei Überströmung entsteht, sollte der Einbau so erfolgen, dass eine (weitgehende) Überströmung möglichst über das gesamte Abflussspektrum sichergestellt ist (Abb. 5.11.2). Grundsätzlich variabel ist die Ausdehnung der Struktur über den Fließquerschnitt und die horizontale Ausrichtung. Für eine gute erosive Wirkung auf das Ufer unterhalb des Einbaues sollte der <b>Einbauwinkel (<math>\beta</math>)</b> , den die Struktur stromab mit dem Ufer bildet, etwa 35 bis 60° betragen (vgl. Abb. 5.11.1). Die besten Wirkungen sind vermutlich im Bereich von 40 bis 50° zu erwarten. Wenn eine möglichst starke Wirkung ohne relevante Beeinflussung der Wasserspiegellagen erreicht werden soll, sollte sich die Totholzstruktur über einen möglichst großen Bereich des Querschnittes erstrecken und die Stärke des Totholzes sollte so gewählt werden, dass es mindestens 50 % bis etwa 2/3 des MNW-Querschnittes verbaut. Solange sich die Totholzstruktur nicht mit direktem Sohlanschluss über die gesamte Sohlbreite erstreckt (was zu den diagonalen Sohl-Schwellen überleiten würde), werden nach Einbau im Sohl- und Uferbereich nicht verbauter Querschnittsteile (vor dem Kopf der Buhnen-Struktur), sowie in Zonen, wo der Stamm ggf. keinen Sohlanschluss hat, Erosionen auftreten. Hierdurch erhöht sich die Strukturvielfalt am Einbau. Die erosive Wirkung auf das Ufer direkt stromab des Stammes wird sich durch die Querschnittserweiterung und die damit verbundene Reduktion von Menge und Fließgeschwindigkeiten des abgelenkten Abflussanteils dann allerdings wieder reduzieren. Es ist zu berücksichtigen, dass sich insbesondere beim Einsatz ganzer Bäume mit Kronenstrukturen weitere Verklausungen aufbauen können, die dann ggf. erhebliche Auswirkungen auf Wasserspiegellagen haben können.



**Abb. 5.11.1:** Deklinante Tothölzer bei MNW/MW in Aufsicht. Einbau starker, überströmter Stämme (A), oder in größeren Gewässern ggf. ganzer Bäume samt Kronenholz (B, hier auf dem Ufer angeseilt, also teils über-, teils unterströmt), bzw. als auf Lücke gesetzter Pfahlreihe (C). Blaue Pfeile geben Stärke und Richtung der Fließgeschwindigkeiten an, rot gestrichelt angedeutet: Erosionszonen.



**Abb. 5.11.2:** Deklinantes, überströmtes Tothholz „Querschnitt“: in der Schnittebene zu erwartende Erosionsbereiche vor dem Buhnenkopf sind rot gestrichelt. Unterhalb der Schnittebene zu erwartende Erosionszonen auf der Einbauseite (s. Abb. 5.11.1) sind hier nicht angedeutet.

Analog zu den inklinanten Lenkern über Teilquerschnitte (M 5.10) können die Lenker nach M 5.11 auch aus mineralischen Hartsubstraten konstruiert werden. Hierfür sind die in Abb. 5.11.1 A und 5.11.2 dargestellten Verbauungsprinzipien über geeignete mineralische Hartsubstratschüttungen anzunähern.

#### **5.11.5.3 Hinweise zur Baudurchführung**

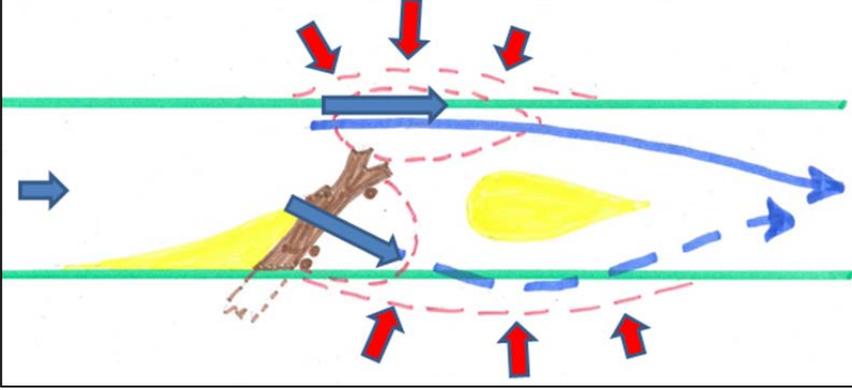
Im Prinzip gelten die gleichen Empfehlungen wie für den Einbau diagonalen Grundschwellen (vgl. M 5.5, 5.5.5.3). Bei gut erodierbaren Untergründen ist das Risiko für die Produktion unerwünschter Rückstauereffekte gering, da sich der nötige Fließquerschnitt durch eigendynamische, erosive Anpassungsvorgänge relativ schnell wieder einstellen wird. Unter entsprechenden Randbedingungen können die Lenker also etwas großzügiger dimensioniert werden.

#### **5.11.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise**

Die **hydromorphologische Funktionsweise der Einbauten** kann grob wie folgt beschrieben werden. Durch die Profil-Einengung vor dem freien Kopf des Einbaues kommt es analog zu M 5.10 zur lokalen Strömungsbeschleunigung. Eine nennenswerte Ablenkung der Strömung findet dabei zunächst nicht statt. Eine deutliche Richtwirkung auf die Fließvorgänge entsteht allerdings bei Überströmung des Lenkers, wobei die Ablenkung der Strömung wiederum etwa senkrecht zum Einbau, also ins Ufer auf der Einbauseite direkt stromab des Einbaues erfolgt (jedenfalls solange der Einbauwinkel ( $\beta$ ) nicht zu klein wird, die Struktur also nicht zu stark parallel zur Längsachse des Gewässers ausgerichtet ist). Der Einbau bewirkt also bei Überströmung eine **Aufspaltung in zwei lokal beschleunigte Strömungssäste** – einer verläuft annähernd geradeaus, wobei sich vor dem Kopf der Struktur eine lokale Erosionszone in Sohle und Ufer entwickeln wird. Der andere Ast ist ins Ufer auf der Einbauseite gerichtet und bewirkt einen Kolk direkt unterhalb des Totholzes sowie Erosionen am Ufer auf der Einbauseite (s. Abb. 5.11.3). In den gelb markierten Zonen oberhalb des Totholzes und zwischen den beiden aufgespaltenen Ästen der Hauptströmung sind Sedimentationen zu erwarten.

**Es können somit Aufweitungen, ggf. bis hin zu Stromspaltungen mit Inselbildung induziert werden.**

Welche Entwicklungen sich in der Bilanz ergeben, hängt auch ab von der Relation des verbleibenden und sich später durch Erosion vergrößernden Fließquerschnittes vor dem Kopf des Lenkers und dem Abflussanteil über den überströmten Lenker. Außerdem haben die Erosionsanfälligkeit des Sohl- und Ufermaterials, die Tiefenverhältnisse sowie sich ggf. auf Anlandungen ansiedelnde Vegetation und die Unterhaltung natürlich einen sehr starken Einfluss auf die erreichbaren Wirkungen. In welchem Umfang sich stabile terrestrische Anlandungen (Inselbildung) entwickeln können, wird sehr stark von der Wirkung sich in den Sedimentationszonen ggf. ansiedelnder Vegetation abhängen. Vor allem vertikale Vegetationsstrukturen wie Sumpfpflanzen und insbesondere Röhrichte bewirken eine starke Verbesserung der Sedimentationsbedingungen und können Ablagerungen gegen Remobilisierung bei Hochwässern fixieren. Eine sehr hilfreiche Randbedingung für ein stabiles Anwachsen der Sedimentationszonen ist daher in der Anfangsphase eine allenfalls geringe Beschattung.

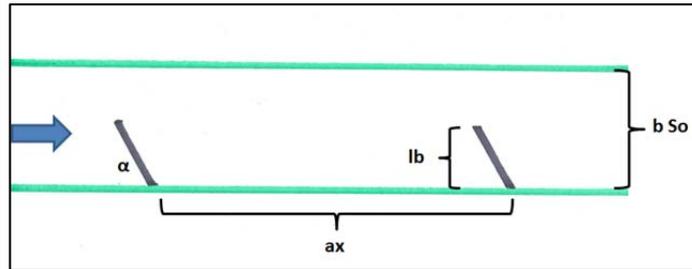
Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.11
	 <p><b>Abb. 5.11.3:</b> Prinzip der hydromorphologischen Effekte deklinanter, voll überströmter Lenkbuhnen (hier als Totholz dargestellt), Aufsicht: <b>blau:</b> Strömungspfeile, <b>rot gestrichelt:</b> zu erwartende Erosionen; <b>gelb:</b> zu erwartende Sedimentationen.</p> <p><b>Werden deklinante Lenker</b> so eingebaut, dass sie <b>nur sehr selten oder gar nicht überströmt</b> werden, beschränkt sich die Wirkung weitgehend auf die Effekte vor dem Buhnenkopf und eine Aufspaltung der Strömung sowie die damit verbundenen hydromorphologischen Wirkungen entfallen mehr oder minder weitgehend. In diesem Fall <b>wirkt die Struktur im Grunde genommen nur über die Querschnittseinengung und die Ausrichtung zu Hauptströmung (deklinant, inklinant oder rechtwinklig) wird weitgehend irrelevant.</b></p>
<p><b>5.11.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Einbautyp erscheint vor allem geeignet, um lokale Aufweitungen und Stromspaltungen, eventuell mit Inselbildungen zu induzieren. Ein Bedarf dafür kann besonders bei sehr tiefen, engen Profilen und Tendenz zur Tiefenerosion gegeben sein.</p> <p>Für die gezielte Förderung eigendynamischer Entwicklungen größerer Gewässerstrecken im Rahmen von Maßnahmen der Gruppe 2, insbesondere für die Induktion deutlicher lateraler Entwicklungen, erscheint die Einbauform eher nicht bzw. allenfalls eingeschränkt bzw. ergänzend geeignet – z. B. um lokal die Strukturvarianzen durch Stromspaltungen ggf. mit Inselbildung zu steigern.</p> <p>Die Eignung für Strukturverbesserungen in lateral überdimensionierten Profilen ist primär kritisch zu sehen, da es für effektive Entwicklungen in Überprofilen vor allem wichtig ist, die mobilisierbaren hydraulische Energien für die Entwicklung möglichst vielfältig strukturierter, verkleinerter Profile zu bündeln, statt diese Energien aufzuspalten.</p> <p>Beim Einsatz von Totholz dürfte der Einbau horizontaler Totholzstrukturen im Regelfall gegenüber den arbeitsintensiveren Pfahlreihen kostengünstiger sein – besonders, wenn geeignetes Material vor Ort gewonnen werden kann.</p> <p>Soweit die Ziele auf einseitige, laterale Aufweitungen oder Stromspaltungen beschränkt sind, dürfte im Regelfall von einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis auszugehen sein.</p>
<p><b>5.11.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Sollen Stromspaltungen mit Inselbildung induziert werden siehe Angaben zur Unterhaltung unter M 5.10.</p> <p>Beim Einsatz ganzer Bäume mit Kronenstrukturen ist wegen der Verklausungsgefahr durch eintreibendes Driftholz etc. eine ausreichend engmaschige Überwachung ggf. mit Durchführung von Umlagerungen erforderlich, um unerwünschte Auswirkungen für Anlieger bzw. ökologisch unerwünschte Rückstauereffekte zu vermeiden.</p>
<p><b>5.11.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	<p>Die folgenden Fotos zeigen eine Aufweitung unterhalb einer ständig überströmten, deklinanten Totholzstruktur in der Erosionsstrecke der Hunte unterhalb von Wildeshausen. Es handelt sich also nicht um ein Maßnahmenbeispiel im engeren Sinne, sondern um ein Beispiel für die Wirkung einer gezielt belassenen, natürlichen Struktur.</p>  <p><b>Abb. 5.11.4–5.11.5:</b> einseitige laterale Aufweitung durch eine überströmte, deklinante, natürliche Totholzstruktur in der tiefenerodierten Hunte (Fotos: P. Suhrhoff, Mai 2007)</p>
<p><b>5.11.9 Literatur</b></p>	

