



Anlage B

Erläuterungsbericht Sedimentmanagementkonzept

Projekt Amper *rhei*

FWK: 1_F440, 1_F441, 1_F442, 1_F443



Inhalt

Inhalt	2
1. Einführung.....	4
1.1. Anlass und Ziel des Vorhabens	4
1.2. Vorhabensträger	4
1.3. Gebietsübersicht	4
2. Fach- und Rechtsgrundlagen	6
2.1. Grundlagen zu Sediment.....	6
2.2. Feststoffhaushalt und Eintiefungstendenzen der Amper.....	7
2.3. Fischbestand.....	8
2.4. Wasserwirtschaft.....	8
2.4.1. Wasserrecht.....	8
2.4.2. Gewässerentwicklungsplan	9
2.4.3. Gewässerstrukturkartierung	10
2.5. Naturschutz.....	10
3. Maßnahmenplanung	11
3.1. Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit.....	11
3.1.1. Umlagerung	11
3.1.2. Stauraumspülung	15
3.2. Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentfunktion.....	19
3.2.1. Herstellen von Kieslaichflächen.....	20
3.2.2. Reaktivierung kolmatierter Kiesbänke	22
3.2.3. Umsetzungshinweise	22
3.2.4. Monitoring	22
3.3. Hydromorphologische Maßnahmen.....	23
4. Ausblick.....	24
Literatur	25
Anhang.....	26

Abkürzungen

BayBO	Bayerische Bauordnung
BayWG	Bayerisches Wassergesetz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
FFH	Flora-Fauna-Habitat
Fkm	Flusskilometer
GEP	Gewässerentwicklungsplan
GSK	Gewässerstrukturkartierung
LFV	Landesfischereiverband Bayern e.V.
LRA	Landratsamt
MP	Managementplan
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	europäische Wasserrahmenrichtlinie
WWA M	Wasserwirtschaftsamt München

1. Einführung

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden zum Zwecke des Hochwasserschutzes, der Energiegewinnung und der Gewinnung von landwirtschaftlich nutzbaren Flächen an der Amper zahlreiche bauliche Maßnahmen umgesetzt. Wasserkraftanlagen mit Stauhaltungseinrichtungen wurden in Betrieb genommen, Ufer befestigt und Querbauwerke zur Sohlstabilisierung errichtet; die Amper wurde weitestgehend begradigt. Die Folge dieser Maßnahmen ist ein beeinträchtigter Sedimenthaushalt des Flusses. Sedimente lagern sich in Stauanlagen ab, sodass die Sedimentdurchgängigkeit und damit auch die **Sedimentverfügbarkeit** in der Amper gestört sind. Daraus ergibt sich, dass eigendynamische Entwicklungen eingeschränkt sind, was an fehlenden Gewässerstrukturen und dem Mangel an wichtigen Habitaten für die gewässertypische Flora und Fauna zu erkennen ist. Der strukturelle Reichtum des Untergrundes ist besonders für kieslaichende Fische und Bewohner des Kieslückenraumes (Interstitials) als Lebensraum von großer Bedeutung. Neben der Sedimentverfügbarkeit ist also auch die **Sedimentfunktion** äußerst relevant.

1.1. Anlass und Ziel des Vorhabens

Das Wasserwirtschaftsamt München (WWA M) stellt mit dem Sedimentmanagementkonzept die fachliche Grundlage für den flussübergreifenden Umgang mit Sediment in der Amper. Der Schwerpunkt liegt auf der Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen, die der Verbesserung und Herstellung der **Sedimentverfügbarkeit** unter Berücksichtigung der **Sedimentfunktion** dienen.

Das Sedimentmanagementkonzept verfolgt das Ziel ein naturnahes Gleichgewicht von Erosion und Sedimentation herzustellen, indem es die naturräumlichen Bedingungen des gesamten Flusslaufes der Amper berücksichtigt. Es werden geeignete Stellen für Geschiebebringungen festgelegt und die Grundlagen für Stauraumpülungen aufgezeigt, um die Sedimentverfügbarkeit entlang der gesamten Amper sicherzustellen. Des Weiteren werden Maßnahmenvorschläge entwickelt, deren Ziel es ist die Funktion des Flusssediments zu verbessern. Dazu zählen die Neuanlage von Kieslaichflächen und die Reaktivierung kolmatierter Kiesbänke. Mögliche Umsetzungsstellen werden verortet.

Das Konzept soll mit seinen Maßnahmen dazu beitragen, dass der gute ökologische Zustand gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im dritten Bewirtschaftungszeitraum von 2022 bis 2027 erhalten bleibt. Es dient zugleich als Handlungsempfehlung für den Umgang mit Sediment im Zusammenhang mit Stauraumverhandlungen für die Anlagenbetreiber.

1.2. Vorhabensträger

Vorhabensträger ist der Freistaat Bayern, vertreten durch das WWA M, dem die Unterhaltung der Amper als Gewässer 1. Ordnung obliegt. Das Sedimentmanagementkonzept bezieht alle Anlagenbetreiber, die zur Entwicklung und Pflege im Rahmen der Unterhaltung verpflichtet sind mit ein. Eine Kooperation mit der Fischereiwirtschaft wird angestrebt.

1.3. Gebietsübersicht

Das Konzept umfasst den gesamten Flusslauf der Amper, der sich auf rund 105 km Fließstrecke zwischen dem Ausfluss des Ammersees und der Mündung in die Isar erstreckt. Für die themenübergreifende Projektbearbeitung wurde die Amper in 20 Projektabschnitte eingeteilt. Die Projektabschnitte unterscheiden sich hinsichtlich Abflussverhalten, Gewässerstruktur und Durchgängigkeit und werden den Kategorien „frei fließend“, „städtisch

geprägt“ und „Wasserkraft geprägt“ zugeordnet. Die Wasserkraft geprägten Abschnitte zeigen ein verändertes, staubeeinflusstes Abflussverhalten durch Wasserkraftnutzung. Entlang der Amper befinden sich 12 Wasserkraftanlagen, darunter acht Ausleitungs- und vier Laufwasserkraftwerke. Daneben sind Sohlgleiten und -rampen verbaut, die in den frei fließenden Gewässerabschnitten bereits überwiegend biologisch durchgängig gestaltet sind, jedoch weiterhin zu veränderten Rahmenbedingungen für die Geschiebeverfügbarkeit ober- wie unterhalb der Bauwerke führen. Eine Liste mit allen Bauwerken ist Anhang 1 zu entnehmen. Die räumliche Verortung der Wehranlagen ist der Maßnahmenkarte zu entnehmen.

Die Amper lässt sich des Weiteren in Ober-, Mittel- und Unterlauf unterteilen. Die Einteilung nach Flusskilometern (Fkm) ist dabei wie folgt:

- Unterlauf (Fkm 0+000 bis 56+000)
- Mittellauf (Fkm 56+000 bis 91+000)
- Oberlauf (Fkm 91+000 bis 105+800)

2. Fach- und Rechtsgrundlagen

Im Folgenden werden die Fach- und Rechtsgrundlagen, auf denen dieses Konzept basiert, erläutert.

2.1. Grundlagen zu Sediment

Definition und Funktion des Sediments

Sedimente sind zu verstehen als originäre, essentielle, unverzichtbare und dynamische Bestandteile aquatischer Lebensräume. Sie sind von entscheidender Relevanz für Gewässerökosysteme/-funktion/-nutzung und wichtiger Bestandteil der morphologischen Flusssedimentdynamik. Für die Biodiversität sind sie von hoher gewässerökologischer Bedeutung und erfüllen eine Vielzahl von Funktionen für das Gewässer (StMUV, 2021). Die Funktionen sind:

- Lebensraum für Makrozoobenthos
- Lebensraum und Einstände für Fische
- Lebensraum für Muscheln, Krebse, etc.
- Laichhabitat für Fische (LFV Bayern, 2021)
- filtrierende Wirkung

Sedimenttransport

Sedimente werden aus dem Einzugsgebiet in das Flussbett eingetragen oder durch Abtragungs- und Umlagerungsprozesse im Flussbett selbst bereitgestellt. Sie können sich in Ruhe, in Bewegung oder in der Schwebelage befinden. Feststoffe, die in Schwebelage transportiert werden, werden als Schwebstofffracht bezeichnet. Geschiebe beschreibt die Feststoffe, die an der Gewässersohle transportiert werden und damit den entscheidenden Teil der bettbildenden Fracht einnehmen (DIN e.V., 1992; DWA, 2012).

Die Frachtart hängt von der Korngröße ab; je feiner die Korngröße, desto größer die Tendenz, mit der fließenden Welle als Schwebstoff transportiert zu werden. Die Korngröße nimmt in der Regel im Verlauf des Flusslaufes ab, mechanischer Abrieb führt zur Kornverkleinerung.

Als Speicherraum für Sediment sind Stauhaltungsbereiche oder natürliche Rückhalteräume in der Talauflage zu nennen. Bei Abnahme der Fließgeschwindigkeiten, und damit auch der Transportkapazität, wird das Sediment nicht weitertransportiert und lagert sich ab. Umgekehrt führt eine erhöhte Transportkapazität bei ausbleibender Feststoffzugabe zu Erosionsprozessen und folglich zu Eintiefungen sowie Seitenerosion.

Kolmation

Überströmte Kiesbänke unterliegen einem natürlichen Degradierungsprozess. Intakte Kiesbänke besitzen ein Kieslückensystem, das mit Flusswasser durchspült wird. Dabei wird das Wasser abgebremst, sodass die Transportkapazität von Feinsedimenten abnimmt. Schwebstoffe lagern sich mit der Zeit im Lückensystem ab und verstopfen dieses (Kolmation). Die Geschwindigkeit der Kolmation hängt maßgeblich vom Schwebstoffgehalt des Flusswassers ab; bei höheren Schwebstoffkonzentrationen kolmatieren Kieslückensysteme schneller. Durch die Kolmation verliert die Kiesbank ihre Funktion als Laichplatz und Lebensraum für kiesbewohnende Tierarten, da die Durchströmung mit Flusswasser abnimmt. Infolgedessen sinkt der Sauerstoffgehalt und Verfestigungen treten auf (Pulg, 2007). Maßnahmen, die der Kolmation entgegenwirken und damit die Funktion einer Kiesbank als Habitat wiederherstellen sind in Kapitel 3.2 beschrieben.

2.2. Feststoffhaushalt und Eintiefungstendenzen der Amper

Feststoffhaushalt der Amper

Der Feststoffhaushalt der Amper ist maßgeblich durch den Ammersee als Feststoffsene bestimmt. Im Mittel- und Unterlauf nimmt durch die größere Abflussdynamik der Geschiebetrieb zu. Die größten Feinkornzugaben kommen dabei hauptsächlich aus dem Tertiärhügelland (Eintrag v.a. über die Glonn), weniger aus der Münchner Schotterebene (Gröbenbach, Würm, etc.) (Schober, 2005). Anhang 3 liefert einen Überblick über den Feststoffhaushalt an der Amper.

Eintiefungstendenzen der Amper

Durch den Ammersee ist der alpine Feststofftransport in die Amper eingeschränkt. Zudem hat im gesamten Lauf durch die Begradigung eine Verringerung der Fließstrecke stattgefunden, womit eine Erhöhung des Energieliniengefälles verbunden ist. Das Ergebnis ist eine größere Schubspannung bei gleichzeitigem Geschiebemangel. Die höhere Schubspannung ist dafür verantwortlich, dass Flussbettmaterial als Geschiebe im Fluss transportiert wird und sich die Flusssohle eintieft. Unter natürlichen Bedingungen ist ein Teil dieses Flussbettmaterials Ufermaterial, das aus Seitenerosion stammt. Dies wird jedoch durch die bestehenden Uferverbauungen vielerorts unterbunden, wodurch die Amper in den letzten ca. 100 Jahren verstärkt Material von der Gewässersohle fördert. Das Ergebnis ist die Eintiefung der Amper über weite Strecken hinweg. In den frei fließenden Gewässerstrecken zeigen sich verstärkte Eintiefungstendenzen gegenüber den Ausleitungsstrecken, da in ersterer vergleichsweise höhere Fließgeschwindigkeiten und damit einhergehend höhere Sohlschubspannungen vorliegen.

Köhler (2021) konnte mittels der Auswertung von Querprofilvermessungen (Daten von 1979 bis 2016 im 200 m Abstand) ein Sedimentdefizit für die gesamte Amper von ca. 10 000 m³/a feststellen. Die lokalen Eintiefungen der Amper liegen in einem Bereich von wenigen Zentimetern pro Jahr (Köhler, 2021). Auch Schober (2005) erkennt in der Amper „auf großen Strecken im Mittel- und auch Unterlauf Eintiefungstendenzen“.

Nachteile der Eintiefung

Die Eintiefung der Flusssohle führt zum Absinken des Wasser- und Grundwasserspiegels, was die semiterrestrische Lebensgemeinschaft bedroht (DWA, 2012). Das Absinken des Grundwasserspiegels führt dazu, dass Altgewässer austrocknen. Gleichzeitig bewirkt das Absinken des Flusswasserspiegels den Verlust der Anbindung von Altgewässern und Seitengewässern. Außerdem bedeuten Eintiefungen „eine empfindliche Störung des Abflussgeschehens, der Feststoffdynamik sowie der Auenlebensräume“ (Schober, 2005). Ein Mangel an Geschiebe ist ein Mangel an Habitat für kieslaichende Fische und Bewohner des Kieslückenraumes.

Neben den ökologischen Auswirkungen gefährdet die erhöhte Sohlerosion in den Unterwasserbereichen der Wehranlagen die Standsicherheit der Bauwerke, wie auch die von Brücken im gesamten Flusslauf (Schober 2005). Das erodierte Geschiebe lagert sich aufgrund der geringeren Fließgeschwindigkeiten in den Staubereichen ab. Dort reduziert es das Speichervolumen, was sich unmittelbar auf den Betrieb der Anlagen und auf die Hochwassersicherheit auswirkt.

Um diesen Nachteilen entgegenzuwirken, ist es notwendig Maßnahmen zu ergreifen, die der Eintiefungstendenz und dem Geschiebemangel entgegenwirken. Diese Maßnahmen werden

im vorliegenden Konzept beschrieben und haben zum Ziel, dass das Geschiebe, welches in den Stauräumen angelandet ist, durch Umlagerung oder Spülung dem Fluss wieder verfügbar gemacht wird (siehe Kapitel 3.1). Außerdem kann die Versorgung mit frischem Geschiebe durch Rückbau von Uferbefestigungen und Initiierung eigendynamischer Prozesse wie der Seitenerosion erreicht werden (siehe Kapitel 3.3.).

2.3. Fischbestand

Die Amper zählt als artenreiches Gewässersystem natürlicherweise 40 Fischarten im Unterlauf bzw. 37 im Oberlauf. Nach der fischökologischen Bewertung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU, 2021), stellt die Amper „ein wichtiges Biotop von überregionaler Bedeutung dar.“ Trotz der Bewertung des guten Zustandes der Qualitätskomponente Fische für alle vier Flusswasserkörper, zeigt der Fischbestand Defizite im Bestand rheophiler Kieslaicher wie Frauenerfling, Nase und Äsche auf. Grund dafür ist auf der Mangel an Lebensräumen. Diese sind dynamisch sich erneuernde, rasch über- und durchströmte, flache Kiesbänke mit lockerem Geschiebe und beruhigten Flachwasser- bzw. Uferzonen.

Um den Bestand rheophiler Kieslaicher zu verbessern, müssen demnach Maßnahmen getroffen werden, deren Ziel es ist, Habitate für diese Fischarten herzustellen. Die Verfügbarkeit von Kies in der Amper muss sichergestellt werden, damit sich eigendynamisch Kiesbänke bilden können (siehe Kapitel 3.1). Gleichzeitig können durch Kieszugabe Kiesbänke gezielt neu geschaffen und unter Umständen kolmatierte Kiesbänke restauriert werden (siehe Kapitel 3.2).

2.4. Wasserwirtschaft

2.4.1. Wasserrecht

Stauraumentlandung

Nach Art. 22 Abs. 3 BayWG ist der Anlagenbetreiber zur Unterhaltung des Gewässers nach § 39 WHG verpflichtet. Bezogen auf das Geschiebe, gehören zur Gewässerunterhaltung insbesondere:

- die **Erhaltung des Gewässerbettes**, auch zur Sicherung eines ordnungsgemäßen Wasserabflusses (§ 39 Abs. 1 Nr. 1 WHG),
- die Erhaltung und Förderung der **ökologischen Funktionsfähigkeit** des Gewässers insbesondere als **Lebensraum** von wildlebenden Tieren und Pflanzen (§ 39 Abs. 1 Nr. 4 WHG),
- die Erhaltung des Gewässers in einem Zustand, der hinsichtlich der Abführung oder Rückhaltung von Wasser, Geschiebe, Schwebstoffen und Eis den wasserwirtschaftlichen Bedürfnissen entspricht (§ 39 Abs. 1 Nr. 5 WHG).

Geschiebeeinbringung

§ 34 WHG verpflichtet (bei der Zulassung von Stauanlagen) zur Herstellung bzw. Verbesserung der Durchgängigkeit von Fließgewässern. Dies bezieht sich neben der Durchgängigkeit der Gewässerbiozönose auch auf die des Geschiebes und ist notwendig, um die Bewirtschaftungsziele gemäß §§ 27 bis 31 WHG zu erreichen. Das zuständige LRA könnte demnach im Einzelfall die Wasserkraftanlagenbetreiber dazu verpflichten, entnommenes Geschiebe vollständig wieder einzubringen. Eine Voraussetzung wäre, dass die Erforderlichkeit der Geschiebeeinbringung zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele (§§ 27 bis 33 WHG) gegeben sein muss. Dies ist der Fall, wenn die gestellten Anforderungen durch

entsprechende Maßnahmen in dem für das betreffende Fließgewässer geltenden Maßnahmenprogramm vorgesehen sind. Für Geschiebeeinbringungen sind die Maßnahmen mit dem LAWA Code 77 (Maßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushalts bzw. Sedimentmanagement) relevant. Für die drei Flusswasserkörper 1_F440, 1_F441 und 1_F442 der Amper ist der LAWA Code 77 im Maßnahmenprogramm des dritten Bewirtschaftungsplans enthalten.

Zwischenlagerung

Wird mehr Geschiebe entnommen, als eingebracht wird, kann das überschüssige Material für spätere Einbringungen zwischengelagert werden. Dabei sind die folgenden Normen zu beachten.

Nach § 32 Abs. 2 WHG dürfen Stoffe an einem oberirdischen Gewässer nur so gelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit oder des Wasserabflusses nicht zu besorgen ist.

Gemäß Art. 57 Abs. 1 Nr. 9 Bayerische Bauordnung (BayBO) sind Aufschüttungen mit einer Höhe von bis zu 2 m und einer Fläche von bis zu 500 m³ nicht baugenehmigungspflichtig. Dennoch ist bei solchen Schüttwerken ein schadloser Hochwasserabfluss sicherzustellen (siehe Art. 46 Abs. 6 Bayerisches Wassergesetz (BayWG)). Besteht keine Baugenehmigungspflicht, ist zu beachten, dass die Errichtung baulicher Anlagen nach § 78 Abs. 4 WHG in Überschwemmungsgebieten untersagt ist. Es können jedoch unter den Voraussetzungen des § 78 Abs. 5 WHG Ausnahmen gemacht werden, wenn keine Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes zu erwarten ist. Grundsätzlich ist für eine vorübergehende Zwischenlagerung der Ausschluss eines Eingriffs nach § 14 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) zu prüfen. Es ist außerdem zu beachten, dass keine naturschutzrechtlich geschützten Flächen (z. B. biotopkartierte Bereiche) genutzt werden dürfen.

Bestehen für den Unterhaltungsverpflichteten keine Möglichkeiten zur Zwischenlagerung des entnommenen Materials, kann im Einzelfall geprüft werden, ob Flächen im staatlichen Grundeigentum hierfür herangezogen werden dürfen.

2.4.2. Gewässerentwicklungsplan

Der Gewässerentwicklungsplan (GEP) der Amper (Schober, 2005) stellt ein wasserwirtschaftliches Planungsinstrument dar, das neben dem Fluss mit seinen angrenzenden Ufern auch die gesamte Talaue umfasst. Ein übergeordnetes Ziel des Gewässerentwicklungsplans stellt die Reduzierung bestehender Einschränkungen dar, die dem Zulassen eigendynamischer Prozesse der Amper entgegenstehen.

Folgende Ziele aus dem GEP finden ihre Anwendung im Sedimentmanagementkonzept:

- F.1.2 Eintiefung verhindern
- U 1.1 Uferverbau zurücknehmen, Eigenentwicklung zulassen und anregen
- Z 1.1 Aufweitung eingeeengter Querprofile, Zulassen einer Feststoffdynamik (Schober, 2005)

In Bezug auf den Feststofftransport kommt der Entnahme von Uferbefestigungen ein hoher Stellenwert zu. Durch die Beseitigung der Wasserbausteine kann die eigendynamische Entwicklung durch Seitenerosion gefördert werden. Wird der Abflussquerschnitt erweitert, reduziert sich die Sohlschubspannung. Hierdurch kann dem bestehenden Trend der

Tiefenerosion entgegengewirkt werden. Auch Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Feinsedimenten aus zufließenden Gewässern sind grundsätzlich zu betrachten, da deren Anteil in Richtung Mündung in die Isar durch Zuflüsse im Tertiärhügelland stetig erhöht wird.

2.4.3. Gewässerstrukturkartierung

Die Gewässerstrukturkartierung (GSK) stellt eine wichtige fachliche Planungsgrundlage dar und ist in den Maßnahmen des GEP bereits miteingefasst. Die GSK bewertet Teilbereiche eines Fließgewässers bezüglich ihrer morphologischen Eigenschaften sowie ökologischen Funktion. Dafür werden Einzelstrukturen bewertet und bezüglich ihrer Wechselwirkungen wie auch dynamischer Veränderungen betrachtet (LfU, 2019). Die Kartierungsergebnisse der GSK werden bei der Maßnahmenverortung berücksichtigt.

2.5. Naturschutz

Schutzgüter nach BNatSchG sind so zu berücksichtigen, dass temporäre Eingriffe keine erheblichen Beeinträchtigungen bewirken. Da durch Eingriffe in den Sedimenthaushalt jedoch die abiotischen Faktoren verändert werden, ist es entscheidend die ökologischen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die aquatischen (Flussschlauch) und semiterrestrischen Lebensräume (Ufer, Aue) zu bewerten. Des Weiteren ist zu beachten, dass es durch die Planungen zu Auswirkungen außerhalb des Eingriffsbereiches kommen kann. Ungünstige Umweltauswirkungen sollten nach Möglichkeit vermieden oder minimiert werden und Maßnahmen des Sedimentmanagements „mit gewässerökologischen Verbesserungen und naturschutzfachlich sinnvollen Entwicklungen kombiniert werden“ (DWA, 2012). Die Auswirkungen sind im Rahmen der Konzeptabstimmung mit den zuständigen Rechtsbehörden einzuordnen und die Maßnahmenkonkretisierung daran auszurichten.

FFH-Gebiet Ampertal

Der Managementplan (MP) für das Flora-Fauna-Habitat (FFH) Gebiet 7635-301 „Ampertal“ nennt vor allem die flussbaulichen Veränderungen für den Hochwasserschutz und die Energiegewinnung als Gründe für die Abnahme der morphologischen Variabilität in der Amper. Die bestehenden Querbauwerke wirken sich durch Unterbrechung der Längsvernetzung nachteilig auf die Fischfauna aus; hervorgehoben werden hierbei gewässer- und fischökologische Defizite des Ist-Zustandes, das Geschiebedefizit und die sukzessive Verstärkung der Kolmation und Verfestigung der kiesigen Gewässersohle. Negativ bewertet wird auch die veränderte Landnutzung durch Intensivierung der Landwirtschaft, womit ein Anstieg der Belastung mit Feinsedimenten und Nährstoffen einhergeht. Dies wirkt sich auch nachteilig auf die Erhaltungsziele der rheophilen FFH-Anhang-II-Fischarten aus. Aus fischökologischer Sicht sind demnach in Bezug auf die die FFH-Schutzgüter sowie den ökologischen Zustand gemäß WRRL vor allem rheophile, darunter auch die FFH-Anhang-II-Fischarten (Huchen, Frauenerfling, Rapfen, Koppe) betroffen. Daher sollten schwerpunktmäßig Maßnahmen zur Förderung flusstypischer, strömender Habitats umgesetzt werden. Bezüglich der rheophilen Fischarten sind dafür Maßnahmen vorzusehen, welche morphodynamische Prozesse in der Amper fördern.

Folgende Maßnahmen aus dem FFH-MP finden Eingang ins Sedimentmanagementkonzept:

- F.1: Förderung der eigendynamischen Entwicklung von Fließgewässerabschnitten
- wF.2: Entnahme der Uferverbauung
- L: Herstellung und Erhaltung bzw. Verbesserung von Kieslaichplätzen

3. Maßnahmenplanung

Die Maßnahmen des Sedimentmanagementkonzepts lassen sich unterteilen in Maßnahmen zur Verbesserung der **Sedimentverfügbarkeit**, Maßnahmen zur Verbesserung der **Sedimentfunktion** und **hydromorphologische Maßnahmen**.

Durch mittelbare und unmittelbare Maßnahmen kann ein gestörter Sedimenthaushalt wieder ausgeglichen werden. Unmittelbare Maßnahmen sind Maßnahmen, die direkt in den Feststoffhaushalt eingreifen. Sie steuern kurzfristig die Sedimentverfügbarkeit im Fluss. Mittelbare Maßnahmen sind hydromorphologische Maßnahmen, die sich indirekt auf das natürliche Feststoffdargebot auswirken, sodass lokale Erosions- und Ablagerungsprozesse beeinflusst werden (DWA, 2012).

Im Folgenden wird das Vorgehen der Planung und Umsetzung der einzelnen Maßnahmen an der Amper erläutert. Dabei ist zu beachten, dass sich die unterschiedlichen Maßnahmen gegenseitig positiv beeinflussen können. Beispielsweise trägt ein ausgeglichener Feststoffhaushalt zur Verbesserung der Sedimentfunktion bei, da zugegebenes Geschiebe verfrachtet wird und sich flussabwärts Kiesbänke bilden, die als Habitat dienen. Gleichzeitig können ergänzend Maßnahmen ergriffen werden um die Sedimentfunktion zu verbessern und zu erhalten.

3.1. Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit

Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit sind die Umlagerung von Geschiebe und die Stauraumpülung.

3.1.1. Umlagerung

Das Ziel von Umlagerungen ist es Geschiebe, das im Staubereich von Wasserkraftanlagen anfällt, zu entnehmen und wieder in den Flusslauf einzubringen. Die Einbringung soll dabei in Abschnitten geschehen, die Eintiefungstendenzen vorweisen, um den negativen Auswirkungen dieser entgegenzuwirken (siehe 2.2). Abbildung 1 zeigt schematisch das Vorgehen zur Planung (Phase I) und Durchführung (Phase II) von Umlagerungen.

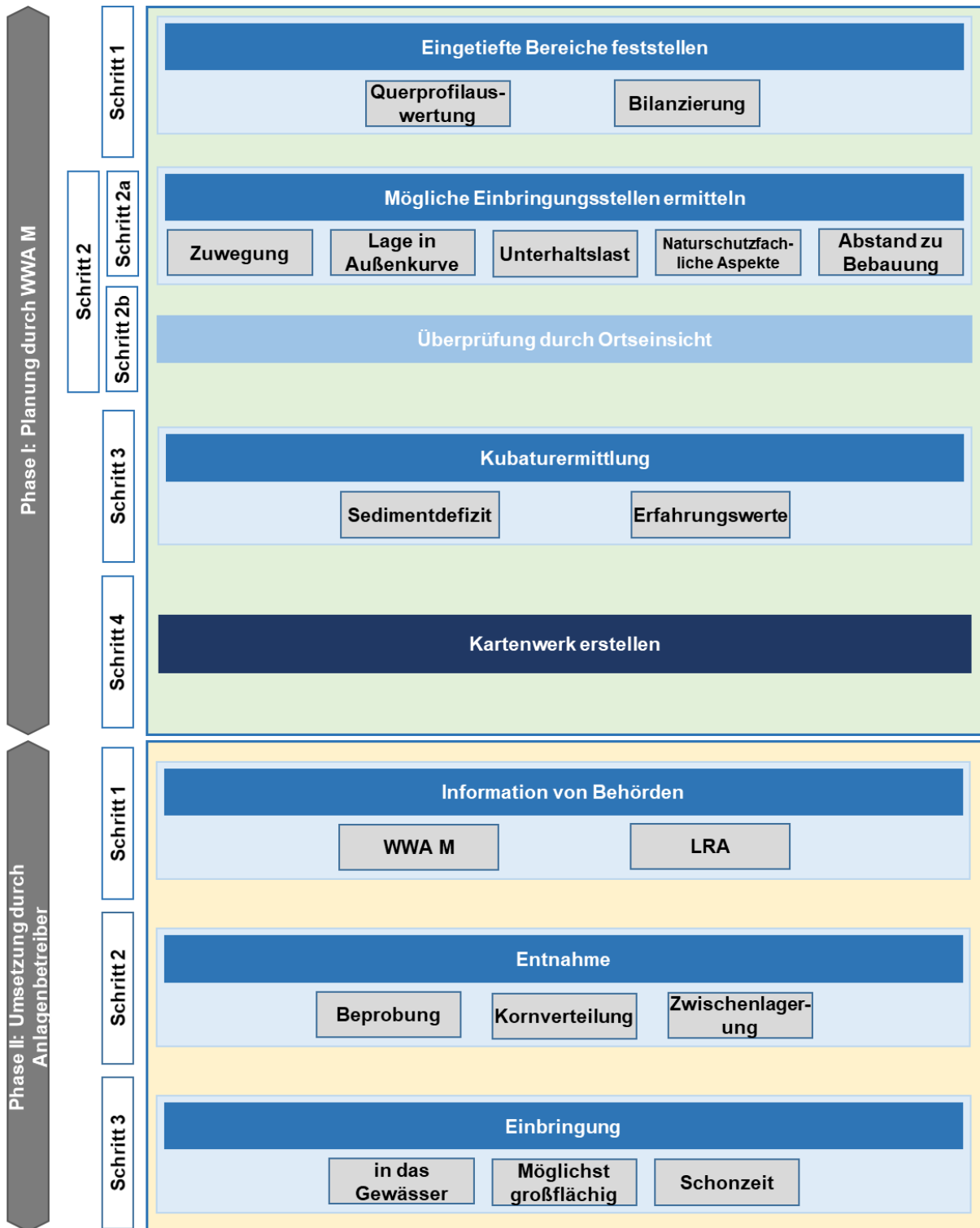


Abbildung 1: Vorgehen bei der Planung und Durchführung von Sedimentumlagerungen

Phase I

Ziel von **Phase I** ist es, Einbringungsstellen und –mengen zu ermitteln. Hierfür wurden mehrere Planungsschritte durchlaufen.

Schritt 1:

Zunächst wurden mithilfe von Querprofilaufnahmen Bereiche mit Eintiefungstendenzen an der Amper ermittelt. Die Querprofilaufnahmen liegen im Zeitraum 1979 bis 2016 in 200 m Abständen für den gesamten Fluss vor. Für die Auswertungen wurde durch Köhler (2021) der Bereich der bewegten Sohle für alle Querprofile einheitlich festgelegt. Diese Festlegung stellt sicher, dass bei den darauffolgenden Berechnungen zu Volumenänderungen und Veränderungen der Sohle, derselbe Bezugsmaßstab besteht und vergleichbare quantitative Aussagen über Veränderungen getroffen werden können. Darauf aufbauend wurden für jedes Jahr Bilanzen über die Veränderung der Flussbettvolumina bestimmter Strecken erstellt, um das Sedimentdefizit beziehungsweise den Sedimentüberschuss zu quantifizieren. Dabei wurde eine über alle Jahre gemittelte Bilanz für alle Strecken zwischen den Wehren an der Amper (siehe Anhang 2 Bilanz 1) berechnet. Das Ergebnis zeigt ein Geschiebedefizit in neun von elf frei fließenden Gewässerstrecken über den Gesamtzeitraum hinweg. Bei den Ausleitungsstrecken zeigt sich ein ähnliches Bild; neun von 12 Abschnitten weisen ebenso ein Defizit auf.

Schritt 2a:

Im nächsten Schritt wurden anhand von Orthophotos und Karten mögliche Einbringungsstellen ermittelt. Dabei spielen die folgenden Randbedingungen eine wichtige Rolle.

- *Zuwegung:* Jede Einbringungsstelle muss mit Lkw zu erreichen sein. Dabei ist darauf zu achten, dass die Zufahrt direkt bis zum Gewässer gewährleistet ist, sodass keine künstlichen Zufahrten geschaffen werden müssen. Wendemöglichkeiten müssen vorhanden sein und Deiche sollten nur an Deichüberfahrten überfahren werden. Bei der Zufahrt zu den Einbringungsstellen dürfen keine biotopkartierten Bereiche befahren werden. Die Uferböschung darf an der Einbringungsstelle keinen alten Baumbestand aufweisen, da keine Gehölze entfernt werden sollten.
- *Lage in Außenkurve:* Da die Einbringung punktuell mit Lkw erfolgt, sollte nach DWA (2012) das Material dort eingebracht werden, wo die Strömungsbedingungen eine schnelle Verfrachtung gewährleisten. Dies ist am Prallufer, also in der Außenkurve einer Flusskrümmung der Fall. Dort sind die Fließgeschwindigkeiten und somit auch die mit der Sohlschubspannung einhergehende Erosion höher als in der Innenkurve. Eine Einbringung dort führt dazu, dass das Geschiebe schneller verfrachtet wird und so dem Fluss schneller zur Eigenentwicklung zur Verfügung steht.
- *Unterhaltslast:* Die Wiedereinbringung entnommenen Materials soll möglichst im vom Anlagenbetreiber zu unterhaltenden Flussbereich liegen. Zudem können Bereiche in Betracht gezogen werden, die dem Unterhalt durch das WWA M obliegen. Bei der Auswahl möglicher Einbringungsstellen wurde darauf geachtet, einen ausreichenden Abstand zur nächsten Stauwurzel einzuhalten.
- *Streckenart:* In frei fließenden Bereichen steht dem Fluss der gesamte Abfluss zur Verfügung, damit ist die Sohlschubspannung und die Transportkapazität dort ausreichend, um ein Weitertransport des Materials sicherzustellen. Im Hochwasserfall wird der nicht für die Wasserkraft verwendbare Abfluss über die Ausleitungsstrecke abgeleitet und erhöht dort die Transportkapazität. In diesen Strecken ist eine Einbringung von Geschiebe also ebenso denkbar. Damit Einbringungen in Ausleitungsstrecken stattfinden können, müssen für den Einzelfall weitere Randbedingungen wie Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten im Niedrigwasserfall geprüft werden.