<p><b>Maßnahmengruppe 5</b></p> <p><b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b></p>	<p><b>Maßnahme 5.12</b></p> <p><b>Einbau von Lenkbuhnen mit großen Überströmungshöhen aus mineralischen Baustoffen oder Totholz – im Regelfall als serielle, inklinante Einbauten</b></p>
<p><b>5.12.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp wurde für schnell fließende Gewässer (Bergland) entwickelt und erprobt (siehe z. B. GROBER, 1998; MENDE &amp; SINDELAR, 2010; MENDE, 2014). Eine Eignung für langsam fließende Gewässer wie z. B. Geestgewässer erscheint derzeit noch fraglich bzw. erfordert vermutlich geringere Überströmungs- bzw. größere Bauwerkshöhen, was dann zu M 5.10 bzw. M 5.11 überleiten würde.</p>
<p><b>5.12.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b></p>	<p>Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, bzw. lokal sind Uferbereiche von zu starkem Erosionsangriff betroffen.</p> <p>In Berglandgewässern mit erosionsbedingtem Verlust der Feinkornanteile (Kies-/Schotterfraktion), können die hydromorphologischen Bedingungen in Teilen des Querschnitts ggf. so verändert werden, das die Kiesfraktion sich hier zukünftig wieder anreichern kann.</p> <p>Eine Eignung zur Induktion von Strukturverbesserungen in Überprofilen erscheint eher unwahrscheinlich. In ausgeprägten Staustrecken ist der Ansatz nicht sinnvoll anwendbar.</p>
<p><b>5.12.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b></p>	<p>Die Wirksamkeit dieser Einbauten zur Entwicklung erheblicher erosiver, lateraler Laufverlagerungen wird als eher gering eingeschätzt. Eine laterale Flächenverfügbarkeit erscheint somit nicht unbedingt erforderlich.</p> <p>Der Ansatz erscheint primär geeignet, um hydromorphologische Veränderungen wie z. B. Verbesserung der Strömungs- und Tiefenvarianz innerhalb des vorhandenen Bettes zu erzeugen. Hohe bis für die lokalen Randbedingungen überhöhte Fließgeschwindigkeiten im Ausgangszustand erscheinen für den Maßnahmentyp als günstige Voraussetzung, sind aber nicht zwingend erforderlich.</p> <p>Relevante Auswirkungen auf Wasserspiegellagen sind weitestgehend ausgeschlossen. Der Maßnahmentyp ist daher auch im unmittelbaren Siedlungsbereich anwendbar.</p>
<p><b>5.12.4 Ziele</b></p>	<p>Strömunglenkung inkl. Induktion spiralförmiger Sekundärströmungen zwecks Entwicklung von Strukturverbesserungen innerhalb der vorhandenen Profile (Vitalisierungsmaßnahmen) bzw. Entlastung bestimmter Uferabschnitte von zu starkem Erosionsangriff (z. B. zum Schutz gefährdeter Altgehölze bzw. generell als Möglichkeit zu lokalem Objektschutz ohne Einsatz massiver Verbauungen).</p>
<p><b>5.12.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b></p>	<p>Der Maßnahmentyp wurde ursprünglich zur Uferstabilisierung in Laufkrümmungen von Gebirgs- und Berglandgewässern entwickelt. Ziel war hierbei, die krümmungsinduzierte Spiralströmung, die maßgeblich für die effektive Erosion am Prallhang verantwortlich ist, durch eine gegenläufige, buhneninduzierte Spiralströmung zu neutralisieren bzw. ufernah möglichst umzukehren. So kann die Erosion am Prallhang verhindert oder gar in Sedimentation umgewandelt werden und die Kolkbildung wird auf die Strommitte bzw. den Bereich der Buhnenköpfe verlagert. Auf massive und kostenintensive Formen des flächendeckenden Prallhang-Verbaues konnte somit verzichtet werden. Zwar zählen gut entwickelte Krümmungskolke samt Begleitstrukturen sicherlich zu den besonders wertvollen Gewässerstrukturen, jedoch kann in Sonderfällen selbst die Uferstabilisierung in Außenkurven auch im Rahmen der naturnahen Gewässerentwicklung wichtig werden – z. B. wenn es darum gehen sollte, einen bevorstehenden Mäanderdurchbruch zu verhindern oder nach einer Remäandrierung über Baumaßnahmen bei extrem erosionsanfälliger Ufermaterial eine Außenkurve so zu stabilisieren, das eine Konsolidierung über Bewuchs möglich wird.</p> <p>Als Option zur Strömunglenkung inkl. Induktion einer spiralförmigen Sekundärströmung eröffnet der Ansatz aber natürlich grundsätzlich auch vielfältige Einsatzmöglichkeiten zur Induktion von Strukturverbesserungen. Da unerwünschte Wirkungen auf die Wasserspiegellagen ausgeschlossen sind, gilt dies selbst im unmittelbar bebauten Bereich.</p> <p><b><u>5.12.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Die Einbauten können sowohl aus gewässertypischen mineralischen Baustoffen (s. Erläuterungen zur MG 5) als auch aus Totholz konstruiert werden (vgl. M 5.3). Die Dimensionierung ist jeweils auf den Gewässertyp und die hydraulischen Belastungen abzustimmen. Die Bandbreite geeigneter mineralischer Baustoffe reicht somit von lokaltypischen Kiesen in Geestgewässern bis hin zu großen Blöcken von bis zu mehreren t Gewicht im Bergland.</p> <p><b><u>5.12.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p> <p>Generell ist auf eine gute Uferanbindung zu achten, um Hinterspülungen zu vermeiden und bei starker hydraulischer Belastung im Bergland kann trotz Verwendung großer Blöcke und deren Einbindung zu ca. 2/3 in die Sohle die Anordnung von Stützsteinen notwendig werden, um die Buhnen ausreichend zu stabilisieren (vgl. MENDE, 2014).</p> <p>Für die <b>seriellen, inklinanten Lenkbuhnen</b> kann als sinnvoller <b>Einbauwinkel (<math>\alpha</math>)</b> zwischen Gewässerlängsachse und Buhne wiederum ein Bereich von etwa 55 bis 65°, im Idealfall vermutlich von 60° angegeben werden (vgl. Abb. 5.12.1). Mende (2014) führte Laboruntersuchungen mit Inklinationen von 30, 60 und 90° durch. Während die Einbauten mit <math>\alpha = 90^\circ</math> keine Lenkwirkung auf die Fließrichtung hatten, war die Wirkung bei Inklinationen von 30 bzw. 60° annähernd gleich gut, wobei die 60°-Buhnen die ufernahen Fließgeschwindigkeiten etwas stärker reduzierten und die 30°-Buhnen etwas höhere Quergeschwindigkeiten (d. h. eine etwas stärkere Spiralströmung) erzeugten. Da 30°-Buhnen bei gleichem Verbaugrad der Sohlbreite 70 % länger und somit teurer sein müssen, als 60°-Buhnen, empfiehlt Mende (2014) 60°-Buhnen. Die gleiche Empfehlung findet sich in Praxiserprobungen (z. B. WERDENBERG et al, 2012).</p> <p>Der <b>vertikale Verbaugrad in Relation zur Fließtiefe (H)</b> kann <b>bei den seriellen Lenkbuhnen</b> sehr gering gehalten werden – zumindest in schnell fließenden Gewässern. Mende (2014) untersuchte verschiedene vertikale Verbaugrade von 1/10 bis 1/4 der Fließtiefe in einer Versuchsrinne mit fester Sohle. Die effek-</p>

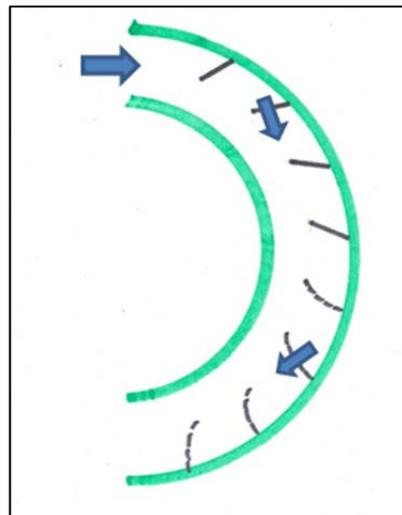
**Maßnahmengruppe 5**

**Maßnahme 5.12**

tivste Sekundärströmung (gemessen als Querströmung) wurde bei  $H = 1/8$  bis  $1/6$  der Fließtiefe erreicht. Aber auch bei einem  $H$  von  $1/10$  der Fließtiefe betrug die Querströmung noch 80 % des Maximalwertes. Dies, der geringere Materialverbrauch (Kosten), sowie die Praxis-Erfahrungen, dass größere Bühnenhöhen stärkere Kolkbildungen induzieren, führte zur Empfehlung in Mende (2014) die relative Bauwerkshöhe auf etwa  $1/10$  der maßgeblichen Fließtiefen bei höheren Abflüssen zu begrenzen – wobei sich die Angabe zur Überhöhung der Bühnen auf die „mittlere Sohlenebene“ im Einbaubereich bezieht und die Empfehlung hier die Zielstellung Prallhangschutz in Außenkurven betraf. Diesem Ansatz folgten auch Werdenberg et al. (2012) die die Bühnenhöhen auf 10 bis 20 cm über Sohlniveau begrenzten (wiederum mit dem Primärziel Uferschutz), um bei HW-Fließtiefen um 1,5 m im Voralpenfluss Taverna ausreichende Wirkungen zu erreichen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass offenbar bereits bei geringen relativen Bauwerkshöhen in der Größenordnung von  $1/10$  der Fließtiefe (bezogen auf die „mittlere Sohlenebene“ und einen Hochwasser-Bemessungsabfluss) deutliche Wirkungen auf die Strömunglenkung und die Induktion wirksamer spiralförmiger Sekundärströmungen möglich sind. Steht allerdings nicht primär der Uferschutz im Fokus, sondern die Strukturentwicklung, können durchaus auch größere Bauwerkshöhen sinnvoll sein, da sich damit z. B. stärkere Kolkbildungen induzieren lassen. Im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Strukturverbesserung sollte daher auch mit höheren Bühnen experimentiert werden.



**Abb. 5.12.1:** Prinzipskizze, Aufsicht: serielle inklinante Lenkbühnen bei geradem Verlauf ( $\alpha$  = Inklinationswinkel,  $a_x$  = Bühnenabstand,  $l_b$  = auf die Sohlbreite projizierte Bühnenlänge,  $b_{s0}$  = Sohlbreite).



**Abb. 5.12.2:** Prinzipskizze, Aufsicht: serielle inklinante Lenkbühnen zum Prallhangschutz in enger Kurve (Radius  $\leq 3x$  Sohlbreite), Bühnen gerade oder leicht sichelförmig

Zwei weitere relevante Variablen beim Einsatz der seriellen Lenkbühnen sind der **laterale Verbauungsgrad der Querprofile oder anders ausgedrückt, die auf die Gewässerbreite projizierte Bühnenlänge** ( $l_p$ ) in Mende (2014) und der **Abstand der Bühnen** ( $a_x$ , vgl. Abb. 5.12.1). Da längere Bühnen wirksamer sind, kann ihr Abstand bei etwa gleicher Effektivität größer sein. Zwischen beiden Faktoren gibt es also eine gegenseitige Abhängigkeit. Mende (2014) macht daher Dimensionierungsvorschläge für den relativen Abstand der Bühnen ( $A_B$ ), der sich aus dem Verhältnis des Abstandes der Bühnen ( $a_x$ ) zur auf die Gewässerbreite projizierten Bühnenlänge ( $l_b$ ), also dem lateralen Verbauungsgrad ergibt. Die Vorschläge beziehen sich dabei primär auf den Uferschutz in Laufkrümmungen und werden auch abhängig gemacht von deren Krümmungsradius. Nach Werdenberg et al. (2012) soll der Bühnenabstand  $a_x$  bei engen Kurven ( $r < \text{dreifache Sohlbreite}$ ) ca. der 0,8- bis 1fachen Sohlbreite ( $b_{s0}$ ), bei weiten Kurven ( $r > \text{achtfache Sohlbreite}$ ):  $a_x = \text{ca. } 1,8 \text{ bis } 2 b_{s0}$  und dazwischen etwa der 1,5fachen Sohlbreite entsprechen. Für gerade Strecken empfiehlt Mende (2014) einen relativen Abstand der Bühnen  $A_B$  von 6 mit dem Hinweis, wenn morphologische Aufwertungen im Vordergrund stünden, könnten auch größere Abstände gewählt werden. Ein solcher relativer Abstand von 6 würde für den absoluten Abstand ( $a_x$ ) ausgedrückt als Vielfaches der Sohlbreite ( $b_{s0}$ ) in Abhängigkeit in der Praxis gebräuchlicher horizontaler Verbauungsgrade ( $l_p$ ) von  $1/3$ ,  $1/2$  bzw.  $2/3$  der Sohlbreite korrespondierende Abstände der Bühnen ( $a_x$ ) von zweifacher, dreifacher bzw. vierfacher Sohlbreite bedeuten.

Generell kommen in der Praxis vorwiegend die o. g. Verbauungsgrade von  $1/3$  bis  $2/3$  der Sohlbreite zur Anwendung. Dabei erscheinen Verbauungsgrade von  $1/3$  bis  $1/2$  der Sohlbreite insbesondere für den Uferschutz in Kurven sinnvoll – zumal bei höheren Verbauungsgraden in Kurven die Kolkbildung zu weit Richtung Gleithang verschoben würde. Auf geraden Strecken, insbesondere wenn das Ziel Strukturverbesserung lautet, dürften sich vorwiegend die wirksameren Einbauten mit einem horizontalen Verbauungsgrad von etwa  $2/3$  der Sohlbreite anbieten. **Allerdings liegen mit der primären Zielstellung der Strukturverbesserung wie bereits erwähnt, bislang kaum Praxiserfahrungen vor.**

Eine weitere Variable bei der Planung entsprechender Maßnahmen stellt die **Anzahl entsprechender Einbauten dar, die als Serie eingebaut werden sollten – oder anders ausgedrückt, die empfehlenswerte Gesamtlänge der Abschnitte mit seriellen Buhnen-Gruppen**. Bei der Zielstellung Uferschutz ergibt sich die erforderliche Anzahl bzw. die Länge des Einbaubereiches direkt aus der zu schützenden Uferlinie. Bei der Zielstellung Strukturverbesserung gibt es hierzu derzeit keine Empfehlungen. Grundsätzlich hängt auch die Frage, wie viele Einbauten in welchen Abständen und welchen Anordnungen zueinander realisiert werden, sehr von den speziellen lokalen Gegebenheiten und Zielstellungen ab.

**5.12.5.3 Hinweise zur Baudurchführung**

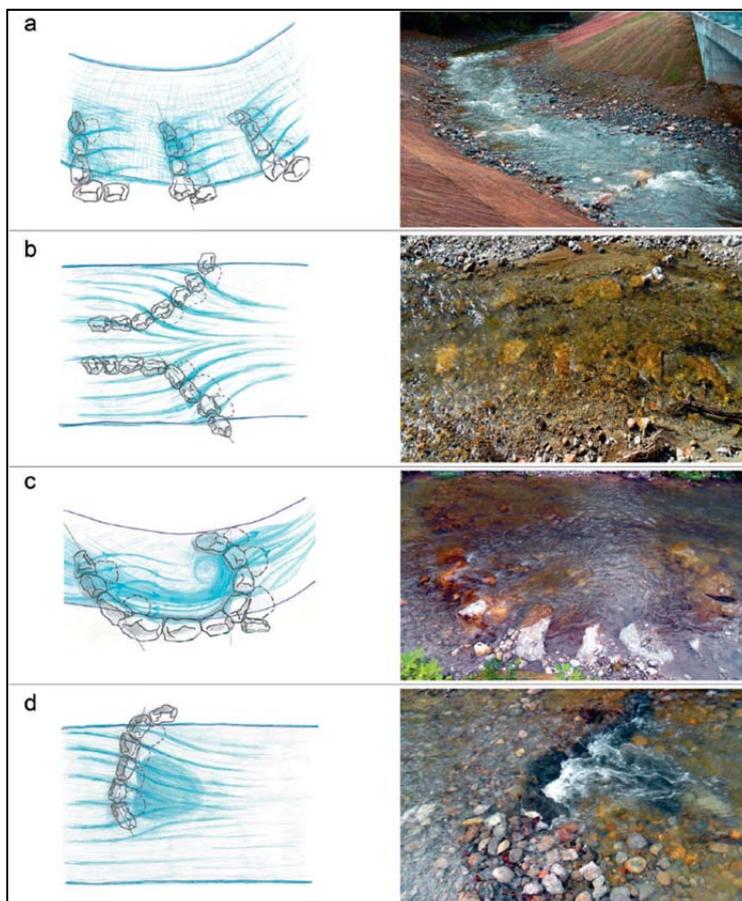
Im Prinzip empfiehlt sich auch für diese Bauformen der Einbau bei geringen Abflüssen. Da jedoch bei diesen Bauformen mit größeren Überströmungshöhen also relativ geringeren Einengungen gearbeitet wird, womit nicht das Risiko der Entstehung relevanter Rückstauereffekte besteht, sind die Abflussbedingungen beim Einbau bei diesen Bauformen weniger wichtig als bei anderen Strömunglenkern, die im Regelfall mit einer möglichst starken, jedoch gerade noch nicht relevant rückstauenden Einengung arbeiten sollten.

**5.12.5.4 Ergänzende planungsrelevante Hinweise**

**Obwohl besonders aus dem Gebirgsbereich bereits einige Erfahrungen mit seriellen Lenkbuhnen zum Uferschutz sowie z. T. auch zur Strukturverbesserung und auch einige wasserbauliche Laboruntersuchungen vorliegen, gibt es für den gezielten Einsatz des Prinzips für Strukturverbesserungen – insbesondere im Tiefland – bislang kaum gesicherte Hinweise und Empfehlungen. Es besteht also noch weiterer Erprobungsbedarf.**

Grundsätzlich können auch mit entsprechenden singulären Einbauten deutliche Strukturvarianzen erzeugt werden, wie u. a. von Grober sowie Werdenberg et al. (2012) gezeigt werden konnte (Prinzipdarstellungen verschiedener Lenkbuhnentypen siehe Abb. 5.12.3). Allerdings scheinen die Überströmungshöhen bei den abgebildeten Abflüssen und Beispielen eher gering zu sein (was zu anderen, bereits vorgestellten Strömunglenkern z. B. nach M 5.10 und M 5.11 überleiten würde) und es ist darauf hinzuweisen, dass all diese Erfahrungen in sehr schnell fließenden Gewässern gewonnen wurden und eine Übertragbarkeit auf langsam fließende Gewässer – zumal bei überhöhtem Sandtrieb – zunächst einmal fraglich erscheint. Sicherlich werden die grundlegenden Zusammenhänge auch in langsamer fließenden Gewässern Gültigkeit haben. Es erscheint jedoch denkbar, dass in Geestgewässern beim Einsatz für Strukturverbesserungen z. B. mit etwas größeren vertikalen Verbauungsgraden, d. h. stärkerer Einengung gearbeitet werden muss, damit die Einbauten nicht einfach übersanden. Dies würde dann schließlich z. B. zu M 5.10 bzw. M 5.11 überleiten.

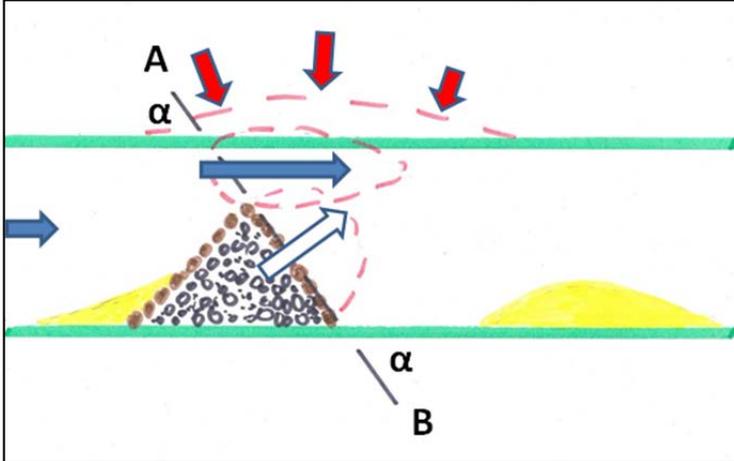
Erste Versuche an zwei kleinen kies- bzw. sandgeprägten Geestbächen im Landkreis Oldenburg mit seriellen Einbauten aus Totholz entwickelten sich nach anfänglichen Erfolgen trotz geringerer Überströmungshöhen also höherem relativen Verbauungsgrad von ca. 1/3 bis 1/2 H (allerdings bezogen auf Normalabfluss) eher enttäuschend (s. 5.12.8).



**Abb. 5.12.3:** aus Werdenberg et al. (2012): an der unteren Taverna eingesetzte Buhnentypen aus großen Blocksteinen: a) serielle inklinante Lenkbuhnen, hier zum Uferschutz in Außenkurve, b) inklinante Trichterbuhne zur Kolkbildung in Strommitte, c) Schneckenbuhne zur Erhöhung der Strukturdiversität, d) Hakenbuhne zur Förderung lokaler Auskolkung.

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.12
<p><b>5.12.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p>Die Einbauten erscheinen vor allem geeignet, um entweder Uferschutz ohne massiven, flächendeckenden Uferverbau zu betreiben oder im Profil gewisse Strukturvarianzen im Sinne von Vitalisierungseffekten zu erzeugen. Zum Uferschutz eignen sich ausschließlich inklinante Bühnen, die zumindest zum Schutz längerer Uferpartien seriell angeordnet werden müssen. Bei den im Einzelnen in der Praxis noch weiter zu erprobenden Einbauten für Strukturverbesserungen im Sinne von Vitalisierungsmaßnahmen, dürfte es im Regelfall sinnvoll sein, verschiedene denkbare Bauformen wie inklinante und deklinante Bühnen (bzw. nach stromauf oder stromab angeordnete Trichter Bühnen) sowie ggf. Schneckenbühnen jeweils als singuläre Einbauten miteinander zu kombinieren und serielle Anordnungen des gleichen Bautyps allenfalls sparsam einzusetzen.</p> <p>Für die gezielte Förderung eigendynamischer Entwicklungen größerer Gewässerstrecken im Rahmen von Maßnahmen der Gruppe 2, insbesondere für die Entwicklung deutlicher lateraler Entwicklungen, erscheinen die Einbauten weniger geeignet. Grund ist einerseits, dass die bettbildenden Energien und Lenkwirkungen, die durch Einbauten mit großer Überströmungshöhe erzeugt werden können, geringer sind und dass sich die Wirksamkeit von Einbauten über Teilquerschnitte nach ersten morphologischen Anpassungen des Gerinnes in Bezug auf die Induktion lateraler Entwicklungen schnell wieder relativiert. Dabei entstehende Aufweitungen befördern im Tiefland häufig Versandungserscheinungen und wirken sich dann meist negativ aus. Im Bergland können solche Effekte dagegen bei zu starken Erosionstendenzen positiv sein und wieder lokale Ablagerungen von Kiessubstraten ermöglichen.</p> <p>Die Eignung für Strukturverbesserungen in lateral überdimensionierten Profilen ist wegen vermutlich zu großer Risiken für akkumulative Sohlentwicklungen primär kritisch zu sehen.</p>
<p><b>5.12.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p>Die Einbauten und dadurch induzierte strukturelle Entwicklungen dürfen bei der Unterhaltung nicht beschädigt bzw. entnommen werden. Insbesondere bei seriellen Einbauten erscheint daher z. B. eine Mähkornunterhaltung problematisch bzw. vermutlich nicht praktikabel. Falls mit Krautstau zu rechnen ist, sollten beidseitige Galeriegehölze in der Uferlinie aufgebaut werden, um eine Sohlmahd überflüssig zu machen und die Ufer zu stabilisieren und zu strukturieren. In der Übergangsphase müsste im Bedarfsfall auf Stromrinnenmahd mit Kleingeräten umgestellt werden.</p>
<p><b>5.12.8 Maßnahmenbeispiele</b></p>	<p><b><u>Anwendungsbeispiel aus einem kleinen Geestbach, Landkreis Oldenburg</u></b></p> <p>In einem Neubauabschnitt wurden versuchsweise auf einer Länge von ca. 10 m bei einer Sohlbreite von ca. 2 m und der Randbedingung einer insgesamt sehr geringen Geschiefbeführung einige serielle inklinante Lenker aus Totholz eingebaut (Verbauungsgrad <math>I_p</math>: ca. 2/3 Sohlbreite), um die Bildung einer Prallhangstruktur zu unterstützen. Die Totholzelemente wurden jeweils mit „Holz-Heringen“ aus umgedrehten Astgabeln fixiert. Schon knapp 3 Wochen später zeigten sich bei erhöhtem Abfluss deutliche Wirkungen: vor dem projektierten Prallhang hatte sich eine vertiefte Stromrinne gebildet und am projektierten Gleithang waren deutliche Sandablagerungen zu verzeichnen – also eine sich schnell entwickelnde, erhöhte Strukturvarianz in der beabsichtigten Zielrichtung (Abb. 5.12.5). Auf die hoffnungsvolle Startphase folgte dann zunächst einmal relative Stagnation. Nach gut einem Jahr hatten sich die Sedimentationen am projektierten Gleithang weitgehend auf dem schon nach drei Wochen erreichten Niveau gehalten. Am Prallhang waren gewisse Seitenerosionen zu verzeichnen, wodurch eine gewisse Aufweitung entstand, in deren Folge sich der zunächst entstandene, vertiefte Stromstrich wieder akkumulativ entwickelt hatte (Abb. 5.12.6).</p> <p>Letztlich entstand eine gewisse Aufweitung, die seriellen Einbauten wurden vollständig übersandet und die Sohle sandete dann auch auf ganzer Breite auf. Zurück blieb eine strukturarme Sohle mit erhöhtem Feinmaterialanteil, also eher eine Verschlechterung des Vorzustandes. Ein ähnliches Ergebnis hatte ein weiterer Versuch in einem anderen kleinen Geestbach. Diese Fehlschläge mögen allerdings auch durch ungünstige lokale Randbedingungen (z. B. sehr früher Ausuferungsbeginn im abgebildeten Beispiel, hoher Sandtrieb und zeitweilige Rückstauereffekte in Beispiel 2) und eine für diese Einbauten ggf. falsche Zielstellung (Förderung einer Prallhangstruktur und damit zumindest einer geringen lateralen Entwicklung) mitbedingt gewesen sein und lassen sicherlich noch keine allgemeinen Schlussfolgerungen zu. Bei stabiler linker Uferseite wäre eine Aufweitung unterblieben und das Endergebnis vermutlich positiver ausgefallen. Außerdem ist anzumerken, dass die ursprüngliche Zielstellung dieses Einbautypes, also die hydraulische Entlastung des Ufers auf der Einbauseite (Uferschutz) durchaus erreicht wurde, wie die Aufsandungen auf der Einbauseite zeigen.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="472 1496 991 1883"> </div> <div data-bbox="1002 1496 1520 1883"> </div> </div> <p><b>Abb. 5.12.4:</b> Inklinante Totholzeinbauten, fixiert mit Astgabel-„Heringen“ am 08.02.2007</p> <p><b>Abb. 5.12.5:</b> Die gleichen Einbauten bei höherem Abfluss am 27.02.2007</p>