- *Keine Verfüllung von Kolken:* Kolke dienen als Lebensraum für Großfische und sollten daher nicht verfüllt werden. Sie kommen meist unterhalb von Sohlschwellen vor. Als Kriterium wurde festgelegt, dass nur Eintiefungen verfüllt werden, die auf mindestens zwei aufeinanderfolgenden Querprofilen (entspricht 200 m) festzustellen sind. So wird sichergestellt, dass keine punktuelle Kolke verfüllt werden.
- *Abstand zu Bebauung:* Bei der Kieseinbringung in eingetiefte Bereiche ist nicht mit einer Verschlechterung der Hochwassersituation zu rechnen, da nur die Menge an Material eingebracht wird, die benötigt wird, um das jährliche Defizit auszugleichen. (Vergleiche Schritt 3). Aus Redundanzgründen wird dennoch ein Abstand von mindestens 50 m zwischen der Einbringungsstelle und der nächsten Bebauung gehalten.

Schritt 2b:

Durch eine Ortseinsicht wurden die möglichen Einbringungsstellen auf das Vorhandensein der obenstehenden Voraussetzungen überprüft, sodass eine finale Auswahl erfolgte. Eine Übersicht über die Einbringungsstellen liefert Anhang 6, ihre Verortung findet sich in der Maßnahmenkarte.

Schritt 3:

Die jährlich an einer Stelle einzubringende Menge richtet sich nach dem jährlichen Sedimentdefizit, das in einem Abschnitt vorherrscht (vergleiche Anhang 2). Dieses Sedimentdefizit wird auf alle in diesem Abschnitt befindlichen Einbringungsstellen aufgeteilt. Gleichzeitig wird die maximale Einbringungsmenge durch Erfahrungswerte bestimmt. Beispielsweise wurden im November 2021 im Unterlauf bei Fkm 28+400 etwa 600 m³ Kies eingebracht. Drei Monate später, im Februar 2022, waren bereits große Teile davon verfrachtet, obwohl der Abfluss stets deutlich unter HQ1 lag (Pegel Inkofen: maximaler Abfluss in dieser Zeit: 70,7 m³/s; HQ1: 125 m³/s). Im Mittellauf der Amper wurden im Oktober 2021 an Fkm 72+600 200 m³ Kies eingebracht. Auch von dieser Menge war zwei Monate später das meiste weitertransportiert, ohne dass es zu Abflüssen über 20 m³/s (HQ1 = 55 m³/s) kam. Diese Erfahrungswerte sollen als Richtwert für die maximale Einbringungsmenge dienen. Da für den Oberlauf noch kein Erfahrungswert vorliegt, wird eine maximale Einbringungsmenge von 200 m³ angenommen. Zeigt sich beim Monitoring von zukünftigen Einbringungen, dass auch größere Mengen problemlos eingebracht werden können, wird die maximale Einbringungsmenge angepasst.

Schritt 4:

Im letzten Schritt der ersten Phase wurde ein Kartenwerk erstellt das die Einbringungsstellen und -mengen beinhaltet. Im Landkreis Fürstenfeldbruck wurden sechs, im Landkreis Dachau zwei und im Landkreis Freising neun Einbringungsstellen identifiziert. Die Vorplanung durch das WWA M ist damit abgeschlossen.

Phase II

In **Phase II** wird die Umlagerung durch die Anlagenbetreiber umgesetzt. Dabei müssen die folgenden Schritte durchlaufen werden.

Schritt 1:

Bevor Einbringungen stattfinden, sollte das WWA M und das zuständige LRA über die Maßnahme informiert werden. So kann ein Monitoring des Sedimentmanagements gewährleistet werden und eventuell die Planung (Phase I) dynamisch angepasst werden.

Schritt 2:

Vor der Materialentnahme aus dem Stauraum empfiehlt es sich eine Beprobung auf mögliche Belastungen durchzuführen und die Korngrößenverteilung zu ermitteln, da nur unbelastetes,

grobkörniges Sediment wieder in die Amper eingebracht werden darf. Wurden die Stauräume über mehrere Jahre nicht entlandet, ist davon auszugehen, dass mehr Material entnommen wird als eingebracht werden kann. Das überschüssige Material sollte deswegen zwischengelagert werden, damit kontinuierlich die benötigte Menge dem Fluss verfügbar gemacht werden kann (vergleiche 2.4.1).

Schritt 3:

Im letzten Schritt der zweiten Phase findet die Einbringung an den Einbringungsstellen statt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die erforderliche Menge in das Gewässer eingebracht wird und nicht an der Uferböschung verbleibt. Nach Möglichkeit sollte das Einbringungsmaterial großflächig verteilt werden. Schonzeiten von Fischen sind einzuhalten. Es darf nur unbelastetes, kiesiges Material in den Fluss eingebracht werden.

Um eine kontinuierliche Sedimentverfügbarkeit sicherzustellen, sollte Phase II regelmäßig wiederholt werden. Wird Material zwischengelagert, genügt es die Schritte 2 und 3 zu wiederholen.

3.1.2. Stauraumspülung

3.1.2.1. Grundlagen

Das Ziel von Stauraumspülungen ist es, mithilfe der Schleppkraft einer fließenden Welle Feststoffe vom Staubereich einer Stauhaltungsanlage ins Unterwasser zu transportieren. Dafür „bedarf es einer gegenüber den staubedingten Strömungsverhältnissen stark erhöhten Fließgeschwindigkeit. Dies kann durch eine rechtzeitige Absenkung des Stauspiegels bis hin zu einem völlig gelegten Stau bei einer anlaufenden Hochwasserwelle erreicht werden“ (DWA, 2012).

Der Spülvorgang kann in drei Phasen unterteilt werden:

Abstauphase: „Der Abstauvorgang in der Abstauphase startet meist vor dem Anlaufen der Hochwasserwelle. Damit wird noch vor dem Hochwasserscheitel der freie Durchfluss am Wehr erreicht und es kommt zu keiner Wellenüberlagerung am Wellenscheitel. So kann die Spülwirkung der Welle voll ausgenutzt werden. Die Dauer des Abstaus ist abhängig von der Abstauhöhe und der möglichen Abstaugeschwindigkeit. Die Abstaugeschwindigkeit wird im Wesentlichen bestimmt durch die Koordination mit anderen Kraftwerken in der Kraftwerkskette, die Schwallbeaufschlagung im Unterwasser und der Böschungssicherheit im Stauraum, welche beim Abstauen durch den Porenwasserdruck instabil werden kann. Des Weiteren sollte für die Ermittlung der Abstaugeschwindigkeit die hydrologisch bedingte Wellenanstiegsgeschwindigkeit berücksichtigt werden“ (Lange, 2021).

Spülphase: Für die Dauer des freien Durchflusses spricht man von der Spülphase. Die Hochwasserwelle durchläuft den Stauraum und sorgt für hohe Sohlschubspannungen, sodass das sedimentierte Material erodiert wird.

Aufstauphase: „Der Beginn für den Aufstau orientiert sich an der Vorgabe für die Mindestwasserabgabe ins Unterwasser und der Aufstaugeschwindigkeit. Der Mindestabfluss in das Unterwasser ist essenziell, damit der Wasserstand im Flussabschnitt unterwasserseitig nicht zu stark sinkt und der Weitertransport der Sedimentfracht im Unterwasser weiterhin erfolgen kann. Bei Stauketten erfolgt der Aufstau in Abstimmung mit den Kraftwerken aufgrund der jeweiligen Füllzeiten und der Sediment-Transportgeschwindigkeiten“ (Lange, 2021).

3.1.2.2. Modellierung

Im Rahmen der Bachelorarbeit „Hydraulische Untersuchungen zu Stauraumpülungen am Beispiel der Amper“ (Lange, 2021), die von Seiten des WWA M betreut wurde, wurde untersucht, ob Stauraumpülungen geeignet sind, die Geschiebedurchgängigkeit an der Amper herzustellen.

Dafür wurde für den Staubereich je eines Kraftwerks aus Mittel-, Ober- und Unterlauf der Amper eine eindimensionale Modellierung des Wasserspiegels bei unterschiedlichen Abflussereignissen zu unterschiedlichen Stausabsenkungen berechnet. Zudem wurde der Verlauf der Sohlschubspannung ermittelt. Bei der Auswertung der Berechnungsergebnisse betrachtete Lange (2021) dann den Bereich vor eine Wehranlage, der signifikante Veränderungen des Sohlschubspannungsverlaufs aufwies, und unterteilte diesen in weitere Teilbereiche, „in denen die Grenzscheppspannung bestimmter Materialien überschritten wurde und deshalb ein Bewegungsbeginn bzw. Materialtransport von bestimmtem sedimentiertem Material prognostiziert werden kann. Die Grenzscheppspannung gibt die Scheppspannung an, der ein Material gerade noch standhalten kann. Übersteigt die vorhandene Scheppspannung die Grenzscheppspannung, so wird das Material erodiert und weitertransportiert.“ (Lange, 2021).

Die Modellierung wurde mit den Abflüssen 0,5 HQ1, 0,7 HQ1, HQ1, HQ2 und HQ5 zu je unterschiedlichen Absenkzielen berechnet. Die Ergebnisse lassen sich in Graphiken darstellen, in denen für jede Teilabsenkung in Prozent (x-Achse) der Anteil des Bezugsraum angezeigt wird, in dem eine bestimmte Grenzscheppspannung überschritten wird (y-Achse).

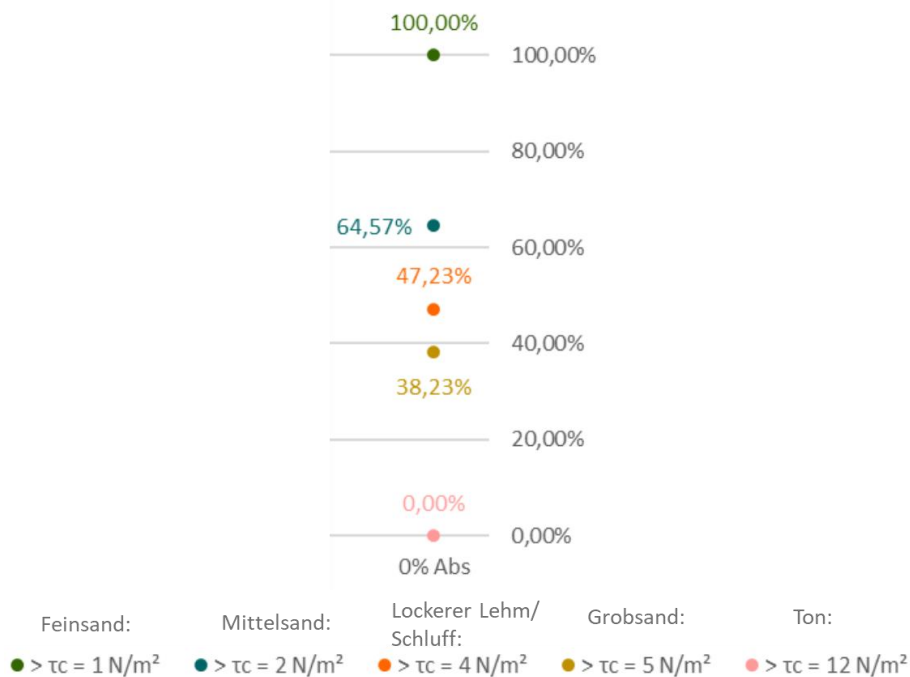


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung eines Modellierungsergebnisses (0,5 HQ1 bei 0% Absenkung im Oberlauf) (Lange, 2021)

Abbildung 2 zeigt beispielhaft, dass bei keiner Absenkung des Staubereichs im gesamten Bezugsraum Feinsand mobilisiert wird. „Auf 65% der Strecke kann Mittelsand, auf 47% der Strecke lockerer Lehm/ Schluff und auf 38% der Strecke kann Grobsand erodiert werden. Zum Mobilisieren von fest gelagertem Schlamm/ Ton ist eine Grenzscheppspannung von $\tau_c = 12 \text{ N/m}^2$ nötig, welche allerdings ohne Stauzielabsenkung nicht erreicht wird“ (Lange, 2021).

Die weiteren Ergebnisse finden sich in Anhang 4. Im Folgenden werden die Ergebnisse zusammengefasst.

Oberlauf

„Die Auswirkungen der Teilabsenkungen auf den Sohlschubspannungsverlauf waren [...] bis zu einer Entfernung von 2200m vor dem letzten Profil erkennbar. Schon bei einem Abfluss von 0,5 HQ1 und 100%iger Absenkung können dort die vorwiegend vorhandenen Feinstmaterialien bis hin zum Grobsand auf 98% der ausgewerteten Strecke erodiert werden. Auf 11% der Strecke kann fest gelagerter Schlamm/ Ton mobilisiert werden.

Bei einem Abfluss von 0,7 HQ1 und 100%iger Absenkung werden bis hin zum Grobsand alle feinen Materialien auf der gesamten Strecke erodiert. Der fest gelagerte Schlamm/ Ton kann, falls er im Stauraum [...] in dieser Beschaffenheit vorliegt, auf rund 40% der Strecke mobilisiert werden“ (Lange, 2021). In dem betrachteten Stauraum „können somit die vorliegenden Feinstmaterialien bereits bei einem Abfluss von 0,5 bis 0,7 HQ1 und freiem Durchfluss auf weitgehend der gesamten Strecke durch die Wehranlage transportiert werden. Die Grenzscheppspannung zum Mobilisieren von fest gelagertem Schlamm/ Ton wird auf Teilbereichen des Stauraumes erreicht oder überschritten“ (Lange, 2021). Es ist zu beachten, dass sich im Oberlauf der Amper kein kiesiges Material befindet.

Mittellauf

In dem betrachteten Stauraum im Mittellauf werden bei bestimmten Absenkungen die Grenzschubspannungen von Grobkies aber auch von Größtkorn mit den Korngrößen 6 - 20 cm überschritten. Letzteres kann ein Problem darstellen.

„Die Auswirkungen der Teilabsenkungen auf den Schubspannungsverlauf beschränken sich auf ca. 700m vor der Wehranlage.“ (Lange, 2021). Bei „einem Abfluss von 0,5 HQ1 und freiem Durchfluss [werden] bereits Sandgemisch, Fein- und Mittelkies auf 100% der untersuchten Strecke vor der Wehranlage mobilisiert, Grobkies auf ca. 23%.

Beim Abfluss von 0,7 HQ1 und voller Absenkung steigt der Streckenanteil, auf dem die Grenzscheppspannung zum Mobilisieren von Grobkies überschritten wird, auf ca. 31%“ (Lange, 2021).

Unterlauf

„Die Teilabsenkungen wirken sich laut den hydraulischen Berechnungen [...] bis zu einer Entfernung von 2000m von dem letzten Querprofil vor der Wehranlage aus. Bei einem Abfluss von 0,5 HQ1 und voller Absenkung werden auf der gesamten Strecke grobes Sandgemisch, auf 80% der Strecke Feinkies und auf 36% Mittelkies erodiert. Mit einem Abfluss von 0,7 HQ1 und 100%iger Absenkung werden auf der gesamten Strecke Sandgemisch und Feinkies und auf 85% der betrachteten Strecke Mittelkies erodiert. Eine Stauraumspülung eignet sich bei den untersuchten Abflüssen allerdings nicht, um Grobkies im Bereich vor der Wehranlage [...] zu mobilisieren, da hierfür die erreichten Grenzscheppspannungen unabhängig von der Absenkung nicht ausreichen“ (Lange, 2021).

3.1.2.3. Umsetzungshinweise

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass Stauraumspülungen grundsätzlich möglich sind. Gegenüber der Umlagerung haben sie den Vorteil, dass das Geschiebe flussmorphologisch weitertransportiert wird und kein Einsatz von Maschinen notwendig ist, um die Durchgängigkeit von Geschiebe wiederherzustellen. Das macht die Stauraumspülung auch zu einer wirtschaftlichen Alternative. Dennoch müssen folgende Punkte bei der Stauraumspülung beachtet werden.