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.12
	 <p data-bbox="826 674 1177 696"><b>Abb. 5.12.6:</b> Die Einbauten im März 2008</p>
<p data-bbox="68 837 225 860"><b>5.12.9 Literatur</b></p>	<p data-bbox="411 719 1453 790">GROBER, O. (1998): Ökologisch orientierte Gewässerinstandhaltung mit naturnaher dynamischer Landschaftseingliederung nach Grundsätzen von V. Schauburger in der Region Mariazell an der Salza und ihren Nebenbächen. Zusammenstellung der Baubezirksleitung Bruck an der Mur.</p> <p data-bbox="411 797 1453 846">MENDE, M. (2014): Naturnaher Uferschutz mit Lenkbuhnen – Grundlagen, Analytik und Bemessung. Diss TU Braunschweig.</p> <p data-bbox="411 853 1453 925">MENDE, M. &amp; C. SINDELAR (2010): Instream River Training – Lenkbuhnen und Pendelrampen. Beitrag zum 15. Gemeinschaftssymposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich v. 1.–3.7.2010 in Wallgau, S. 35–44.</p> <p data-bbox="411 931 1453 981">WERDENBERG, N., T. MEILE &amp; R. STEINER (2012): Strömunglenkung an der unteren Taverna – Neue Wege im naturnahen Flussbau. Aqua &amp; Gas, Nr 4, S. 12–17.</p>

<b>Maßnahmengruppe 5</b> <b>Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten</b>	<b>Maßnahme 5.13</b> <b>Einbau von Dreiecksbuhnen</b> <b>Hinweis: Dieser bei länger zurückliegenden Maßnahmen häufiger eingesetzte Bautyp wird heute als allenfalls eingeschränkt empfehlenswert eingeschätzt – es sei denn, sehr starke hydraulische Belastungen erfordern sehr massive Konstruktionen (z. B. im Mittelgebirge) und andere Bautypen erscheinen nicht sinnvoll anwendbar.</b>
<b>5.13.1 Gewässertypologische Relevanz des Maßnahmentyps</b>	Der Maßnahmentyp ist im Prinzip in nahezu allen Gewässertypen einsetzbar, wird jedoch im Regelfall als nicht empfehlenswerte Bauform eingeschätzt (s. u.).
<b>5.13.2 Gegebene Belastungen/ Beeinträchtigungen</b>	Die vorhandene Strukturvarianz ist deutlich zu gering, der Verlauf meistens überwiegend gerade bis gestreckt. Die Wirkung von Dreiecksbuhnen entspricht weitgehend der inklinanter Strömungslenker (M 5.10). Dreiecksbuhnen sind somit grundsätzlich geeignet, um Kolkstrukturen und unterspülte Ufer zu erzeugen und generell die Strömungs-, Tiefen- und Substratvarianz lokal zu verbessern. Analog zu M 5.9 wird es auch mit Dreiecksbuhnen grundsätzlich möglich sein, bei lateraler Überdimensionierung ein verkleinertes Bett mit leicht gewundenem Verlauf im bestehenden Überprofil zu entwickeln. Für die Bearbeitung von Tiefenerosionen sind die Einbauten wie auch M 5.10 nicht geeignet. Derartige Probleme könnten über diese Einbauten durch die verstärkte Erschließung lateraler Geschiebequellen allenfalls abgeschwächt werden. Geeignet für die Bearbeitung von Tiefenerosionen sind insbesondere M 5.5 und M 5.7, als ergänzende Maßnahme auch M 5.11.
<b>5.13.3 Wesentliche Randbedingungen, Maßnahmenvoraussetzungen</b>	Siehe M 5.10.
<b>5.13.4 Ziele</b>	Analog zu M 5.10 ist <b>Primärziel</b> zunächst die Induktion einer Kolkstruktur vor dem Kopf und etwas unterhalb des Bühnenkopfes mit entsprechenden Strömungs- und Substratvarianzen, unterspülten Prallhang-Uferstrukturen und der Entwicklung lokaler Sedimentationen unterhalb auf der Einbauseite (Abb. 5.13.1).
<b>5.13.5 Maßnahmenbeschreibung, Materialien, Hinweise zur Durchführung, begleitende Maßnahmen usw.</b>	<p><b><u>5.13.5.1 Materialauswahl</u></b></p> <p>Dreiecksbuhnen werden meistens als Kombinationsbauwerke aus Holz und mineralischen Baustoffen erstellt. Dabei wird die äußere Begrenzung meistens über vertikale (teilweise auch über horizontal angeordnete) Pfähle/Stämme hergestellt und der „Innenraum“ wird mit mineralischen Baustoffen verfüllt (Kies, Lesesteine etc.). Teilweise wurden Dreiecksbuhnen komplett aus Wasserbausteinen errichtet, was dann besonders technische und naturferne Bauwerke ergab. Generell sollten als mineralische Baustoffe lokaltypische Gesteine verwendet werden. Bei sehr starker hydraulischer Belastung (Bergland) sind Konstruktionen aus großen Blocksteinen erforderlich.</p> <p><b><u>5.13.5.2 Konstruktive Empfehlungen</u></b></p>  <p><b>Abb. 5.13.1:</b> Dreiecksbuhne, Aufsicht: blau: Strömungspfeile, rot gestrichelt angedeutet: Erosionszonen, gelb: zu erwartende Sedimentationszonen</p> <p>Die Lenkwirkung der Buhne bei Überströmung (weiß gefüllter Strömungspfeil in Abb. 5.13.1) beruht auf der zur Fließrichtung inklinant ausgerichteten Rückseite. Die Lenkwirkung entspricht somit einem inklinanten Totholzeinbau (siehe M 5.10). Dementsprechend wird auch hier ein <b>Einbauwinkel (<math>\alpha</math>)</b> der Rückseite der Buhne zur Längsachse des Gewässers von etwa 50 bis 60° vorgeschlagen. Für eine optimale Wirkung sollte außerdem die Rückseite der Buhne mindestens gleich hoch bzw. besser etwas höher ausgebildet werden, als die angeströmte Vorderseite. Wird die Vorderseite deutlich höher ausgebildet, als die Rückseite, kann analog zu deklinanten Tothölzern auch eine Lenkwirkung ins Ufer der Einbauseite und damit ggf. eine unerwünschte Ufererosion auf der Einbauseite entstehen. Da die Vorderseite der Buhne kaum eine Lenkwirkung erzeugt, ist ihr Einbauwinkel funktional weniger von Bedeutung. Deutlich spitzere Winkel als 45° würden hier zu unnötig langen und teuren Bauwerken führen und sollten daher vermieden werden. Die Frage, ab welchem Abfluss mit welcher Überströmung gearbeitet wird, ist grundsätzlich frei wählbar (siehe auch M 5.10). Gesicherte Untersuchungen zur Frage, was unter welchen Bedingungen die effektivste Kombination wäre, konnten nicht aufgefunden werden. Vermutlich ist es im Regelfall entsprechend Abb. 5.13.2 am sinnvollsten, auch bei MNW zumindest mit einer Teilüberströmung zu arbeiten, um eine stärkere Lenkwirkung auf den projektierten Prallhang zu erzeugen.</p>

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.13
	<div data-bbox="411 215 1145 589" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="411 600 1126 622"><b>Abb. 5.13.2:</b> Dreiecksbuhne, Schnitt AB bei MNW: zu erwartende Erosionszonen (rot)</p> <p data-bbox="411 636 1465 904">Wie auch inklinante oder deklinante Totholzstrukturen bewirken Dreiecksbuhnen vor Überströmung keine relevante Strömunglenkung, sondern nur eine Strömungsbeschleunigung vor dem Buhnenkopf. Die Stärke der Beschleunigung ist abhängig von der durch die Buhne erzeugten Querschnittsreduktion. In der Regel muss mindestens eine Querschnittsreduktion auf 1/2 bis besser 1/3 des Ausgangsquerschnittes bei MNW erfolgen, um eine möglichst effektive Wirkung zu erzielen – bei lateraler Überdimensionierung des Gewässerbettes ggf. entsprechend mehr. Ein relevantes Risiko, dabei dauerhafte Rückstaueffekte zu erzeugen, besteht zumindest bei gut erodierbaren Ufer- bzw. Böschungsmaterialien nicht, da sich das eingengte Profil durch Erosionsvorgänge an Sohle und Ufer relativ schnell wieder bis zu einem Gleichgewichtszustand aufweiten wird. Wenn auch bei MNW schon mit einer gewissen Überströmung gearbeitet werden soll, muss die laterale Verbauung also ggf. noch stärker sein als 2/3 Sohlbreite um insgesamt auf etwa 2/3 Verbauungsgrad des MNW-Querschnittes zu kommen.</p> <p data-bbox="411 920 912 947"><b>5.13.5.3 Ergänzende planungsrelevante Hinweise</b></p> <p data-bbox="411 960 1465 1254">Wie bereits erwähnt, werden sich zumindest bei ausreichender Einengung vor dem Kopf der Buhne Erosionen ergeben. Je nach Stabilität des Sohlmaterials in Relation zur Böschung werden diese Erosionen als Sohl- und/oder Böschungserosionen erfolgen. Wenn möglichst starke Böschungserosionen Ziel sind, bietet es sich an, die Sohle vor dem Buhnenkopf in naturnaher Form gegen Erosion zu stabilisieren (in Geestgewässern also z. B. durch Kiesauflagen), damit die erosiven Kräfte dann am Buhnenkopf ganz als Seitenerosion wirksam werden – z. B. zur Entwicklung unterspülter Prallufer. Dennoch wird es mit diesem Lenkertyp in der Regel nicht möglich sein, stärkere laterale Laufschwingungen zu induzieren, da sich die Wirkung der Einbauten nach ersten erosiven Profilanpassungen bzw. Querschnittsaufweitungen vor dem Buhnenkopf deutlich wieder relativiert. Hinter der Buhne bildet sich häufig ein rückdrehender Strömungswirbel aus, der Anlandungen auf der Einbauseite stark behindern kann. Zur Förderung von Anlandungen kann daher analog zu M 5.5 der Einbau einer ergänzenden Totholzstruktur (inklinantes Totholz) sinnvoll sein, um den Strömungswirbel zu unterbrechen.</p> <p data-bbox="411 1265 1465 1337">Eine deutlich stärkere Wirkung als mit singulären bzw. in größeren Abständen angeordneten Buhnen lässt sich mit in kurzen Abständen versetzt angeordneten „Doppel“-Buhnen erreichen (Anordnung dann etwa analog zu Abb. 5.6.1).</p> <p data-bbox="411 1348 1465 1568">Wie auch bei anderen Einbauten zur Erzielung von Strukturverbesserungen durch Förderung eigendynamischer Kräfte ist Ziel der Einbauten die lokale Beschleunigung und Lenkung der Strömung. Es wäre also definitiv nicht sinnvoll, die durch die Einbauten bewirkte Einengung etwa am gegenüber liegenden Ufer durch eine per Bagger hergestellte Aufweitung zu „ergänzen“ – z. B. um eine hydraulische Kompensation für den Einbau zu erreichen (wie in Beispiel 5.13.8.1). Solche Aufweitungen würden die durch die Maßnahmen eventuell erreichbaren morphologischen Verbesserungen (Erhöhung von Strömungs- und Tiefenvarianz, Entwicklung einer Prallhangstruktur, eventuell auch von ergänzenden Gleithangstrukturen) wirksam konterkarieren. Der Einbau wäre dann weitestgehend unwirksam, bzw. bei Konstruktion aus nicht lokaltypischem Baumaterial sogar eher negativ wirksam.</p> <p data-bbox="411 1579 1465 1650">Das Einbauprinzip kann bei Verwendung von groben Blöcken und/oder sehr starken Pfählen bzw. Stämmen sehr massiv ausgelegt werden und dann auch sehr starken hydraulischen Belastungen (z. B. im Mittelgebirge) widerstehen.</p>
<p data-bbox="68 1727 339 1798"><b>5.13.6 Einschätzungen zur Effektivität des Maßnahmentyps</b></p>	<p data-bbox="411 1666 1465 1859">Das Wirkprinzip entspricht weitgehend dem der inklinanten Totholzeinbauten nach M 5.10. Die Einbauten sind im Vergleich zu M 5.10 deutlich aufwändiger herzustellen bzw. zu unterhalten und damit erheblich teurer und erzeugen zudem auch in der Regel einen sehr technischen Eindruck. Je nach Konstruktionsprinzip und Stärke der verwendeten Pfähle besteht gegenüber M 5.10 ggf. auch eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber unbeabsichtigten Beschädigungen bei der maschinellen Gewässerunterhaltung mit Baggern. Insgesamt erscheint der Einbau von Dreiecksbuhnen somit allenfalls eingeschränkt empfehlenswert – es sei denn, sehr starke hydraulische Belastungen erfordern sehr massive Konstruktionen (z. B. im Mittelgebirge) und andere Bautypen erscheinen nicht sinnvoll anwendbar.</p>
<p data-bbox="68 1881 268 1930"><b>5.13.7 Hinweise zur Unterhaltung</b></p>	<p data-bbox="411 1895 544 1917">Siehe M 5.10.</p>