Anwendbarkeit des Modells: Im Zuge der Modellierung wurden exemplarische Stauräume untersucht. Die direkte Anwendbarkeit auf alle Stauräume im jeweiligen Lauf ist nicht gegeben. Bevor eine Stauraumspülung durchgeführt wird, ist also gegebenenfalls eine Modellierung mit den für den Stauraum spezifischen Geometrien, Kornverteilungen und Parametern durchzuführen. Es ist außerdem zu beachten, dass Stauraumspülungen nur eine Wirksamkeit von einigen hundert Metern vor dem Wehrbereich haben. Auflandungen die außerhalb des Wirksamkeitsbereichs liegen müssen daher konventionell umgelagert werden. Gleichzeitig werden durch regelmäßige Spülungen größer Auflandungen vermieden, wodurch die Notwendigkeit für Entlandungen im gesamten Staubereich verringert wird. Daher sollte möglichst jedes Hochwasserereignis zur Stauraumspülung genutzt werden.

Erstspülungen: Erstspülungen sind grundsätzlich anders zu bewerten als Wiederholungsspülungen. Mit einer Erstspülung ist im Sinne dieses Konzepts eine Stauraumspülung gemeint, der drei oder mehr Jahre keine Stauraumspülung vorangegangen ist. Bei Erstspülungen ist davon auszugehen, dass große Mengen Feinsediment, mobilisiert werden, was negative Auswirkungen im Unterwasser mit sich bringt. Wegen der geringeren Sauerstoffverfügbarkeit kommt es zur Beeinträchtigungen bei der Atmung der Flusslebewesen. Außerdem kann es zu Verletzungen der Fauna an scharfkantigen Gesteinen aufgrund der Wassertrübung, sowie hervorgerufenem Stress bei allen Organismen im Fluss kommen. Der Weitertransport von Feinsediment führt dazu, dass Kieslückenträume vermehrt kolmatieren und als Lebensraum unbrauchbar werden und es kann zu Verlandungen von Seitengewässer kommen. Zudem können Feinsedimente mit Schwermetallen oder hohen organischen Anteilen belastet sein. Ist das der Fall, dürfen diese Sedimente keinesfalls in der Amper weitertransportiert werden. Belastetes, aber auch unbelastetes Feinsediment muss vor einer Erstspülung aus dem Stauraum entnommen und entsorgt werden. Es darf nur **kiesiges, unbelastetes Material** weitertransportiert werden (Lange, 2021).

Beweissicherung: Um den Erfolg und die Folgen der Stauraumspülung zu dokumentieren ist eine Beweissicherung sinnvoll. Dabei sollten vor der Staurauspülung, währenddessen und danach folgende Parameter zu dokumentiert werden:

- Querprofilvermessungen
- Untersuchung der Trübe bzw. des Feststoffgehalts im Wasser
- Aufnahme der Gewässersohle
- Aufzeichnung der Durchflüsse und Wasserspiegel
- Untersuchung des Makrozoobenthos
- Untersuchung der Fischökologie
- Fischereiwirtschaftliche Betrachtungen (Lange, 2021)

„Das zu untersuchende Gebiet sollte neben dem eigentlichen Stauraum auch das Unterwasser, einen mit dem Unterwasser vergleichbaren Referenzabschnitt des Fließgewässers flussaufwärts, der von der Stauraumspülung nicht betroffen ist und die Ausleitungsstrecke, falls eine vorhanden ist, umfassen. Die Grenze des Untersuchungsgebiets flussabwärts sollte bis zu einem Flussbereich reichen, der von der Spülmaßnahme eindeutig nicht mehr betroffen ist“ (Lange, 2021).

Spülgefahren: Durch den Abstau kann es dazu kommen, dass die Standsicherheit der Böschung gefährdet ist (auftretender Porenwasserdruck). Ein Einbruch von Böschungen ist zwingend zu vermeiden, da sonst die Schwebstoffkonzentration unkontrollierbar groß werden kann und die Standsicherheit der Anlage nicht mehr gewährleistet werden kann. Der Aufstau darf nicht zu früh stattfinden, da sich sonst das mobilisierte Geschiebe, das noch nicht den Stauraum verlassen hat, direkt am Wehr ablagern kann (Lange, 2021).

3.2. Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentfunktion

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit wirken sich auch positiv auf die Sedimentfunktion aus, da sie dem Sedimentmangel entgegenwirken. Das dem Fluss verfügbar gemachte Sediment wird eigendynamisch transportiert und lagert sich an Stellen mit geringerer Transportkapazität ab. Dort können sich überströmte Kiesbänke bilden, die als Habitat für rheophile Fischarten fungieren. Gleichzeitig können aktiv Maßnahmen umgesetzt werden, deren primäres Ziel die Verbesserung der Sedimentfunktion ist. Hierbei sollen Kieslaichflächen geschaffen werden, die eine ausreichende Fortpflanzungsfunktion besitzen. Dies kann entweder durch die Neuanlage von Kieslaichflächen oder durch eine Reaktivierung bestehender, kolmatierter Kiesbänke geschehen.

Anforderungen an Kieslaichplätze

Interstitiallaicher (z.B. Huchen, Bachforelle, Äsche u.a.) vergraben ihre Eier im Kies und haben daher höhere Ansprüche an eine intakte Kiesbank mit freiem Lückensystem als Substratlaicher (z.B. Barbe, Nase u.a.) die ihre Eier oberflächlich auf dem Kies ablegen und mit schlechteren Zuständen der Kiesbank zurechtkommen. Die Ansprüche der Interstitiallaicher sind also maßgebend für die Herstellung und Reaktivierung von Kieslaichplätzen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über diese Ansprüche.

Kriterium	Werte
Strömungsgeschwindigkeit	0,3 – 1,0 m/s
Wassertiefe	> 0,1 m (mindestens Körperhöhe der Laichfische, > 10 cm reicht meistens)
Sedimentqualität	Ideal ist lockerer Kies mit Korngrößen zwischen 1 mm und 100 mm bei einer durchschnittlichen Korngröße zwischen 10 mm und 40 mm, z.B. Kieswerksortierung „16/32 + 32/63 gewaschen“, Feinsedimentanteil < 12%, maximal 20%
Morphologie	Rausche oder Furt (die Kiesbank muss eine leichte, gut angeströmte Erhebung im Flussbett darstellen), Gefälle > 2‰

Tabelle 1: Kiesbänke für Interstitiallaicher (Pulg, 2007)

In der Praxis ist es schwierig die genauen Werte für die Kriterien umzusetzen. Dennoch empfiehlt es sich Kiesbänke herzustellen, die den Kriterien so gut wie möglich entsprechen. Bei der Herstellung oder Reaktivierung von Kiesbänken sollte demnach wie folgt vorgegangen werden (vgl. Abbildung 3).

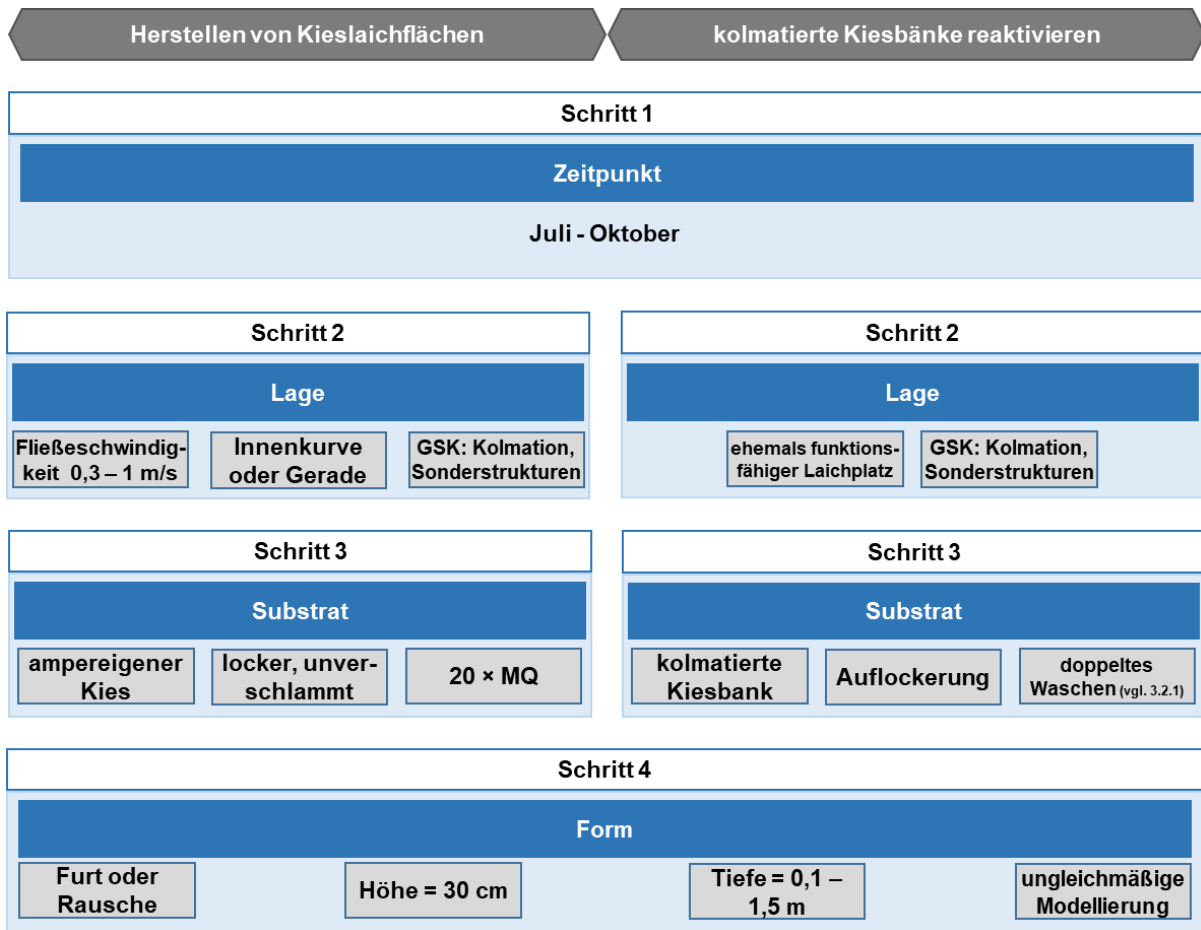


Abbildung 3: Herstellung und Reaktivierung von Kieslaichflächen

3.2.1. Herstellen von Kieslaichflächen

Schritt 1: Zeitpunkt

Der Zeitpunkt der Herstellung von neuen Kieslaichplätzen sollte lange nach der Frühjahrslaichzeit und rechtzeitig vor der nächsten Laichzeit liegen. Am besten sind hierfür also die Monate Juli bis Oktober geeignet.

Schritt 2: Lage

Die Kiesbank sollte in einem Bereich liegen, in dem die Strömungsgeschwindigkeit zwischen 0,3 und 1 m/s liegt. Die GSK gibt mit dem Einzelparameter „Strömungsbild“ Aufschluss darüber, wieviel Prozent der Wasseroberfläche (eines 100 m Fließgewässerabschnitts) welches Strömungsbild aufweist (LfU, 2019). Für die Herstellung einer Kiesbank sollten demnach über 50% der Fläche das Strömungsbild „mäßig fließend“ (0,3-0,6 m/s) oder „schnell fließend“ (0,6-1 m/s) besitzen. Alternativ könnte die Strömungsgeschwindigkeit durch hydraulische Anpassungen optimiert werden. Hierfür eignet sich zum Beispiel die Anlage von Buhnen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Fertig restaurierter Laichplatz an der Moosach. Hier kamen der Bau einer Buhne und eine Kieszugabe zum Einsatz. (aus Pulg, 2007)

Damit die Kiesbank möglichst lange erhalten bleibt, sollte sie zum einen in einem Bereich angelegt werden, in dem die Transportkapazität von Kies gering ist. Dies ist besonders in Innenkurven und Geraden der Fall, da hier das Wasser langsamer als in Außenkurven fließt und somit die Sohlschubspannung geringer ist. Zum anderen sind Flussabschnitte zu bevorzugen, in denen bisher wenig Kolmation stattfand. Liegt der Wert der Kolmation in der GSK für einen Abschnitt bei 1 oder 0, kann davon ausgegangen werden, dass in diesem Abschnitt wenig Kolmation auftritt (LfU, 2019).

Nach Pulg (2007) eignen sich besonders „Orte, an denen sich Fische zur Laichzeit sammeln, z.B. Strecken unterhalb von Wanderhindernissen.“ Außerdem „müssen ausreichende Bestände an Elternfischen im entsprechenden Abschnitt vorkommen“ (Pulg, 2007). Des Weiteren ist es empfehlenswert, wenn sich in unmittelbarer Nähe zum Laichplatz Unterstände befinden (Pulg, 2007). Ob dies der Fall ist, lässt sich anhand des Parameter Sonderstrukturen der GSK feststellen (LfU, 2019).

Zuletzt ist noch zu beachten, dass die zur Herstellung der Kiesbank benötigte Zufahrt für alle Baumaschinen bis ans bzw. ins Gewässer gewährleistet ist. Die Kriterien hierfür sind analog denen, die für die Umlagerung herangezogen wurden (siehe 3.1.1, Schritt 2a, Punkt Zuwegung). Die Zuwegung wurde durch Ortseinsicht überprüft.

Schritt 3: Substrat

Zunächst muss lockeres, unverschlammtes, kiesiges Material beschafft werden. Es empfiehlt sich amperieigenes Material zu verwenden, das im Rahmen der Kiesumlagerung ohnehin zur Verfügung steht. Es werden Kiesmengen in m³ benötigt, die dem zwanzigfachen Mittleren Abfluss (MQ) der Amper an dieser Stelle in m³/s entsprechen. Dieser Wert stammt aus Erfahrungen des LFV (Pulg, 2007). Tabelle 2 zeigt die benötigten Mengen in Unter-, Mittel- und Oberlauf der Amper.

	MQ [m ³ /s]	Kiesmenge [m ³]
Unterlauf (Fkm 0+000 bis 56+000)	45,0	900
Mittellauf (Fkm 56+000 bis 91+000)	27,6	552
Oberlauf (Fkm 91+000 bis 105+800)	22,2	444

Tabelle 2: Benötigte Kiesmengen in Unter-, Mittel- und Oberlauf (GKD, 2022)

Schritt 4: Form

Um die gewünschte Furt oder Rausche zu erhalten, sollte die Kiesbank gehäuft auf der Gewässersohle liegen. Die Höhe sollte dabei mindestens 30 cm betragen, während die Tiefe zwischen 0,1 und 1,5 m beträgt. Nach (Pulg, 2007) hat es sich „bewährt, größere Kiesbänke ungleichmäßig zu modellieren, so dass Wellen und Buckel auf der Bank entstehen. Dadurch bilden sich unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten und Wassertiefen, die von verschiedenen Arten und bei verschiedenen Wasserständen genutzt werden können.“ Die

Größe der Laichfläche ergibt sich aus der genutzten Menge (siehe Schritt 3) und der Höhe der Kiesbank.

Entlang des gesamten Amperlaufs wurden 27 Stellen bezüglich ihrer Tauglichkeit für die Neuanlage von Kieslaichflächen untersucht und hinsichtlich ihrer Umsetzungsreihenfolge priorisiert. Die Untersuchung ergab, dass an neun Stellen eine Neuanlage sinnvoll ist. Diese Stellen wurden dann anhand der in Schritt 2 genannten Parameter priorisiert. Die Ergebnisse der Untersuchung und Priorisierung finden sich in Anhang 5, die Lokalisierung in der Maßnahmenkarte.

3.2.2. Reaktivierung kolmatierter Kiesbänke

Das Vorgehen bei der Reaktivierung kolmatierter Kiesbänke ist in den Schritten 1 und 4 identisch mit dem Vorgehen zur Herstellung von Kiesbänken (siehe 3.2.1). Lediglich Schritt 2 und Schritt 3 unterscheiden sich.

Schritt 2: Lage

Bei der Auswahl, welche kolmatierten Kiesbänke aufgelockert werden, empfiehlt es sich eine Priorisierung nach zu erwartender Funktionsfähigkeit vorzunehmen. So sind vor allem Laichplatzrestaurierungen dort durchzuführen, wo die Randbedingungen nach 3.2.1 Schritt 2 vorhanden sind. Um aussichtsreiche Stellen zu finden wird zudem eine Absprache mit der Fischerei angestrebt.

Schritt 3: Substrat

Anders als bei der Herstellung von Kiesbänken wird bei der Reaktivierung kein Geschiebe hinzugefügt. Es wird kolmatiertes Material mit dem Bagger aufgenommen und gewaschen. Dabei sollte jeder Quadratmeter des kolmatierten Kiesel zweimal aufgenommen werden und wieder fallengelassen werden (Pulg, 2007).

3.2.3. Umsetzungshinweise

Damit die Auswirkungen auf die Umwelt möglichst gering ausfallen und Anfahrtskosten gespart werden können, empfiehlt es sich die Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentfunktion durchzuführen, wenn ohnehin eine Unterhalts- oder Ausbaumaßnahme an der Amper durchgeführt wird. Beispielsweise könnte im Rahmen der Kieseinbringung an geeigneten Stellen ein Teil des Kiesel als Laichfläche modelliert werden, oder ein wegen einer Unterhaltsmaßnahme vorhandener Bagger zur Auflockerung kolmatierter Kiesbänke benutzt werden.

Die in dem Konzept verorteten Maßnahmen zur Schaffung und Restaurierung von Kieslaichplätzen sind unter Einbezug bestehender Empfehlungen sowie naturschutzfachlicher Planungsgrundlagen geplant. Hierbei soll die Fischereifachberatung Oberbayern und der Landesfischereiverband Bayern e.V. in die Planung miteingeschlossen werden, um eine Herstellung und auch Anlage geeigneter Strukturen für die Fischzönose sicherzustellen.

Die Herstellung einer Kieslaichfläche und die initiale Reaktivierung einer kolmatierten Kiesbank kann durch das WWA M erfolgen. Der Unterhalt und die Pflege der Kieslaichflächen liegt beim WWA M, kann jedoch in Kooperation mit Interessensvertretern der Fischerei durchgeführt werden.

3.2.4. Monitoring

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Gewässern sollte an der Amper ein Nachweis darüber erbracht werden können, wie lange die oben beschriebenen Maßnahmen wirksam sind. Aus diesem Grund ist ein Begleitmonitoring durchzuführen,

welches die Fischfauna der betroffenen Amperabschnitte vor der Maßnahme erfasst, sowie den Jungfischbestand in einem dafür geeigneten Zeitraum nach der Maßnahme. Ebenso ist eine Dokumentation der hydromorphologischen Veränderungen unterhalb der Kiesdotationen an dafür geeigneten Monitoringstellen denkbar.

3.3. Hydromorphologische Maßnahmen

Ziel der hydromorphologischen Maßnahmen ist es Gewässerstrukturverbesserungen herbeizuführen, die gleichzeitig dem Sedimentmanagement dienen. Hierfür eignet sich besonders die Maßnahmen U1.1 (Uferverbau zurücknehmen, Eigenentwicklung zulassen und anregen) (Schober, 2005).

Wird der Uferverbau entnommen kann Seitenerosion stattfinden. Dies ermöglicht es der Amper eigendynamisch Sediment aus den Ufern zu gewinnen. Dieses wird weitertransportiert, verhindert Eintiefungen und steht dem Fluss als Material für Kieslaichflächen zur Verfügung. Gleichzeitig ist die Entnahme von Uferbausteinen ein Initiator für eine Gewässeraufweitung. Mit der voranschreitenden Ufererosion wird der Fließquerschnitt weiter. Das hat den Vorteil, dass sich die Fließgeschwindigkeiten und die Sohlschubspannung reduzieren; die Sohlerosion nimmt ab.

Nach dem Leitgedanken der Schaffung von Trittsteinen mit Strahlwirkung soll in regelmäßigen räumlichen Abständen eine hydromorphologische Maßnahme umgesetzt werden. Dafür müssen jedoch die bereits bekannten Kriterien der Zuwegung der Baumaschinen an den Fluss gegeben sein. Des Weiteren kann eine Entnahme der Uferverbauung und die Aufweitung des Gewässers nur dort vorgenommen werden, wo dem Freistaat Bayern ausreichend Entwicklungsflächen zur Verfügung stehen. Abschnitte, die auf Grundlage der GSK einen eindeutigen Handlungsbedarf (GSK Gesamtbewertung 4 (deutlich verändert) bis 7 (vollständig verändert)) aufzeigen, sollen priorisiert werden.

Besonders erstrebenswert wäre die Umsetzung einer hydromorphologischen Maßnahme in der Nähe einer Kieseinbringung. Wird auf der anderen Uferseite der Kieseinbringung flussabwärts die Uferverbauung entfernt, kann der Kies so eingebracht werden, dass er eine strömungsleitende Funktion besitzt; die Seitenerosion wird begünstigt. Im Rahmen der Entfernung der Uferbausteine ist auch zu prüfen, ob in unmittelbarer Nähe Kiesbänke aufgelockert werden können.

Mögliche Stellen zur Lokalisierung der geplanten, hydromorphologischen Maßnahmen finden sich in der Maßnahmenkarte.

4. Ausblick

Solange Querbauwerke an der Amper nicht sedimentdurchgängig gestaltet sind, bedarf es einem kontinuierlichen Management von Sediment. Die Eintiefungstendenzen der Amper über weite Strecken hinweg zeigen, dass in den letzten Jahrzehnten dieses Management vernachlässigt wurde. Da es sich bei den Problemen des Sedimentmangels und der Eintiefungstendenz der Amper um Probleme handelt, die auf dem kontinuierlichen Prozess der Geschiebeumlagerung basieren, ist es wichtig **kontinuierlich und langfristig** die oben genannten Maßnahmen umzusetzen. Beispielsweise sind die Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit im Idealfall jährlich durchzuführen. Gerade zu Beginn der Maßnahmenumsetzung ist eine genaue Dokumentation und ein gründliches Monitoring von Maßnahmen unabdingbar um einen Kenntniserwerb sicherzustellen, der Grundlage für Anpassungen der Maßnahmen sein kann. Stellt sich beispielsweise heraus, dass mehr Geschiebe eingebracht werden kann, als in diesem Konzept angenommen, so können die Mengen angepasst werden.

Gemäß bestehender **Projektbeteiligungen** sind weitere Abstimmungen nötig. Im Rahmen der Arbeitsgruppe Wasserkraft soll eine Abstimmung der Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentverfügbarkeit mit allen Wasserkraftwerksbetreibern an der Amper erfolgen. Die Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentfunktion werden der Fischereifachberatung und dem Landesfischereiverband Bayern vorgestellt.

Literatur

- DIN e.V. (1992). *DIN 4049-1: 1992-12 Hydrologie; Grundbegriffe*. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN).
- DWA. (2012). *Merkblatt DWA-M 525 Sedimentmanagement in Fließgewässern – Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- GKD. (2022). *Abfluss Isar*. Abgerufen am 17.. Februar 2022 von Gewässerkundlicher Dienst Bayern: <https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/abfluss/isar>
- Hauer, C., Unfer, G., Habersack, H., Pulg , U., & Schnell, J. (6 2013). Bedeutung von Flussmorphologie und Sedimenttransport in Bezug auf die Qualität und Nachhaltigkeit von Kieslaichplätzen. *Korrespondent Wasserwirtschaft*.
- Köhler, A. (2021). *Entwicklung eines Sedimentmanagementkonzepts auf der Basis von Vermessungsdaten am Beispiel der Amper*. München: Hochschule Biberach.
- Lange, K. (2021). *Hydraulische Untersuchungen zu Stauraumspülungen am Beispiel der Amper*. München: Hochschule Biberach, Wasserwirtschaftsamt München.
- LfU. (2014). *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch - Donauebiet 2006*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- LfU. (2019). *Gewässerstrukturkartierung von Fließgewässern in Bayern - Erläuterungen zur Erfassung und Bewertung*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).
- LfU. (2021). *Fischökologische Einschätzung des LfU zum altgewässerkonzept im Amper rhei Projekt*. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- LFV Bayern. (2021). *Sedimente in Gewässern*. Oberschleißheim: Landesfischereiverband BAYern e.V.
- Pulg, U. (2007). *Die Restaurierung von Kieslaichplätzen*. München: Landesfischereiverband Bayern e.V .
- Schober, D. H. (2005). *Gewässerentwicklungsplan Amper (GEW I)*. Freising: Wasserwirtschaftsamt Freising.
- StMUV. (2021). *Vortrag. Workshopunterlagen*. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

Anhang

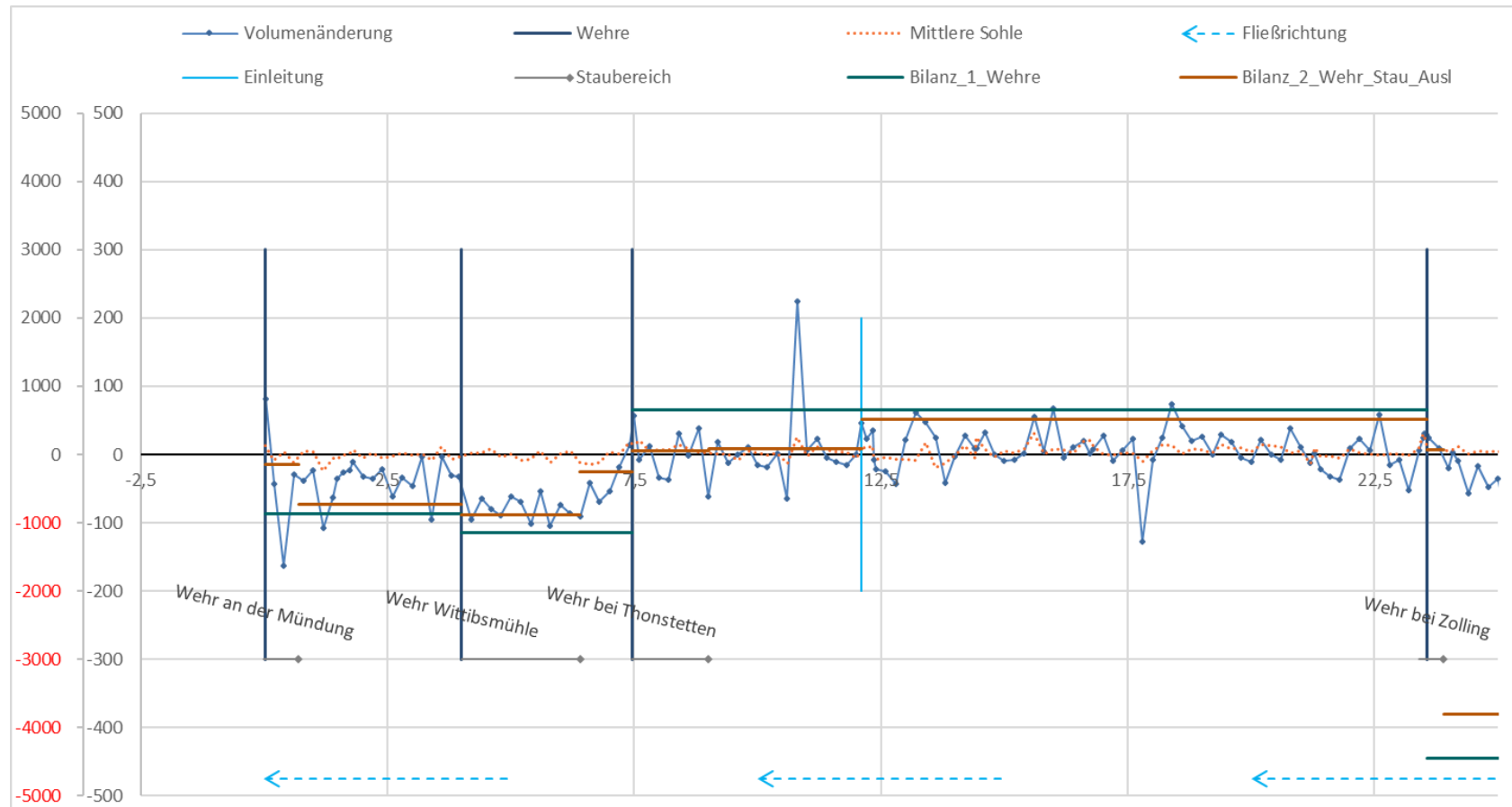
Anhang 1: Liste aller Bauwerke entlang der Amper	27
Anhang 2: Mittlere jährliche Sedimentbilanz und Veränderung der mittleren Sohlhöhe [m/a] (1979-2016).....	29
Anhang 3: Feststoffhaushalt der Amper	34
Anhang 4: Modellierungsergebnisse Stauraumpülungen	35
4.1. Modellierungsergebnisse für den Oberlauf	35
4.2. Modellierungsergebnisse für den Mittellauf	38
4.3. Modellierungsergebnisse für den Unterlauf	41
Anhang 5: Priorisierung der Neuanlage von Kieslaichplätzen.....	43
Anhang 6: Einbringungsstellen	44

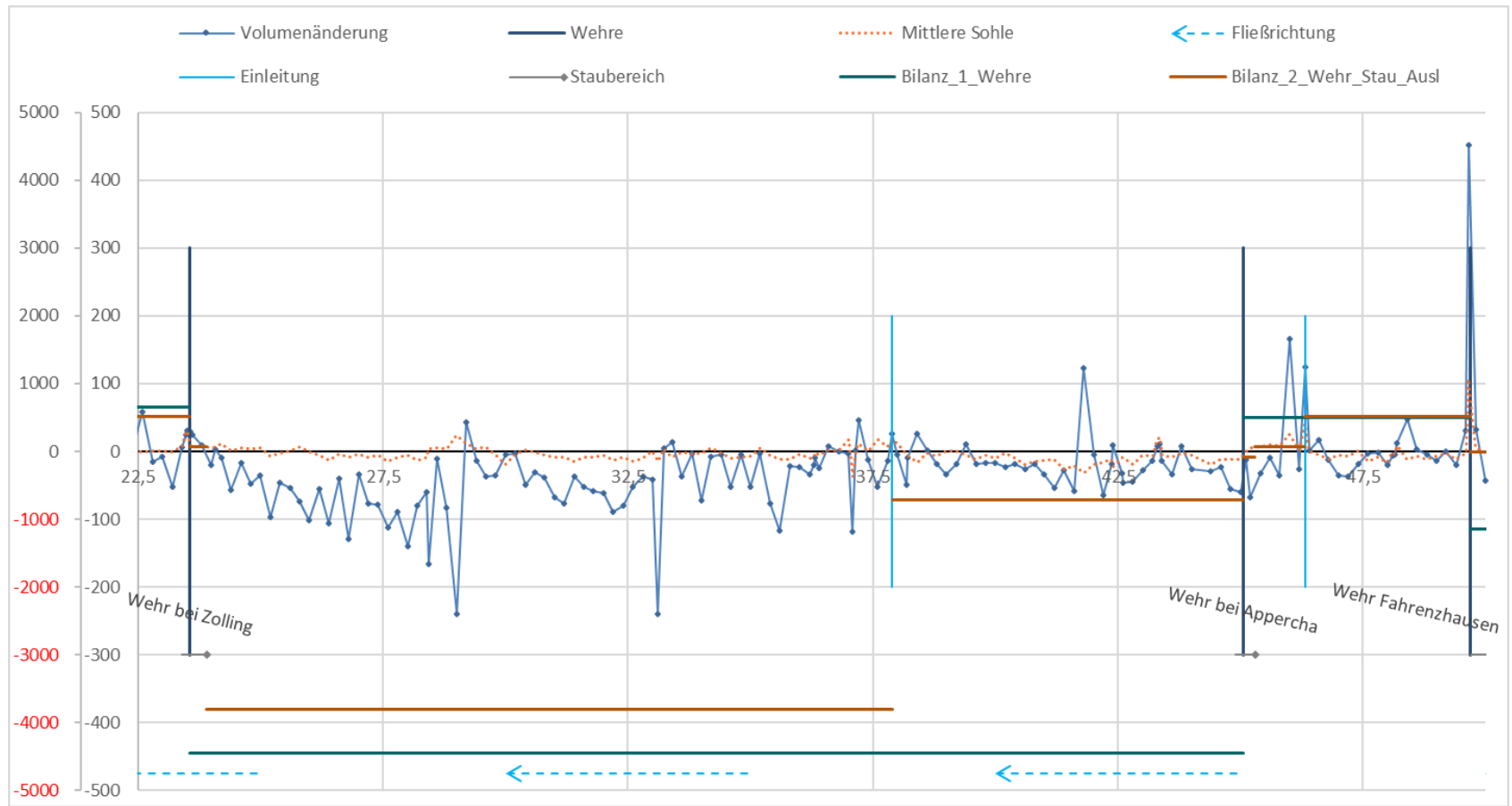
Anhang 1: Liste aller Bauwerke entlang der Amper