Maßnahmengruppe 5	Maßnahme 5.13
5.13.8 Maßnahmenbeispiele	<p><b><u>Buhnen aus Wasserbausteinen</u></b></p> <p>Dieses Einbaispiel stammt aus den 1990er Jahren. Die Buhnen wurden aus Wasserbausteinen erstellt und vor den Buhnen wurde zur hydraulischen Kompensation das Gegenufer aufgeweitet. Die hydromorphologischen Wirkungen waren dementsprechend gering (vgl. 5.13.5.3). Immerhin führten die Abgrabungen offenbar zur lokalen Ansiedlung von Erlen.</p> 
	<p>Abb. 5.13.3: Foto: I. Vörckel, 04.2015</p> <p><b><u>„Doppelbuhnen“-Konstruktion</u></b></p> <p>Das Einbaubeispiel zeigt eine „Doppelbuhnen“-Konstruktion bei erhöhtem Abfluss, wobei in relativ kurzem Abstand wechselseitig zwei Buhnen eingebaut wurden. Hierdurch kann eine erhöhte Wirksamkeit erreicht werden. Es konnte auch ein relativ ausgeprägter Prallhang/Krümmungskolk ausgespült werden. Die Bilder dürften in etwa die im günstigen Fall mit dem Bautyp erreichbare Optimalwirkung zeigen.</p>  <p>Abb. 5.13.4 und 5.13.5: „Doppelbuhnen“-Konstruktion (Fotos: P. Suhrhoff, 2011)</p>
5.13.9 Literatur	<p>KLAUKE, L. (2006) in: KNUTH, V. &amp; P. SUHRHOFF (2009): Planung und Umsetzung strukturverbessernder Maßnahmen an Hunte und Huntloser Bach mit begleitendem maßnahmenbezogenen Monitoring; Pilotprojekt Hunte 25: <a href="http://www.hunte-25.de/TeilprojektHunte_Endbericht_2009.pdf">http://www.hunte-25.de/TeilprojektHunte_Endbericht_2009.pdf</a></p> <p>KLAUKE, L. (2006): Numerische Modelluntersuchungen zur Wirksamkeit von Strömunglenkern in kleineren Gewässern; Ingenieurgesellschaft Environumerix, Höxter, Auftrag der Hunte-Wasseracht, unveröffentlicht</p>

Maßnahme 5.1 .....	26
Maßnahme 5.2 .....	31
Maßnahme 5.3 .....	36
Maßnahme 5.4 .....	44
Maßnahme 5.5 .....	47
Maßnahme 5.6 .....	54
Maßnahme 5.7 .....	58
Maßnahme 5.8 .....	61
Maßnahme 5.9 .....	64
Maßnahme 5.10 .....	69
Maßnahme 5.11 .....	75
Maßnahme 5.12 .....	78
Maßnahme 5.13 .....	83

### III Prioritäre Fließgewässer in Niedersachsen

#### Tabellarische Zusammenstellung der prioritären Fließgewässer/Wasserkörper (Stand 01.08.2016)

##### Flussgebiet Elbe (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

WK-NR.	Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle	Priorität
31019	Ahlenrönne; Stade	5
30065	Ahrensbach (Oberlauf); Stade	5
30066	Ahrensbach (Unterlauf); Stade	5
43001	Aland (Landesgrenze bis Mündung); Lüneburg	4
30011	Alpershausener Mühlenbach mit Sotheler Bach; Stade	4
27012	Alte Jeetzel; Lüneburg	5
31012	Ankeloher Randkanal; Stade	5
28069	Ashauser Mühlenbach (Oberlauf); Lüneburg	4
28067	Ashauser Mühlenbach (Unterlauf) und Deichgraben; Lüneburg	5
28018	Aubach, Pferdebach; Lüneburg	3
30010	Aue (Ramme); Stade	5
28049	Aue (Stederau) Oberlauf; Lüneburg	5
28046	Aue (Stederau) Unterlauf; Lüneburg	4
30017	Bade; Stade	2
28092	Barnstedt-Melbecker Bach; Lüneburg	2
30076	Bever (bis auf Abschnitt oberhalb Mündung); Stade	3
30024	Bever Abschnitt oberhalb Mündung; Stade	3
28096	Bornbach, Wrestedter Bach; Lüneburg	1
27013	Breselenzer Bach, Breustianer Mühlenbach, Grabower Mühlenbach; Lüneburg	5
28023	Brunau (Oberlauf); Lüneburg	3
28025	Brunau (Unterlauf); Lüneburg	3
27005	Clenzer Bach; Lüneburg	4
29045	Deinster Mühlenbach mit Westerbeck (= Oberlauf); Stade	2
28031	Dieksbach; Lüneburg	4
27019	Drawehner Jeetzel; Lüneburg	5
30025	Duxbach (Oberlauf); Stade	5
30026	Duxbach (Unterlauf); Stade	5
28097	Eisenbach; Lüneburg	4
28032	Eitzener Bach; Lüneburg	2
34001	Elbe (Geesthacht bis Rühstädt); Lüneburg	2
33001	<i>Elbe (Ost) (Elbe ab Geesthacht abwärts); Lüneburg</i>	3
33003	<i>Elbe (West); Stade</i>	3
T1.5000.01	<i>Elbe (Übergangsgewässer); Stade</i>	3
28076	Este (Oberlauf); Lüneburg	5
28077	Este (Welle bis Seggerheide); Lüneburg	2
28086	Este (Seggerheide bis Moisburg); Lüneburg	2
28087	Este (Moisburg bis Buxtehude); Stade	2
29044	Fredenbecker Mühlenbach; Stade	4
28056	Gerdau (Oberlauf); Lüneburg	2
28058	Gerdau (Mittellauf); Lüneburg	4
28047	Gerdau (Unterlauf); Lüneburg	2
28089	Goldbeck; Stade	4
30053	Hackemühlener Bach (Oberlauf); Stade	2
30054	Hackemühlener Bach (Mittellauf) mit Heeßeler Mühlenbach; Stade	4
31017	Halemer Seeabfluss; Stade	4
28054	Hardau (Mittellauf), Räber Spring, Stahlbach; Lüneburg	5
28051	Hardau (Unterlauf); Lüneburg	4
27024	Harlinger Bach, Metzinger Bach; Lüneburg	5
28095	Häsebach; Lüneburg	2

**Flussgebiet Elbe** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
28029	Hasenburger Mühlenbach, Südergellerser Bach, Osterbach; Lüneburg	2
29049	Heidbeck; Stade	4
30042	Horsterbeck (Oberlauf); Stade	5
28061	Ilmenau (Uelzen bis Lüneburg); Lüneburg	2
28013	Ilmenau (Lüneburg bis Oldershausen); Lüneburg	3
28012	Ilmenau (Oldershausen bis Mündung); Lüneburg	5
27007	Jeetzel (Landesgrenze bis Lüchow); Lüneburg	3
27031	Jeetzel (Lüchow bis Lüggau); Lüneburg	3
27022	Jeetzel (Lüggau bis Mündung); Lüneburg	3
27026	Kateminer Mühlenbach, Pommoisseler Graben, Ventschauer Bach; Lüneburg	2
28040	Klein Liederner Bach; Lüneburg	4
39008	Knickgraben, Haar-Kührener Graben; Lüneburg	5
30013	Knüllbach; Stade	3
27006	Köhlener Mühlenbach; Lüneburg	4
28094	Kolkbach; Lüneburg	2
28093	Kolkhagener Bach; Lüneburg	4
27011	Köngshorster Kanal, Tarmitzer Kanal; Lüneburg	5
39007	Krainke, Kaarßen-Prilipper Graben; Lüneburg	4
30012	Kuhbach; Stade	3
27015	Kupernitzkanal, Rantzaukanal; Lüneburg	5
39004	Laaver Kanal; Lüneburg	5
28026	Lopau (Ober- und Mittellauf), Ehlbeck; Lüneburg	2
28028	Lopau (Unterlauf); Lüneburg	3
27020	Lübelner Mühlenbach; Lüneburg	5
27008	Lüchower Landgraben; Lüneburg	5
27016	Luciekanal, Hauptabzugsgraben Prezelle-Lomitz, Panie-Buhn-Graben; Lüneburg	5
28091	Luhe (Oberlauf); Lüneburg	4
28020	Luhe (Mittellauf Schwindebeck bis Luhmühlen); Lüneburg	1
28017	Luhe (Mittellauf Luhmühlen bis Winsen); Lüneburg	1
28016	Luhe (Unterlauf); Lüneburg	2
29031	Lühe-Aue (Mittellauf 1); Stade	3
29032	Lühe-Aue (Mittellauf 2); Stade	3
28009	Marschwetter, Ilau-Schneeegraben, Bruchwetter, Neetze (Unterlauf); Lüneburg	4
28007	Mausetalbach, St. Vitusbach; Lüneburg	3
31029	Medem; Stade	5
27028	Meetschower Hauptgraben; Lüneburg	5
30071	Mehde-Aue; Stade	5
28085	Moorbach; Lüneburg	4
29035	Mühlenbach (Oberlauf); Stade	5
28006	Neetze (Ellringen bis Neetze); Lüneburg	3
28003	Neetze (Neetze bis Echem); Lüneburg	4
28004	Neetze-Kanal; Lüneburg	4
39006	Neue Sude, Sückau-Pretener Graben, Brahlsdorfer Bach; Lüneburg	5
31020	Neuenwalder-Ahlener-Randkanal; Stade	5
28019	Nordbach, Oelstorfer Bach; Lüneburg	2
27004	Nördlicher Mühlenbach (Schnegaer Mühlengraben); Lüneburg	3
27030	Nördlicher und Südlicher Schaugraben; Lüneburg	4
35001	Ohre, Flösse; Süd (Braunschweig)	5
30001	Oste (Quelle bis Einmündung Ramme); Stade	3
30002	Oste (Ramme bis Bremervörde); Stade	2
30003	Oste (Bremervörde bis Oberndorf); Stade	3
30004	Oste (Oberndorf bis Mündung); Stade	3
30077	Otter; Stade	5

**Flussgebiet Elbe** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
28080	Perlbach; Lüneburg	3
27021	Prisserscher Bach; Lüneburg	5
28075	Radenbach; Lüneburg	4
30007	Ramme (Ober- und Mittellauf); Stade	4
30008	Ramme (Unterlauf); Stade	3
30064	Remperbach; Stade	5
28038	Röbbelbach (Ober- und Mittellauf), Gollernbach; Lüneburg	4
28037	Röbbelbach (Unterlauf); Lüneburg	3
28011	Roddau, Hausbach, Düsternhoopenbach; Lüneburg	4
39003	Rögnitz; Lüneburg	4
28081	Rollbach; Lüneburg	5
28074	Schmale Aue (Oberlauf); Lüneburg	2
28073	Schmale Aue (Unterlauf); Lüneburg	3
28021	Schwindebach, Ham-Bach; Lüneburg	4
29040	Schwinge (Oberlauf); Stade	4
29041	Schwinge (Mittellauf); Stade	4
27029	Seege (Landesgrenze bis Gartow); Lüneburg	4
27027	Seege (Gartow bis Mündung); Lüneburg	4
28048	Seehalsbeeke; Lüneburg	4
28072	Seeve (Oberlauf) mit Nebengewässern; Lüneburg	1
28070	Seeve (Mittellauf); Lüneburg	1
28068	Seeve (Unterlauf); Lüneburg	2
28071	Seppenser und Reindorfer Bach; Lüneburg	5
28084	Staersbach; Lüneburg	3
38001	Steinaer Bach; Süd (Göttingen)	5
29034	Steinbeck (Lühe-Aue); Stade	2
29046	Steinbeck (Schwinge); Stade	4
30067	Stinstedter Abfluss; Stade	5
39001	Sude; Lüneburg	4
39002	Sude; Lüneburg	3
39009	Sumter Kanal, Gülstorfer Graben, Forstgraben; Lüneburg	5
27023	Taube Elbe /Gümser See /Hauptabzugsgraben Dannenberger Marsch; Lüneburg	5
28098	Tostedter Mühlenbach (Unterlauf); Lüneburg	3
30016	Twiste (Unterlauf); Stade	2
38005	Uffe; Süd (Göttingen)	5
28033	Vierenbach; Lüneburg	2
37001	Warme Bode + Brunnenbach; Süd (Göttingen)	1
38006	Wieda; Süd (Göttingen)	5
28090	Wittenbach; Lüneburg	4
27001	Wustrower Dumme (Oberlauf); Lüneburg	2
27002	Wustrower Dumme (Unterlauf); Lüneburg	5
38009	Zorge; Süd (Göttingen)	5