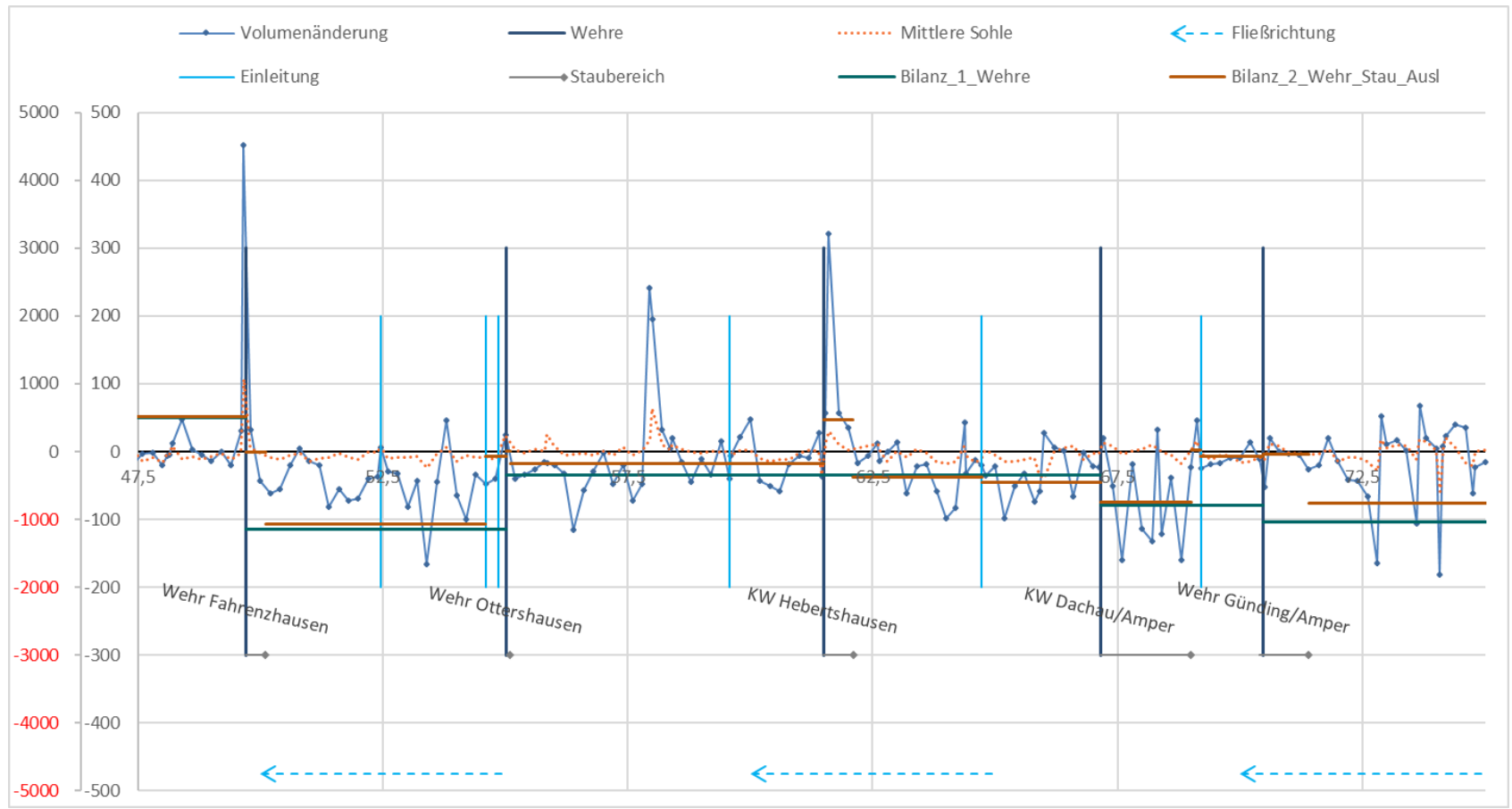
Fkm	Bauwerksart	Biologische Durchgängigkeit	Bezeichnung
ca. 0+000	Stufenwehr	nicht	Volkmannsdorfer Wehr
4+000	Laufkraftwerk	eingeschränkt	WKA Wittibsmühle
7+450	Ausleitungsbauwerk	frei	Wehr bei Thonstetten
12+300	Sohlgleite		Sohlgleite bei Inkofen
14+430	Sohlrampe		Sohlrampe bei Haag
16+700	Raue Rampe		Raue Rampe bei Unterschwaig
19+200	Raue Rampe		Raue Rampe bei Eichenhof
21+265	Raue Rampe		Raue Rampe bei Unterzolling
23+560	Ausleitungsbauwerk	FFA vorh.	Wehr bei Zolling
28+320	Sohlrampe		Sohlrampe bei Helfenbrunn
28+520	Sohlrampe		Sohlrampe bei Helfenbrunn
33+210	Sohlrampe		Sohlrampe bei Nörting
37+120	Sohlrampe		Sohlrampe bei Allershausen
42+370	Absturz		Absturz bei Hagenau
43+250	Sohlrampe		Sohlrampe bei Thurnsberg
45+050	Ausleitungskraftwerk	FFA vorh., nicht	Wehr bei Appercha
49+700	Ausleitungskraftwerk	FFA vorh., eingeschränkt	Wehr Fahrenzhausen
54+900	Ausleitungskraftwerk	nicht	Kraftwerk Ottershausen; KW EW 3 am Hirschgang
55+020	Wehr		Wehr Ottershausen
56+970	Sohlrampe		
58+000	Sohlrampe		Sohlrampe bei Ampermoching
61+500	Laufkraftwerk	FFA vorh., nicht (eingeschränkt)	Kraftwerk Hebertshausen
67+150	Laufkraftwerk	FFA vorh., nicht (frei)	Kraftwerk Dachau
70+480	Ausleitungsbauwerk	FFA vorh., nicht	Wehr Günding
72+870	Sohlrampe		3. Sohlrampe bei Bergkirchen
73+650	Sohlrampe		2. Sohlrampe bei Bergkirchen
74+100	Sohlrampe		1. Sohlrampe bei Bergkirchen
74+790	Sohlrampe		Sohlrampe bei Geiselbullach
80+280	Ausleitungsbauwerk	nicht	Wehr Olching
82+650	Sohlrampe		Sohlrampe am FKK-Gelände

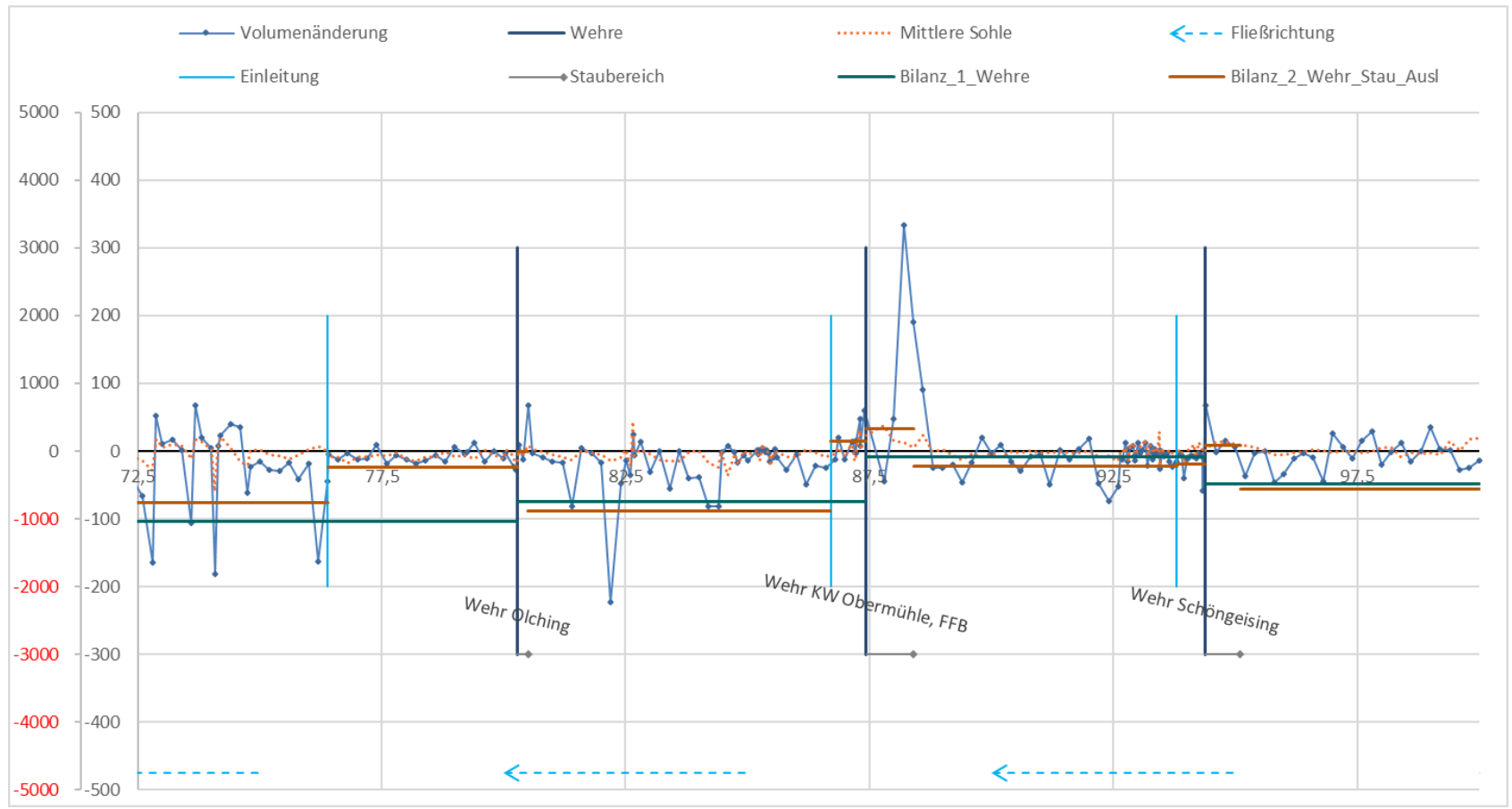
84+550	Sohlrampe		Sohlrampe im Nebenarm der Amper in Emmering
84+667	Sohlrampe		Sohlrampe im Nebenarm der Amper in Emmering
85+260	Sohlrampe		5. Sohlrampe in Emmering
85+290	Sohlrampe		4. Sohlrampe in Emmering
85+395	Sohlrampe		3. Sohlrampe in Emmering
85+460	Sohlrampe		2. Sohlrampe in Emmering
85+560	Sohlrampe		1. Sohlrampe in Emmering
87+085	Absturz		4. Absturz in FFB
87+150	Absturz		3. Absturz in FFB
87+230	Absturz		2. Absturz in FFB
87+330	Absturz		1. Absturz in FFB
87+430	Ausleitungsbauwerk	nicht	Wehr KW Obermühle, FFB
99+990	Sohlrampe		Sohlrampe bei Schöngeising
94+380	Ausleitungsbauwerk	nicht	Wehr Schöngeising
99+367	Sohlrampe		Sohlrampe Grafrath zur Wiedervernässung des Ampermooses

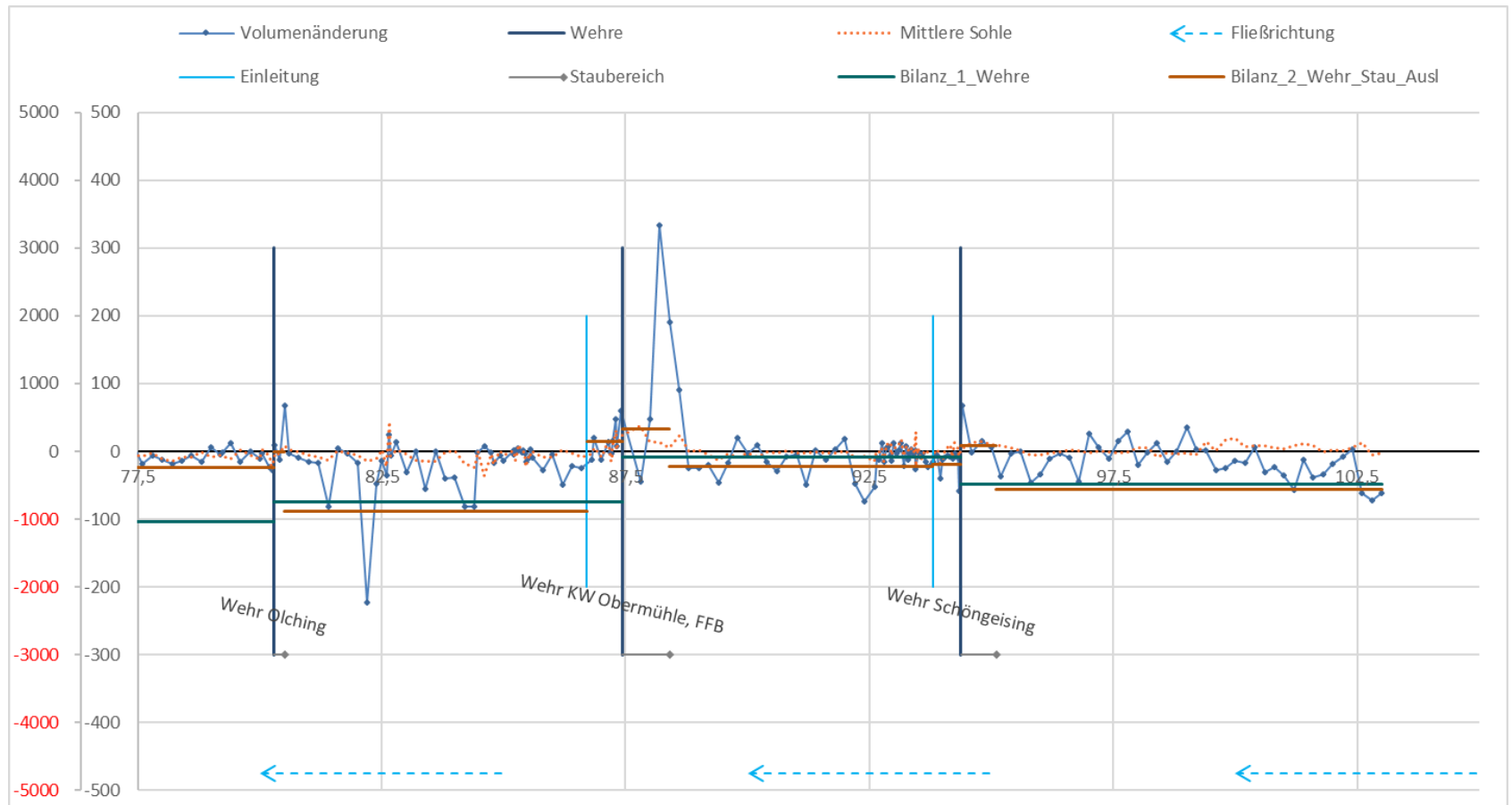
Anhang 2: Mittlere jährliche Sedimentbilanz und Veränderung der mittleren Sohlhöhe [m/a] (1979-2016)











Anhang 3: Feststoffhaushalt der Amper

Der Feststoffhaushalt verändert sich über den Flusslauf der Amper hinweg wie folgt:

Oberlauf

Mit Nähe zum Ammersee, besitzt die Amper die Charakteristik eines Seenausflusses. Im Bereich des Ampermooses zeigt sie sich durch ein eher geringes Gefälle im Bereich der breiten Moorau gewunden und unverzweigt. Durch das enge Durchbruchstal bis Schöngesing ändert sich der Lauf hin zu einem gestreckten und zeigt mäßig differenzierte Querprofile. Die Erschließung von Feststoffen bleibt aufgrund der weitgehend fehlenden Eigendynamik mit bestehendem Einfluss des Ammersees aus. Weiter stromabwärts ist die Amper in der Lage ansatzweise Kiesbänke auszubilden, das bettgestaltende Potential bleibt noch beschränkt. Die Moränenablagerung bilden nur bei seltenen Abflussereignissen eine Feststoffquelle (Schober, 2005).

Mittellauf

Im Bereich der Münchner Schotterebene besitzt die Amper ihr stärkstes Gefälle. Dieser Abschnitt zeigt sich damit als einziger mit dem Potential einer voralpinen Furkationsstrecke mit einer dementsprechend hohen Umlagerungsaktivität. Diese starke Verzweigung zeigt sich bis zur Einmündung der Maisach und stellt damit den Übergang zwischen einem Mäander- und Furkationsflusses mit geringen Eintiefungstendenzen dar. Anschließend nimmt der Fluss durch die Zuflüsse aus dem Tertiärhügelland Abflüsse auf, die zu einer stärkeren Schwankung in der Abflussganglinie führen, wohingegen die rechtsseitigen Zuflüsse aus der Münchner Schotterplatte diese Charakteristik noch ausgleichen. Mit erhöhter Wasserführung, steigt auch das Gestaltungspotential. Dadurch ändert sich die Morphologie hin zu einem gewundenen bis stark gewundenen Flusslauf. Grund hierfür sind die Abnahme des Gefälles sowie die sinkende Aufnahme von Grobschottern. Durch die Lieferung von Feinsedimenten durch die Zuflüsse des Tertiärhügellandes und letztendlich des Eintretens in den Naturraum Donau-Isar-Hügelland, bildet die Amper weit ausholende Mäanderschleifen aus (Schober, 2005).

Unterlauf

Der Unterlauf ist charakterisiert als Mäanderfluss und zählt zu den Fließgewässerlandschaften der großen Auen (über 300m Breite). Die Amper zeigt ein weites Korngrößenspektrum und eine gegenüber der Talsohle geringe Eintiefung zur übergehenden auenbegleitenden Niederterrasse. Die potentiell gestaltgebenden dynamischen Kräfte der Amper nehmen zu. Diese verstärken sich und erreichen mit dem Zufluss der Glonn ihr Maximum. Damit nehmen auch die Feinsedimente des lehmig-schluffigen Tertiärhügellandes an Bedeutung für die Sedimentführung zu. Durch die erhöhten eigendynamischen Kräfte, werden Feststoffe der Auenablagerungen an den Prallufeln abgetragen und bilden wandernde Flussschleifen (Schober, 2005).