**Flussgebiet Ems** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
06019	Abelitz, Abelitz Moordorfkanal; Aurich	6
01009	Ahe; Cloppenburg	5
02052	Ahler Bach; Cloppenburg	4
02057	Alte Hase mit Hochwasserabschlag, Mühlenbach Rüssel; Cloppenburg	5
04062	Aper Tief + Nebengewässer Unterläufe; Brake-Oldenburg	5
02075	Aubach; Cloppenburg	5
04053	Aue-Godensholter Tief; Brake-Oldenburg	4

**Flussgebiet Ems** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer/Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
04041	Aue (Godensholter Tief) Mittellauf; Brake-Oldenburg	4
04059	Auebach; Brake-Oldenburg	5
06042	Bääkschloot; Aurich	4
06041	Bagbänder Tief mit Bietze; Aurich	3
02003	Belmer Bach; Cloppenburg	3
06013	Berumerfehkanal; Aurich	6
02025	Blocksmühlenbach; Cloppenburg	4
02065	Bühnerbach; Cloppenburg	5
02030	Bunner-Hamstruper Moorbach; Cloppenburg	4
06008	Burgschloot; Aurich	5
04033	Burlage-Langholter Tief; Aurich	5
03020	Burwiesenschlot; Meppen	5
02028	Calhorner Mühlenbach; Cloppenburg	5
02029	Calhorner Mühlenbach; Cloppenburg	4
01032	Deeper Aa, Andervenner Graben; Meppen	6
04017	Delschloot; Cloppenburg	5
02073	Diekbäke; Cloppenburg	3
01024	Dissener Bach; Cloppenburg	5
06028	Ditzum-Bunder Sieltief; Aurich	6
06011	Dornumersieler Tief; Aurich	6
02093	Düte mit Wilkenbach; Cloppenburg	4
02060	Eggermühlenbach; Cloppenburg	3
02061	Eggermühlenbach; Cloppenburg	2
01013	Elsbach; Meppen	2
01001	Ems (Salzbergen bis Lingen); Meppen	3
03001	Ems (Lingen bis Meppen); Meppen	3
03002	Ems (Meppen bis Wehr Herbrum); Meppen	3
03003	<i>Ems (Wehr Herbrum bis Papenburg); Meppen</i>	3
06037	<i>Ems (Papenburg bis Leer); Aurich</i>	4
T1.3000.01	<i>Übergangsgewässer Ems (Leer bis Dollart); Brake-Oldenburg</i>	3
T1.3990.01	<i>Übergangsgewässer Ems-Ästuar; Brake-Oldenburg</i>	3
06055	Ems-Seitenkanal/Petkumer Sieltief; Aurich	6
04031	Esterweger Doseschloot; Aurich	6
06052	Fehntjer Tief (südlicher Arm); Aurich	4
06056	Fehntjer Tief (westlicher Arm); Aurich	6
06045	Flumm mit Oberlauf und Alter Flumm; Aurich	3
01007	Fürstenauer Mühlenbach (Oberlauf); Cloppenburg	2
01033	Fürstenauer Mühlbach; Meppen	4
01018	Giegel Aa; Meppen	4
04008	Gießelhorster Bäke; Brake-Oldenburg	5
01027	Glaner Bach, Oedingberger Bach, Wispenbach, Kolbach; Cloppenburg	4
02094	Goldbach; Cloppenburg	5
01003	Große Aa (bis Einmündung Speller Aa); Meppen	4
01002	Große Aa (Einmündung Speller Aa bis Ems); Meppen	6
04021	Große Aue + Bergaue; Cloppenburg	5
04009	Große Norderbäke (Oberlauf); Brake-Oldenburg	5
04006	Große Süderbäke (Oberlauf) + Kleine Norderbäke; Brake-Oldenburg	5
04040	Große Süderbäke (Mittellauf); Brake-Oldenburg	5
02054	Grother Kanal; Cloppenburg	4
02053	Grother Kanal, Langenbach; Cloppenburg	4
02064	Hahnenmoorkanal; Cloppenburg	3
04060	Halfsteder Bäke + Nebengewässer; Brake-Oldenburg	5
06005	Harle, Abenser Leide; Aurich	4

**Flussgebiet Ems** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
02074	Hase (Oberlauf) mit Flöthegraben; Cloppenburg	4
02008	Hase (Mittellauf bis Mittellandkanal); Cloppenburg	4
02089	Hase, Große Hase; Cloppenburg	3
02090	Hase (Mittellauf Typ 15); Cloppenburg	4
04007	Hollener Ehe; Aurich	5
04011	Holtlander Ehe; Aurich	5
04043	Igelriede; Cloppenburg	5
02062	Kleine Hase; Cloppenburg	4
06023	Knockster Tief (Mittellauf); Aurich	5
06024	Knockster Tief (Unterlauf); Aurich	5
02076	Königsbach; Cloppenburg	5
06046	Krummes Tief; Aurich	4
02009	Laake; Cloppenburg	5
02072	Lager Bach, Welle; Meppen	5
02022	Lager Hase; Cloppenburg	5
04023	Lahe; Cloppenburg	4
04050	Lahe (Unterlauf) + Streek; Cloppenburg	5
04035	Leda + Sagter Ems; Aurich	4
03004	Lingener Mühlenbach; Meppen	4
02055	Linksseitiger Grundabzug; Cloppenburg	5
02031	Löninger Mühlenbach; Cloppenburg	3
04061	Marka; Cloppenburg	4
03022	Melstruper Beeke; Meppen	3
02037	Mittelradde; Meppen	3
02038	Mittelradde; Meppen	3
02032	Moldau; Cloppenburg	4
02026	Nadamer Bach; Cloppenburg	6
02004	Nette, Lechtinger Bach; Cloppenburg	4
06007	Neuharlinger Sieltief; Aurich	5
06014	Norder Tief; Aurich	6
03014	Nordradde (bis Stavern); Meppen	5
03013	Nordradde (Stavern bis Gut Cunzthof); Meppen	3
03012	Nordradde (in Meppen); Meppen	5
04065	Ohe; Meppen	4
04028	Ohe (Unterlauf) /Marka; Meppen	5
06047	Oldersumer Sieltief /Fehntjer Tief; Aurich	4
04057	Ollenbäke (Mittellauf); Brake-Oldenburg	5
04003	Otter- und Hellerbäke; Brake-Oldenburg	6
01026	Rankenbach, Remseder Bach, Linksseitiger Talgraben; Cloppenburg	4
01008	Reetbach; Cloppenburg	2
01016	Reitbach (Große Aa); Meppen	5
02058	Reitbach (Kleine Hase); Cloppenburg	3
02059	Reitbach (Kleine Hase); Cloppenburg	3
02051	Renslager Kanal, Strautbach; Cloppenburg	3
06015	Ringkanal; Aurich	6
06053	Rorichumer Tief; Aurich	5
06016	Sandhorster Ehe (Oberlauf); Aurich	4
06059	Sandhorster Ehe (Unterlauf); Aurich	6
06049	Sauteler Kanal; Aurich	5
01005	Schaler Aa; Meppen	4
01015	Schinkenkanal; Meppen	4
04045	Soeste (Oberlauf); Cloppenburg	4
04046	Soeste (Mittellauf bis Thülsfelder Talsperre); Cloppenburg	3

**Flussgebiet Ems** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer/Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
04047	Soeste (ab Thülsfelder Talsperre bis Küstenkanal); Cloppenburg	3
04042	Soeste, Nordloher-Barsseleer Tief + Jümme; Aurich	4
06032	Stapelmoorer Sieltief; Aurich	6
06006	Süder Tief und Norder Tief; Aurich	4
02033	Südradde; Cloppenburg	3
02034	Südradde; Cloppenburg	3
02036	Südradde; Cloppenburg	5
02041	Südradde; Cloppenburg	3
02056	Suttruper Bach; Cloppenburg	3
02092	Thiener Mühlenbach; Cloppenburg	2
02035	Timmerlager Bach; Cloppenburg	5
06022	Trecktief/Westerender Ehe; Aurich	4
03037	Tunxdorfer Ahe (Aschendorf bis Tunxdorf); Meppen	5
02091	Ueffelner Aue; Cloppenburg	5
02018	Vechtaer Moorbach; Cloppenburg	4
01030	Voltlager Aa; Cloppenburg	4
04020	Wasserzug vom Baumweg; Cloppenburg	5
06018	Westerender Ehe (Oberlauf); Aurich	5
06020	Wiegboldsburer Riede/Marscher Tief/Knockster Tief; Aurich	4
02002	Wierau, Hiddinghauser Bach, Westermoorbach; Cloppenburg	3
06027	Wymeerer Sieltief; Aurich	6

**Flussgebiet Vechte/Rhein** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer/Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
32007	Ahlder Bach; Meppen	4
32004	Dinkel; Meppen	4
32005	Eileringsbecke; Meppen	3
32030	Hopfenbach; Meppen	4
32012	Nordbecks Graben; Meppen	6
32027	Rammelbecke (ab Forst Bentheim); Meppen	6
32028	Rammelbecke (Forst Bentheim); Meppen	3
32011	Rietbecke; Meppen	6
32001	Vechte (Ohne bis Nordhorn); Meppen	3
32002	Vechte (Nordhorn bis Neuenhaus); Meppen	4
32003	Vechte (Neuenhaus bis Laar); Meppen	4

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer/Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
24076	Ahauser Bach; Verden	3
24032	Ahauser Bach und Ahauser Mühlengraben; Verden	2
08021	Ahle; Süd (Göttingen)	3
17016	Ahrbeck; Verden	4
14014	Aller; Süd (Braunschweig)	2
14044	Aller; Süd (Braunschweig)	3
17001	Aller I; Verden	3
17002	Aller II; Verden	3
22001	Aller; Verden	3
18023	Allerbach; Süd (Göttingen)	4
13030	Allerbeeke (Oberlauf); Sulingen	4
13024	Allerbeeke (Unterlauf); Sulingen	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
20016	Alme; Hannover-Hildesheim	4
16046	Alte Fuhse (Knickgraben); Süd (Braunschweig)	5
21085	Alte Leine; Hannover-Hildesheim	5
26055	Alte Lune; Stade	5
12048	Alte Weser; Sulingen	5
25048	Altonaer Mühlbach; Brake-Oldenburg	3
17069	Alvernscher Bach; Verden	4
17042	Angelbach; Verden	5
17019	Aschau; Verden	2
26089	Aschwardener Flutgraben; Verden	5
26108	Aschwardener Flutgraben (Unterlauf); Verden	5
18012	Aue (Leine); Süd (Göttingen)	4
19037	Aue (Suhle); Süd (Göttingen)	5
17035	Aue (Wietze); Verden	4
25055	Aue + Zuflüsse (Hunte); Brake-Oldenburg	1
16035	Aue/Erse; Süd (Braunschweig)	4
21014	Auter (Oberlauf); Hannover-Hildesheim	3
21013	Auter (Bach); Hannover-Hildesheim	3
21012	Auter (Fluss); Hannover-Hildesheim	3
24016	Bartelsdorfer Kanal; Verden	4
14012	Beberbach; Süd (Braunschweig)	5
10013	Beberbach; Hannover-Hildesheim	1
24064	Beek; Verden	5
24013	Beek; Verden	5
24011	Benkeloher Graben; Verden	4
17051	Berger Bach; Verden	4
20009	Beuster; Hannover-Hildesheim	2
08014	Beverbach (Weser); Hannover-Hildesheim	4
18033	Beverbach (Leine); Süd (Göttingen)	4
18032	Beverbach (Leine); Süd (Göttingen)	5
26048	Beverstedter Bach; Stade	5
18022	Bewer; Süd (Göttingen)	2
26121	Billerbeck (Oberlauf); Stade	5
26050	Billerbeck (Unterlauf); Stade	5
22033	Bleckwedeler Graben; Verden	5
12018	Blenhorster Bach; Sulingen	4
22007	Böhme I; Verden	2
22008	Böhme II; Verden	2
22009	Böhme III; Verden	2
18030	Bölle; Süd (Göttingen)	6
22013	Bomlitz mit Riesbeck; Verden	3
21022	Bornau; Hannover-Hildesheim	1
25010	Bornbach; Cloppenburg	5
14001	Bottendorfer Bach; Süd (Braunschweig)	4
26026	Braker Sieltief/Dornebbe; Brake-Oldenburg	5
26074	Brameler Randgraben); Stade	5
19021	Bremke; Süd (Göttingen)	3
17024	Bruchbach; Verden	1
24020	Bruchwiesenbach; Verden	4
17039	Brunau (Örtze) II; Verden	4
14010	Bruno/Hässelbach; Süd (Braunschweig)	4
12040	Bückeburger Aue (oberer Oberlauf); Hannover-Hildesheim	1
12058	Bückeburger Aue (oberer Mittellauf); Hannover-Hildesheim	2

**Flussgebiet Weser** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
12037	Bückeburger Aue (Mittellauf); Hannover-Hildesheim	2
12057	Bückeburger Aue (unterer Mittellauf); Hannover-Hildesheim	2
12049	Bückeburger Aue (Unterlauf in Niedersachsen); Hannover-Hildesheim	2
12017	Bückener Mühlenbach (Oberlauf); Sulingen	4
12015	Bückener Mühlenbach (Unterlauf); Sulingen	5
14020	Bullergraben; Süd (Braunschweig)	5
26008	Butteler Bäke; Brake-Oldenburg	5
12062	Calle; Sulingen	5
25014	Dadau (Oberlauf); Sulingen	6
25078	Dadau (Unterlauf); Sulingen	6
24027	Dahnhorstgraben; Verden	2
23003	Delme + Welse in Delmenhorst; Brake-Oldenburg	5
23025	Delme (Oberlauf); Brake-Oldenburg	1
23009	Delme (Mittellauf); Brake-Oldenburg	1
23004	Delme (Unterlauf oberhalb Delmenhorst); Brake-Oldenburg	3
23027	Delme (Unterlauf, Tidebereich); Brake-Oldenburg	4
21061	Despe; Hannover-Hildesheim	4
18021	Diesse; Süd (Göttingen)	1
18020	Diesse; Süd (Göttingen)	2
20004	Dinklarer Klunkau; Hannover-Hildesheim	6
18054	Dramme; Süd (Göttingen)	3
26038	Drepte (Oberlauf); Stade	4
26039	Drepte (Mittellauf); Stade	4
26040	Drepte (Unterlauf); Stade	4
18011	Düderoder Bach; Süd (Göttingen)	4
23011	Dünsener Bach (Mittel- und Oberlauf); Brake-Oldenburg	3
23006	Dünsener Bach (Unterlauf) /Pultern; Brake-Oldenburg	3
24080	Dunzelbach; Verden	4
08030	Dürre Holzminde; Hannover-Hildesheim	2
15011	Ecker; Süd (Braunschweig)	3
15007	Ecker (bis Talsperre); Süd (Braunschweig)	1
15010	Ecker (ab Talsperre); Süd (Braunschweig)	2
16021	Edder; Hannover-Hildesheim; Süd (Braunschweig)	5
21006	Eilveser Bach; Hannover-Hildesheim	3
25051	Ellenbäke; Cloppenburg	4
26004	Ellenserdammer Tief + Nebengewässer (Marsch); Brake-Oldenburg	5
19030	Eller/Obere Eller; Süd (Göttingen)	5
11008	Else (Oberlauf); Cloppenburg	4
11004	Else (Mittellauf); Cloppenburg	4
26114	Ender Tief; Aurich	5
10022	Emmer; Hannover-Hildesheim	2
14007	Emmerbach; Süd (Braunschweig)	3
21005	Empeder Bach; Hannover-Hildesheim	1
13025	Eschbach; Sulingen	4
18038	Espolde; Süd (Göttingen)	3
18036	Espolde; Süd (Göttingen)	3
17045	Esseler Kanal mit Nordkanal; Verden	5
24077	Everser Bach; Verden	4
10004	Exter; Hannover-Hildesheim	3
24029	Federlohmühlenbachbach I; Verden	5
24030	Federlohmühlenbachbach II; Verden	2
23032	Finkenbach; Sulingen	5
24072	Fintau; Verden	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
25049	Flachsbäke; Brake-Oldenburg	3
24010	Florgraben; Verden	5
16047	Flote; Süd (Braunschweig)	5
08012	Forstbach; Hannover-Hildesheim	3
26066	Frelsdorfer Mühlenbach; Stade	4
26030	Friedeburger Tief; Aurich	5
16045	Fuhse; Süd (Braunschweig)	4
16031	Fuhse; Süd (Braunschweig)	4
16062	Fuhse; Verden	5
16015	Fuhsekanal; Verden	5
16018	Fuhsekanal; Verden	5
42001	Fulda; Süd (Göttingen)	4
22015	Fulde (Böhme); Verden	4
12031	Fulde (Steinhuder Meerbach) Oberlauf; Sulingen	3
12026	Fulde (Steinhuder Meerbach) Unterlauf; Sulingen	5
26053	Gackau (Unterlauf); Stade	5
18050	Garte (mit Thüringen); Süd (Göttingen)	4
26060	Geeste (Oberlauf); Stade	4
26061	Geeste (Mittellauf bis Einmündung Grove); Stade	4
26062	Geeste (Mittellauf unterhalb Grove bis Einmündung Seekanal); Stade	4
26063	Geeste (Unterlauf 1 bis Tidesperwerk); Stade	5
26007	Geestrandtief; Brake-Oldenburg	5
21053	Gehlenbach; Hannover-Hildesheim	1
10026	Gelbbach; Hannover-Hildesheim	3
19040	Gillersheimer Bach; Süd (Göttingen)	5
21065	Glasebach; Hannover-Hildesheim	1
15052	Glüsig (Lauinger Mühlenriede); Süd (Braunschweig)	4
22038	Gohbach mit Schmobach; Verden	4
12061	Graue; Sulingen	4
25022	Grawiede; Sulingen	6
13001	Große Aue; Sulingen	4
22011	Große Aue inkl. Heidbach; Verden	4
19015	Große Kulmke; Süd (Göttingen)	2
19017	Große Lonau; Süd (Göttingen)	1
19020	Große Söse; Süd (Göttingen)	4
26067	Grove; Stade	4
18047	Grundbach; Süd (Göttingen)	5
25033	Haaren (Oberlauf), Putthaaren; Brake-Oldenburg	6
25034	Haaren (Unterlauf) + Unterlauf Ofener Bäke; Brake-Oldenburg	5
17021	Haberlandbach I; Verden	4
17022	Haberlandbach II; Verden	4
23024	Hache (Oberlauf); Sulingen	2
23021	Hache (Unterlauf); Sulingen	3
19010	Hackenbach; Süd (Göttingen)	5
25057	Hageler Bach (Mittellauf); Brake-Oldenburg	3
24022	Hahnenbach; Verden	4
26117	Hahner Bäke (Unterlauf); Brake-Oldenburg	5
21051	Haller Fluss; Hannover-Hildesheim	2
10016	Hamel Fluss; Hannover-Hildesheim	1
24054	Hamme I; Verden	5
24055	Hamme II; Verden	5
24056	Hamme III; Verden	5
14034	Hasselbach (Aller); Süd (Braunschweig)	5