Anhang 4: Modellierungsergebnisse Stauraumpülungen

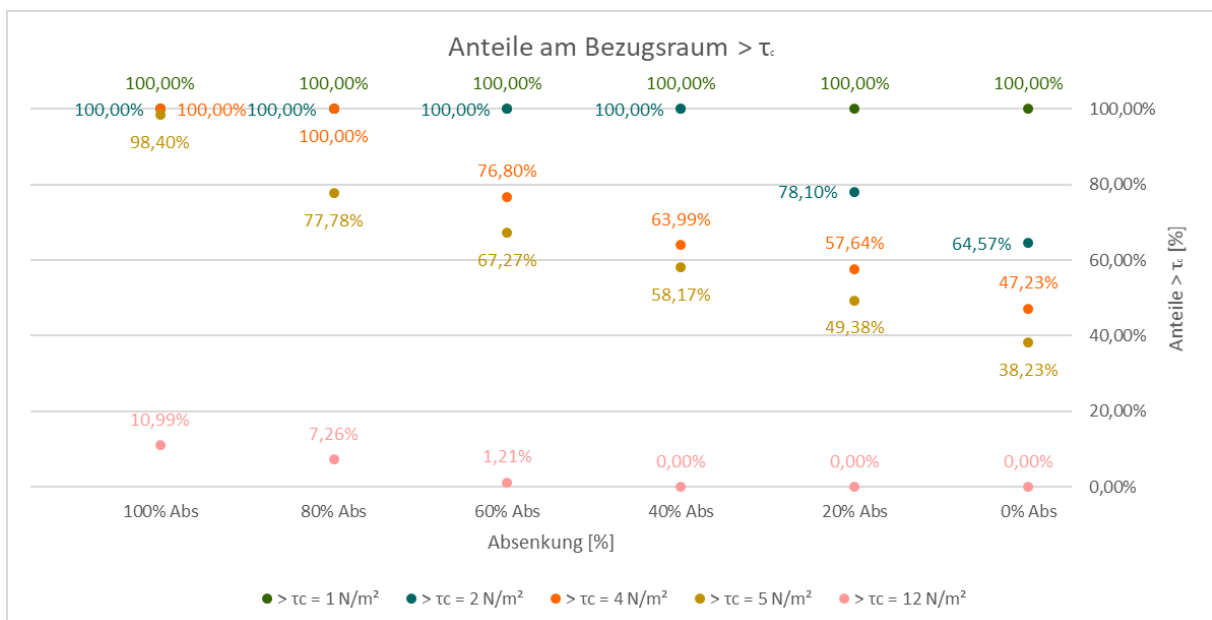
Alle Modellierungsergebnisse stammen aus (Lange, 2021).

4.1. Modellierungsergebnisse für den Oberlauf

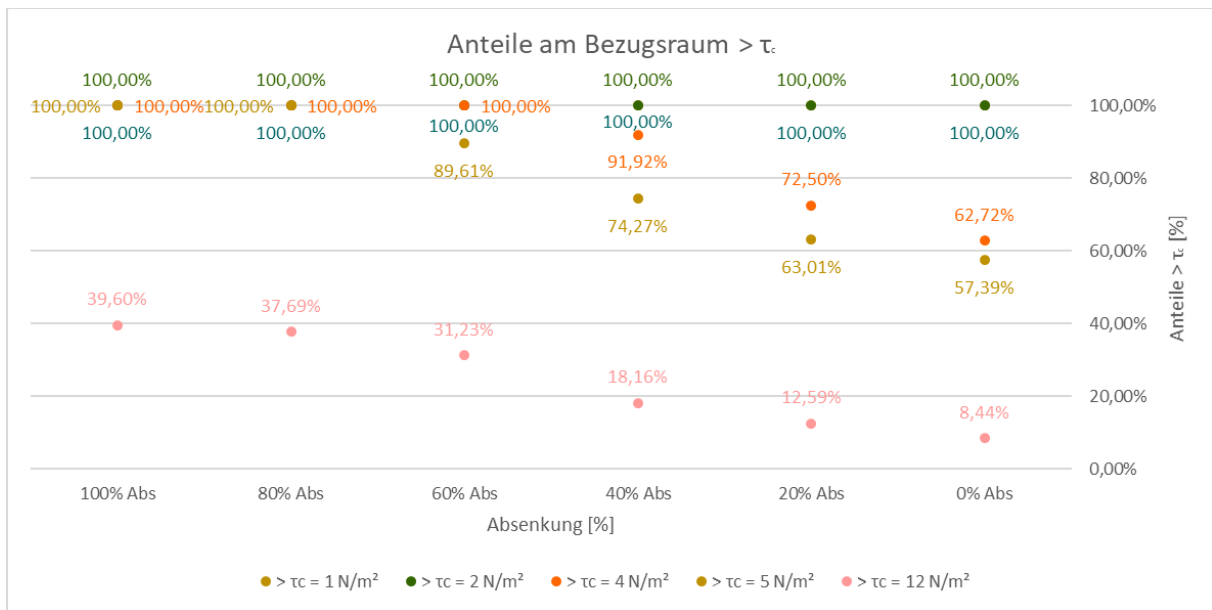
Es wurden folgende Grenzscheppspannungen bei der Auswertung der Berechnungsergebnisse betrachtet:

- Feinsand (0,063 – 0,2 mm): $\tau_c = 1 \text{ N/m}^2$
- Mittelsand (0,2 – 0,63 mm): $\tau_c = 2 \text{ N/m}^2$
- Lockerer Lehm/ Schluff: $\tau_c = 4 \text{ N/m}^2$
- Grobsand (0,63 – 2 mm): $\tau_c = 5 \text{ N/m}^2$
- Ton (fest gelagerter Schlamm): $\tau_c = 12 \text{ N/m}^2$

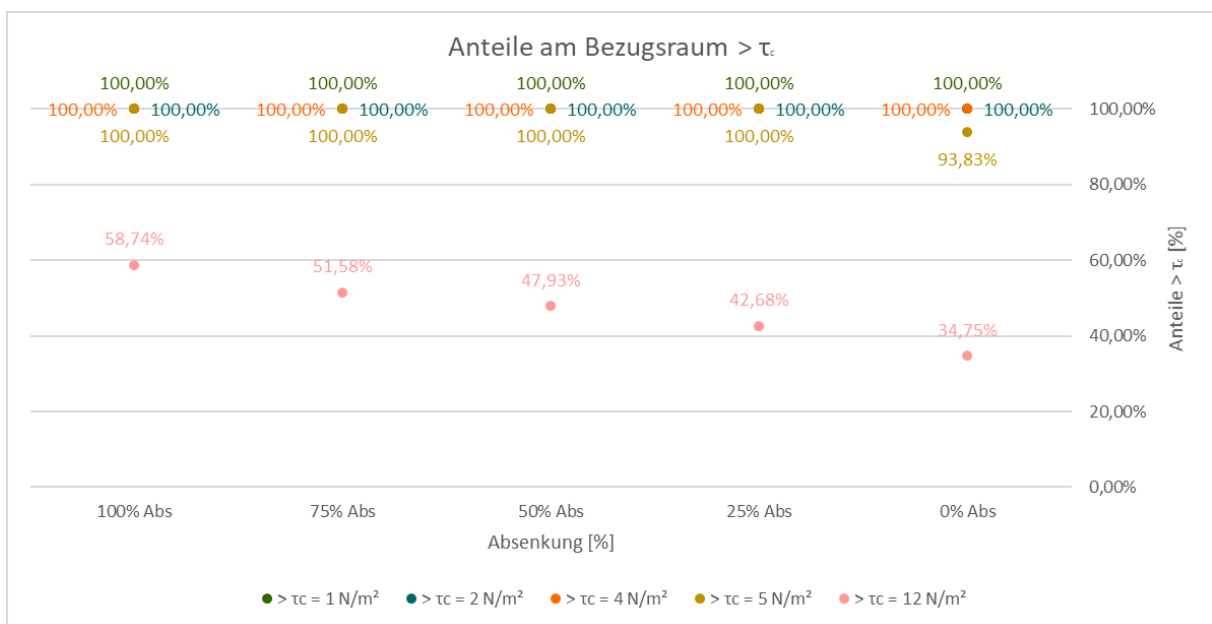
0,5 HQ1 = 27 m³/s



0,7 HQ1 = 38 m³/s



HQ1 = 54 m³/s



HQ2 = 62 m³/s

„Bei einem Abfluss von HQ2 werden die Grenzscheppspannungen zum Mobilisieren von Lehm/ Schluff, Fein-, Mittel- und Grobsand im gesamten ausgewerteten Streckenabschnitt vor der Wehranlage [...] überschritten. Bei einem HQ2 werden also unabhängig von der Absenkung diese Materialien im Stauraum mobilisiert [...].“

Je größer die Absenkung ist, desto größer wird auch der Streckenanteil, in dem die Grenzscheppspannung von Ton $\tau_c = 12 \text{ N/m}^2$ erreicht wird. Senkt man den Wasserspiegel nicht ab [...], liegt der Streckenanteil bei ca. 43%. Wird der Wasserspiegel bis zum freien

Durchfluss abgesenkt, so erreicht man auf 82% der untersuchten Strecke die Grenzscheppspannung zum Mobilisieren von Ton.“ (Lange, 2021).

HQ5 = 72m³/s

„Beim einem HQ5 werden bereits ohne Absenkungen auf ca. 50% der ausgewerteten Strecke vor der Wehranlage die Grenzscheppspannungen zum Mobilisieren von Ton erreicht. Auf der gesamten Strecke können die Materialien Fein-, Mittel-, Grobsand und Lehm/ Schluff erodiert werden [...]

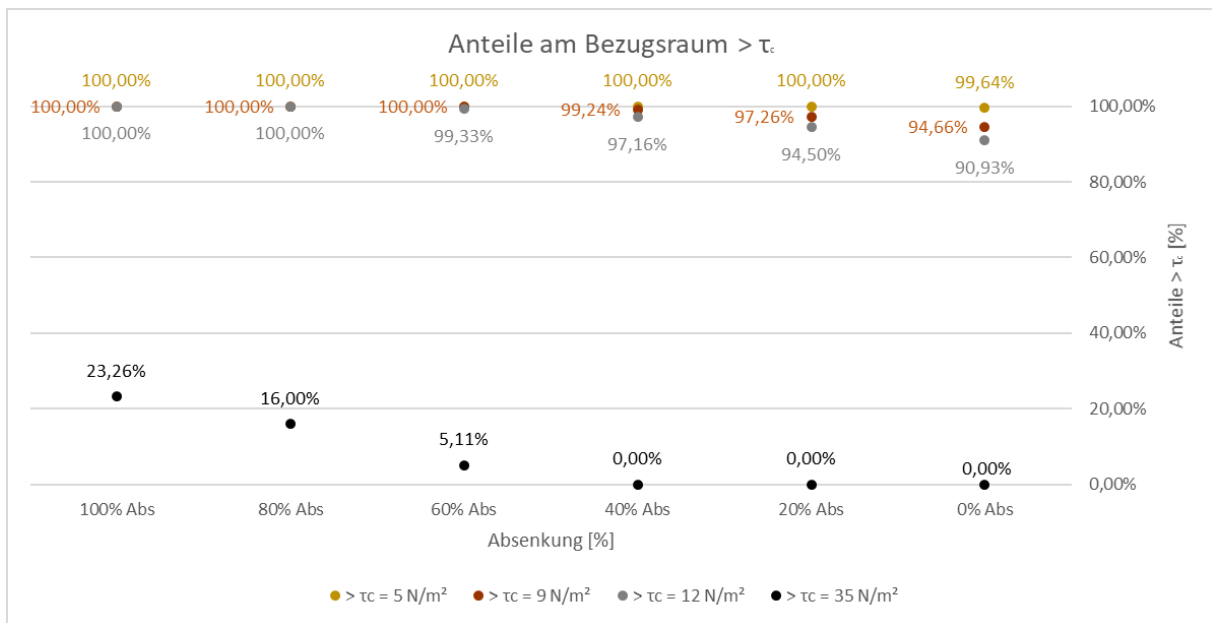
Je größer die Absenkung ist, desto größer wird auch der prozentuale Streckenanteil mit höheren Sohlschubspannungen. Den maximalen Anteil, auf dem die Grenzscheppspannung von fest gelagertem Schlamm/ Ton erreicht ist, erreicht man bei 100%iger Absenkung. Hier wird auf 95% der untersuchten Strecke Schlamm/ Ton mobilisiert.“ (Lange, 2021).

4.2. Modellierungsergebnisse für den Mittellauf

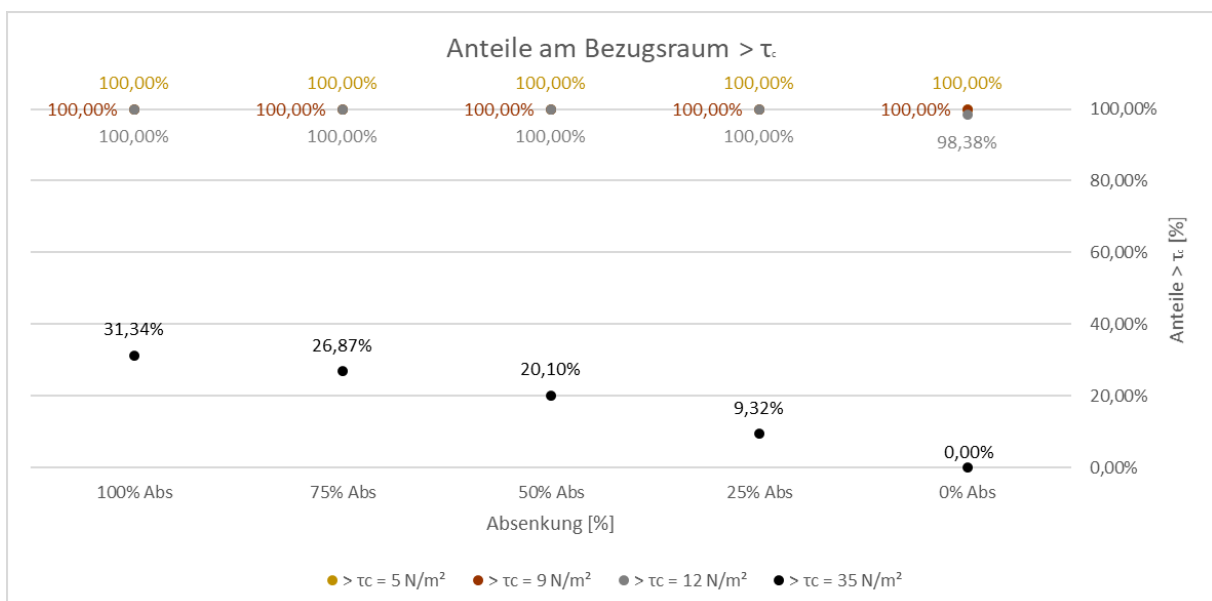
Es wurden folgende Grenzscherpspannungen bei der Auswertung der Berechnungsergebnisse betrachtet:

- Grobes Sandgemisch (0,63 – 2 mm): $\tau_c = 5 \text{ N/m}^2$
- Feinkies (2 – 6,3 mm): $\tau_c = 9 \text{ N/m}^2$
- Mittelkies (6,3 – 20 mm): $\tau_c = 12 \text{ N/m}^2$
- Grobkies (20 – 63 mm): $\tau_c = 35 \text{ N/m}^2$