**Flussgebiet Weser** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
08031	Hasselbach (Dürre Holzminde); Hannover-Hildesheim	1.1
17041	Hasselbach (Örtze); Verden	5
24028	Hasselbach (Rodau); Verden	2
22028	Häußlinger Hauptvorfluter; Verden	5
25101	Heiligenloher Beeke; Sulingen	5
10019	Herksbach; Hannover-Hildesheim	5
10007	Heßlinger Bach; Hannover-Hildesheim	2
26091	Hinnebecker Fleth (Oberlauf); Verden	5
26110	Hinnebecker Fleth (Unterlauf); Verden	5
17057	Hohe Bach I; Verden	3
17058	Hohe Bach II; Verden	3
10008	Hollenbach; Hannover-Hildesheim	1
08015	Holzminde; Hannover-Hildesheim	1
23031	Hombach; Sulingen	4
26105	Hörsper Ollen; Brake-Oldenburg	6
10014	Humme Bach; Hannover-Hildesheim	5
10012	Humme Fluss; Hannover-Hildesheim	2
25001	Hunte (Oberlauf); Cloppenburg	2
25002	Hunte (ab Mittellandkanal); Cloppenburg	5
25017	Hunte (von Einmündung Wimmerbach bis Dümmer); Cloppenburg	4
25080	Hunte (von Dümmer bis Einmündung Grawiede); Sulingen	4
25019	Hunte (von Grawiede bis Ellenbäke); Sulingen	4
25092	Hunte (von Ellenbäke bis Wildeshausen); Brake-Oldenburg	1
25074	Hunte (von Wildeshausen bis Wardenburg); Brake-Oldenburg	1
25073	<i>Hunte (Tidebereich); Brake-Oldenburg</i>	3
25060	Huntloser Bach; Brake-Oldenburg	4
22044	Idsinger Bach; Verden	5
18027	Ilme; Süd (Göttingen)	1
18019	Ilme; Süd (Göttingen)	3
18014	Ilme; Süd (Göttingen)	4
21079	Ihme; Hannover-Hildesheim	4
42004	Ingelheimbach; Süd (Göttingen)	5
20039	Innerste; Süd (Göttingen)	4
20046	Innerste; Süd (Göttingen)	3
20045	Innerste; Hannover-Hildesheim	3
20001	Innerste; Hannover-Hildesheim	3
14002	Ise; Süd (Braunschweig)	2
26006	Jade; Brake-Oldenburg	5
17013	Jafelbach; Süd (Braunschweig)	4
22017	Jordanbach; Verden	4
21003	Jürsenbach; Hannover-Hildesheim	3
17012	Kainbach; Süd (Braunschweig)	2
20011	Kalte Beuster; Hannover-Hildesheim	1
26027	Käseburger Sieltief + Nebengewässer; Brake-Oldenburg	5
25050	Katenbäke + Nebengewässer; Brake-Oldenburg	2
14037	Katharinenbach; Süd (Braunschweig)	5
25042	Kimmerbäke, Brookbäke, Berne; Brake-Oldenburg	3
14022	Kleine Aller; Süd (Braunschweig)	5
14019	Kleine Aller; Süd (Braunschweig)	4
13021	Kleine Aue (Unterlauf); Sulingen	4
14051	Kleine Brunsroderriede; Süd (Braunschweig)	5
17028	Kleine Örtze; Verden	3
19012	Kleine Steinau; Süd (Göttingen)	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
19018	Kleine Steinau + Schindelgraben; Süd (Göttingen)	3
23033	Klosterbach; Sulingen	2
23013	Klosterbach (Mittellauf); Sulingen	4
23007	Klosterbach (Unterlauf) /Varreler Bäke; Sulingen	2
14006	Knesebach; Süd (Braunschweig)	4
17018	Köttelbeck; Verden	4
14028	Kronriede (Graben Nr.7); Süd (Braunschweig)	5
17060	Krusenhausener Bach mit Prahlbeeke; Verden	5
13018	Kuhbach (Oberlauf); Sulingen	5
13019	Kuhbach (Unterlauf); Sulingen	4
17010	Lachte I; Verden	2
17011	Lachte II; Verden	1
20012	Lamme; Hannover-Hildesheim	4
17031	Landwehrbach; Verden	5
15005	Lange; Süd (Braunschweig)	1.1
25094	Lecker Mühlbach (Oberlauf); Cloppenburg	4
25004	Lecker Mühlbach (Unterlauf); Cloppenburg	6
23019	Leester Mühlenbach mit Unterlauf Hombach und Gänsebach; Sulingen	3
22043	Lehrde I; Verden	2
22032	Lehrde II; Verden	1
18001	Leine; Süd (Göttingen)	3
18057	Leine; Süd (Göttingen)	3
18058	Leine; Süd (Göttingen)	3
18059	Leine; Süd (Göttingen)	3
18060	Leine; Süd (Göttingen)	3
21060	Leine (Bergland); Hannover-Hildesheim	3
21068	Leine (Despe bis Innerste); Hannover-Hildesheim	2
21069	Leine (Innerste bis Ihme); Hannover-Hildesheim	2
21019	Leine (Ihme bis Westaue); Hannover-Hildesheim	2
21001	Leine (Westaue bis Aller); Hannover-Hildesheim	2
08033	Lenne (Oberlauf mit Mittellauf); Hannover-Hildesheim	1
08032	Lenne (Unterlauf); Hannover-Hildesheim	1
24007	Lesum und Hamme; Verden	4
17052	Liethbach; Verden	4
25053	Lohmühlenbach; Brake-Oldenburg	4
25065	Lohne; Sulingen	6
08011	Lonaubach; Hannover-Hildesheim	1
26042	Lune (Mittellauf 1); Stade	4
26043	Lune (Mittellauf 2); Stade	3
26044	Lune (Unterlauf 1); Stade	5
26045	Lune (Unterlauf 2); Stade	5
24015	Lünzener Bruchbach; Verden	1
17015	Lutter (Lachte); Verden	2
15055	Lutter (Schunter); Süd (Braunschweig)	4
15054	Lutter (Schunter); Süd (Braunschweig)	5
19023	Lutter + Krumme Lutter (Oder) ; Süd (Göttingen)	1.1
26002	Maade /Upjeversches Tief; Brake-Oldenburg	5
24018	Mehlandsbach; Verden	3
17055	Meierbach I; Verden	4
17056	Meierbach II; Verden	5
17048	Meiße (Oberlauf); Verden	3
17049	Meiße mit Gelteichgraben; Verden	4
17050	Meiße (Unterlauf); Verden	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
26090	Meyenburger Mühlengraben; Verden	5
13016	Moorkanal zur Flöte; Sulingen	5
17043	Mühlenbach; Verden	4
14033	Mühlenriede; Süd (Braunschweig)	5
14032	Mühlenriede; Süd (Braunschweig)	5
25102	Natenstedter Beeke; Sulingen	4
19036	Nathe; Süd (Göttingen)	6
20030	Neile; Süd (Göttingen)	4
20018	Nette; Süd (Göttingen)	2
20023	Nette; Hannover-Hildesheim	3
08026	Nieme; Süd (Göttingen)	4
23034	Nienstedter Beeke; Sulingen	5
42003	Nieste; Süd (Göttingen)	4
17044	Obere Drebber; Verden	4
12013	Obere Eiter (Oberlauf); Sulingen	4
25063	Obere Lethe + Nebengewässer; Brake-Oldenburg	3
23020	Ochtum (Oberlauf); Sulingen	5
23030	Ochtum (Huchting); Sulingen	5
23001	Ochtum (Tidebereich); Brake-Oldenburg	4
19027	Oder; Süd (Göttingen)	5
19026	Oder (bis Talsperre); Süd (Göttingen)	1.1
19024	Oder; Süd (Göttingen)	2
19009	Oder; Süd (Göttingen)	2
15044	Ohe /Losebacht; Süd (Braunschweig)	5
15035	Oker (bis Talsperre); Süd (Braunschweig)	1
15002	Oker; Süd (Braunschweig)	2
15001	Oker; Süd (Braunschweig)	3
15036	Oker (ab Schunter); Süd (Braunschweig)	2
26122	Oldendorfer Bach; Stade	5
26106	Ollen; Brake-Oldenburg	6
20022	Ortshäuser Bach; Hannover-Hildesheim	4
17026	Örtze; Verden	1
17025	Örtze inkl. Ilster; Verden	2
24082	Otterstedter Beeke; Verden	4
17020	Quarmbach; Verden	5
15006	Radau; Süd (Braunschweig)	1
18048	Rase; Süd (Göttingen)	5
26031	Reepsholter Tief; Aurich	5
08023	Rehbach I+II, Malliehagenbach; Süd (Göttingen)	5
24033	Rehengraben; Verden	5
24012	Rehrbach; Verden	4
08018	Reiherbach I+II; Süd (Göttingen)	2
17068	Reininger Moorkanal; Verden	5
24035	Reithbach; Verden	5
12052	Rennriehe; Hannover-Hildesheim	5
19041	Renshausener Bach; Süd (Göttingen)	5
12011	Retzer Bach (Oberlauf); Sulingen	4
19001	Rhume; Süd (Göttingen)	3
19051	Rhume; Süd (Göttingen)	3
20014	Riehe; Hannover-Hildesheim	4
18028	Riepenbach; Süd (Göttingen)	2
21027	Riesbach; Hannover-Hildesheim	3
17053	Riethbach; Verden	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
25046	Rittrumer Mühlbach; Brake-Oldenburg	2
16002	Rixfördergraben; Verden	5
24074	Rodau; Verden	2
18035	Rodebach; Süd (Göttingen)	5
21025	Rodenberger Aue (Oberlauf); Hannover-Hildesheim	2
21024	Rodenberger Aue (Mittellauf); Hannover-Hildesheim	2
21023	Rodenberger Aue (Unterlauf); Hannover-Hildesheim	2
10006	Rohder Bach; Hannover-Hildesheim	2
13037	Rohrbach; Sulingen	3
12053	Rothe; Hannover-Hildesheim	5
24059	Rummeldeisbeek II; Verden	5
24073	Ruschwede; Verden	3
21083	Saale (Oberlauf); Hannover-Hildesheim	2
21056	Saale (Bach); Hannover-Hildesheim	3
21055	Saale (Fluss); Hannover-Hildesheim	3
21026	Salzbach; Hannover-Hildesheim	3
15046	Sandbach; Süd (Braunschweig)	5
14011	Sauerbach; Süd (Braunschweig)	5
20026	Schaller; Süd (Göttingen)	4
24067	Scharmbecker Bach II; Verden	5
08027	Schede; Süd (Göttingen)	5
26124	Scheidebach; Stade	5
15050	Scheppau; Süd (Braunschweig)	4
12038	Schermbecke; Hannover-Hildesheim	4
15039	Schierpkebach; Süd (Braunschweig)	1.1
15061	Schierpkebach; Süd (Braunschweig)	5
12047	Schiffgraben (Hochmoorgewässer); Sulingen	4
26029	Schiffsbalje; Aurich	6
20025	Schildau; Süd (Göttingen)	4
12050	Schloßbach; Hannover-Hildesheim	5
17017	Schmalwasser mit Räderbach; Verden	3
26095	Schönebecker Aue (Oberlauf) ; Verden	5
23035	Schorlingborsteler Beeke; Sulingen	5
18039	Schöttelbach; Süd (Göttingen)	3
15059	Schunter; Süd (Braunschweig)	3
15051	Schunter; Süd (Braunschweig)	3
16038	Schwarzwasser; Süd (Braunschweig)	5
17004	Schwarzwasser I; Süd (Braunschweig)	5
24075	Schweinekobenbach; Verden	4
08025	Schwülme (Oberlauf); Süd (Göttingen)	4
08020	Schwülme (Unterlauf); Süd (Göttingen)	2
08024	Schwülme /Auschnippe; Süd (Göttingen)	3
10028	Sedemünder Mühlbach; Hannover-Hildesheim	5
26073	Sellstedter Seekanal; Stade	5
20019	Sennebach; Hannover-Hildesheim	3
19016	Sieber; Süd (Göttingen)	2
19013	Sieber; Süd (Göttingen)	2
19014	Sieber; Süd (Göttingen)	1
19011	Sieber; Süd (Göttingen)	2
13038	Siede; Sulingen	4
13028	Siede (Unterlauf); Sulingen	3
22010	Soltau; Verden	5
19031	Soolbach; Süd (Göttingen)	5

**Flussgebiet Weser** (Gewässer /Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
19019	Söse; Süd (Göttingen)	4
19045	Söse; Süd (Göttingen)	5
19004	Söse; Süd (Göttingen)	4
17014	Sothbach; Verden	5
17030	Sothrieth mit südlichem Quellbach; Verden	5
13027	Speckenbach; Sulingen	5
19025	Sperrlutter; Süd (Göttingen)	1
20040	Spiegeltaler Graben; Süd (Göttingen)	5
08010	Spiekersiek; Hannover-Hildesheim	2
18024	Spüligbach; Süd (Göttingen)	4
14035	Steekgraben/Hehlinger Bach; Süd (Braunschweig)	5
20031	Steimker Bach, Kiefbach; Süd (Göttingen)	4
22016	Steinförthsbach; Verden	3
12044	Steinhuder Meerbach (Oberlauf); Sulingen	4
12021	Steinhuder Meerbach (Mittel- und Unterlauf); Sulingen	4
24008	Stellbach; Verden	3
12028	Strangbach; Sulingen	5
12029	Südbach; Sulingen	5
17046	Südkanal; Verden	5
19043	Suhle; Süd (Göttingen)	5
13022	Sule (Oberlauf); Sulingen	5
13023	Sule (Unterlauf) und Flöte bei Lindern; Sulingen	5
11002	Suttbach; Cloppenburg	4
15047	Teichgraben; Süd (Braunschweig)	5
21084	Thüster Beeke; Hannover-Hildesheim	5
16004	Tiefenbruchgraben; Hannover-Hildesheim	5
17029	Trauener Graben; Verden	5
24021	Trochelbach; Verden	4
25061	Twillbäke; Cloppenburg	3
15053	Uhrau; Süd (Braunschweig)	5
17047	Untere Drebber; Verden	5
25067	Untere Lethe; Brake-Oldenburg	4
23026	Varreler Bäke (Unterlauf); Brake-Oldenburg	5
24014	Veerse; Verden	2
25093	Venner Mühlenbach/Elze (Oberlauf); Cloppenburg	4
22034	Vethbach; Verden	5
22035	Vethbach mit Thransgraben (Unterläufe); Verden	4
14026	Viehmoorgraben; Süd (Braunschweig)	5
24025	Visselbach; Verden	4
14027	Vollbütteler Riede; Süd (Braunschweig)	5
14024	Vorderer Drömlingsgraben; Süd (Braunschweig)	5
17023	Vorwerker Bach; Verden	5
15045	Wabe; Süd (Braunschweig)	4
15041	Wabe; Mittelriede; Süd (Braunschweig)	3
24081	Walle; Verden	2
24079	Walle (Unterlauf); Verden	2
21029	Waltershagenerbach; Hannover-Hildesheim	1
20010	Warme Beuster; Hannover-Hildesheim	1
22014	Warnau; Verden	4
15014	Weddebach; Süd (Braunschweig)	4
17040	Weesener Bach; Verden	2
24040	Weidebach; Verden	5
23008	Welse + Nutteler Nebenzug; Brake-Oldenburg	3

**Flussgebiet Weser** (Gewässer/Wasserkörper ohne Priorität sind nicht aufgelistet)

<b>WK-NR.</b>	<b>Fließgewässer /Wasserkörper-Name; federführende NLWKN-Betriebsstelle</b>	<b>Priorität</b>
21080	Wennigser Mühlbach; Hannover-Hildesheim	4
08001	Weser; Hannover-Hildesheim	4
10003	Weser; Hannover-Hildesheim	4
12001	Weser (Mittelweser zwischen Nordrhein-Westfalen und Aller); Sulingen	4
12901	Weser; Sulingen	4
12046	Weser (Mittelweser zwischen Aller und Bremen); Verden	4
<i>26035</i>	<i>Weser (Tidebereich oberhalb Brake); Brake-Oldenburg</i>	3
<i>T1.4000.01</i>	<i>Weser (Übergangsgewässer); Brake-Oldenburg</i>	3
21018	Westaue Fluss; Hannover-Hildesheim	4
24017	Westerholzer Kanal; Verden	5
24019	Wiedau; Verden	2
22002	Wiedenhausener Bach I; Verden	5
22003	Wiedenhausener Bach II; Verden	4
24039	Wieste; Verden	2
24078	Wieste (Unterlauf); Verden	3
16012	Wietze (Edder); Hannover-Hildesheim	5
16001	Wietze (Edder); Hannover-Hildesheim	5
17033	Wietze (Örtze) I; Verden	4
17034	Wietze (Örtze) II; Verden	2
13036	Winterbach; Sulingen	4
12041	Winzlarer Grenzgraben; Sulingen	5
14023	Wipperaller; Süd (Braunschweig)	5
21066	Wispe (Oberlauf); Hannover-Hildesheim	1
21064	Wispe; Hannover-Hildesheim	2
26017	Woppenkamper Bäke; Brake-Oldenburg	5
24048	Wörpe I; Verden	3
24049	Wörpe II; Verden	4
16003	Wulbeck; Hannover-Hildesheim	3
16006	Wulbeck; Hannover-Hildesheim	5
24001	Wümme I; Verden	2
24002	Wümme II (mit Todtgraben); Verden	2
24003	Wümme III; Verden	2
24004	Wümme IV; Verden	2
24006	Wümme V; Verden	3
24043	Wümme-Mittelarm; Verden	2
24038	Wümme-Nordarm II; Verden	2
24005	Wümme-Südarm; Verden	1
20041	Zellbach; Süd (Göttingen)	4
21021	Ziegenbach; Hannover-Hildesheim	2

*kursiv* = tidebeeinflusste Bundeswasserstraße mit stark eingeschränkten Optionen zur Umsetzung von Maßnahmen