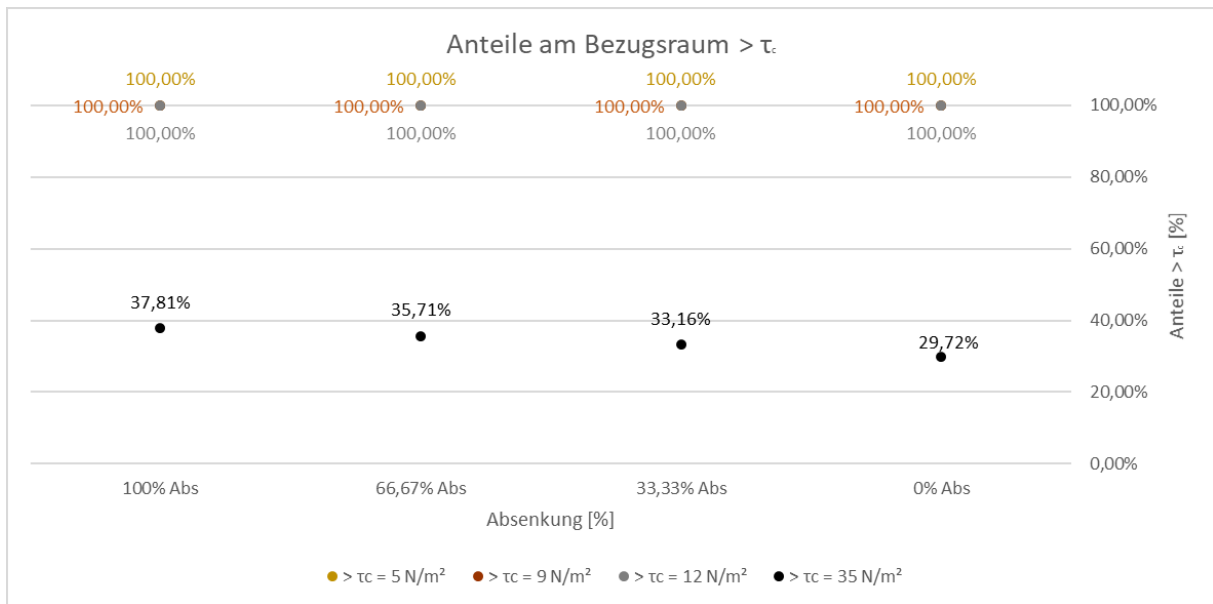
0,5 HQ1 = 35m³/s



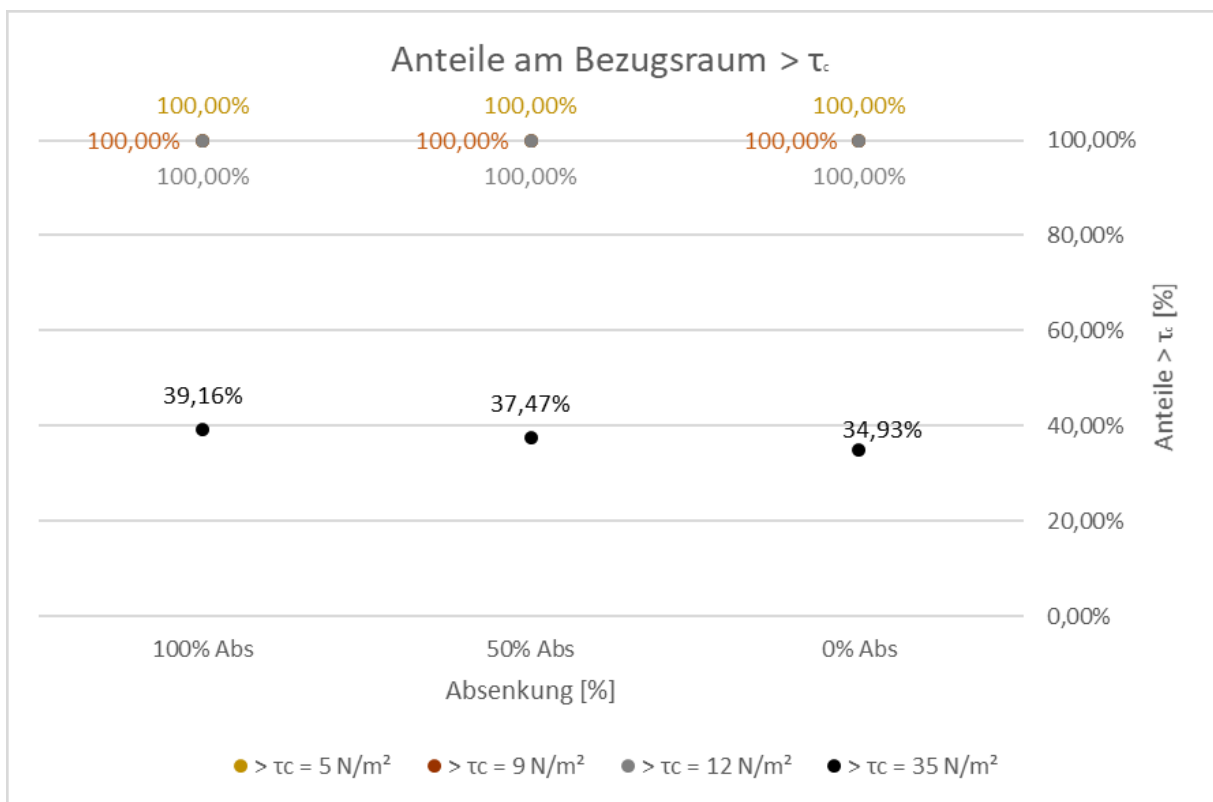
0,7 HQ1 = 50m³/s



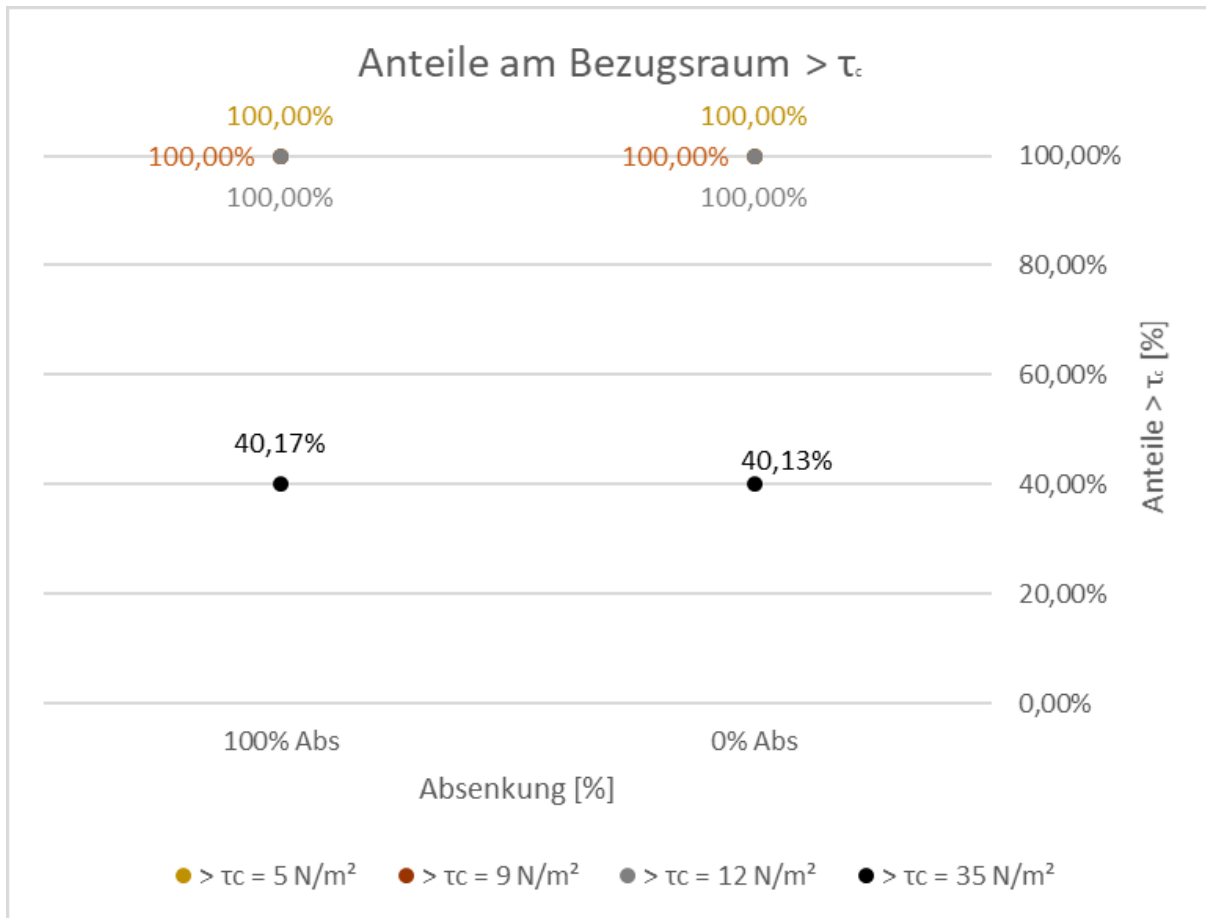
HQ1 = 71m³/s



HQ2 = 80m³/s



HQ5 = 96m³/s

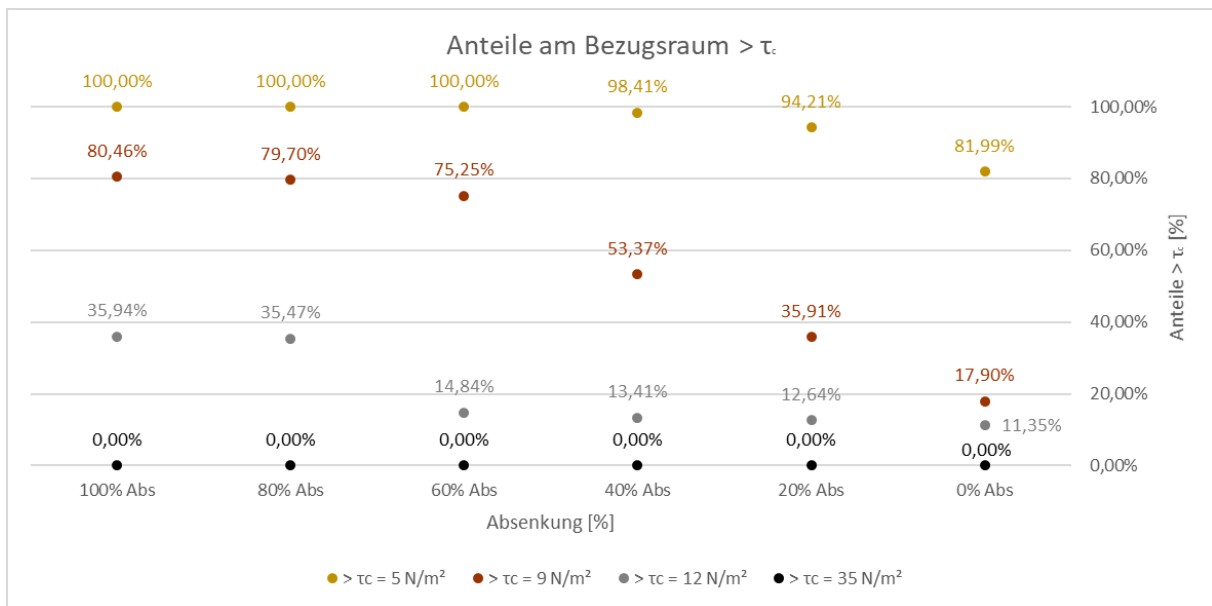


4.3. Modellierungsergebnisse für den Unterlauf

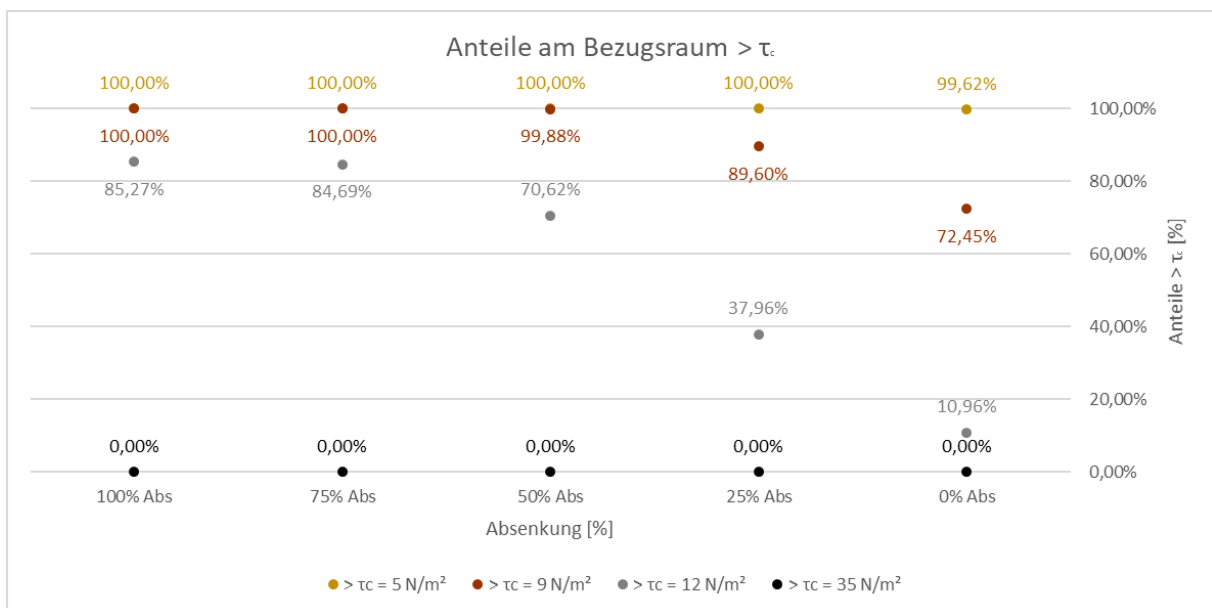
Es wurden folgende Grenzscheppspannungen bei der Auswertung der Berechnungsergebnisse betrachtet:

- Grobes Sandgemisch (0,63 – 2 mm): $\tau_c = 5 \text{ N/m}^2$
- Feinkies (2 – 6,3 mm): $\tau_c = 9 \text{ N/m}^2$
- Mittelkies (6,3 – 20 mm): $\tau_c = 12 \text{ N/m}^2$
- Grobkies (20 – 63 mm): $\tau_c = 35 \text{ N/m}^2$

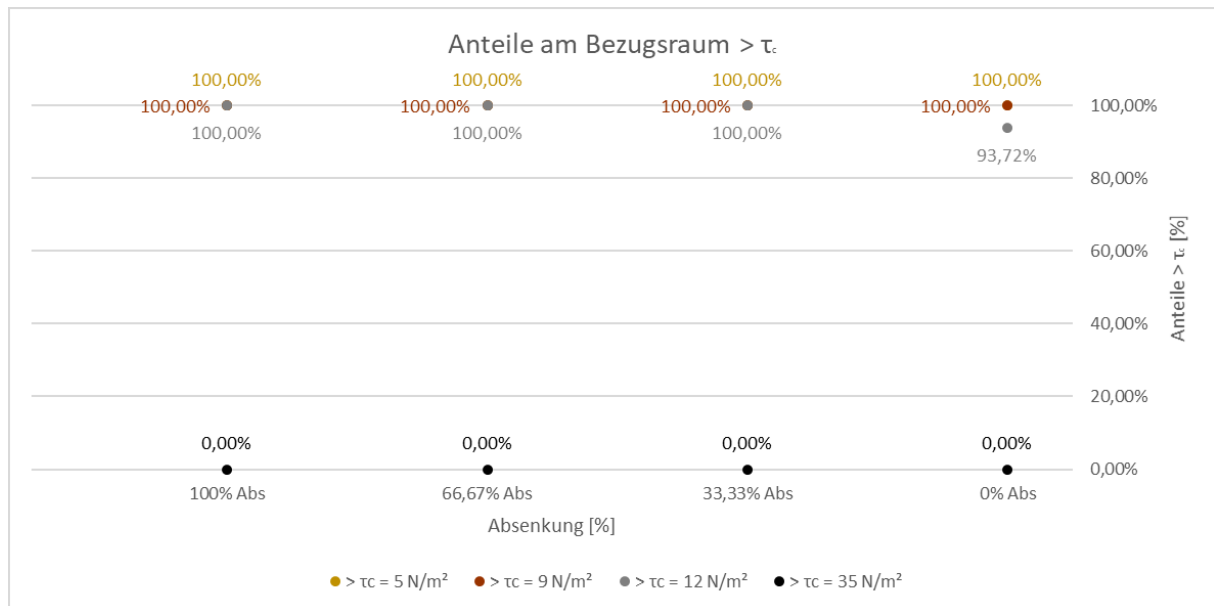
0,5 HQ1 = 45m³/s



0,7 HQ1 = 64m³/s



HQ1 = 91m³/s



HQ2 = 102m³/s

Die „Sohlschubspannung τ_c , Mittelkies = 12 N/m² [wird] auf der gesamten ausgewerteten Strecke erreicht oder überschritten. Dies bedeutet, dass sowohl Sandgemisch als auch Fein- und Mittelkies in dem gesamten Bereich erodiert und weitertransportiert werden kann auch ohne Absenkung. Die Grenzscheppspannung τ_c , Grobkies = 35 N/m², welche zum Mobilisieren von Grobkies nötig ist, wird auf der untersuchten Strecke nicht erreicht.“ (Lange, 2021).

HQ5 = 122m³/s

„Wie bei den Ergebnissen mit HQ2 wird mit dem Abfluss HQ5 auf der gesamten ausgewerteten Strecke die Sohlschubspannung zum Mobilisieren von Mittelkies erreicht oder überschritten. In diesem Bereich werden Sandgemisch, Fein- und Mittelkies mobilisiert [...]. Zum Transport von Grobkies reicht allerdings auch ein Durchfluss HQ5 nicht aus. Die Grenzscheppspannung von τ_c , Grobkies = 35 N/m² wird auf keinem Abschnitt erreicht unabhängig von der Absenkung des Wasserspiegels.“ (Lange, 2021).

Anhang 5: Priorisierung der Neuanlage von Kieslaichplätzen

Fkm	Lkr	Lage	Stömungsbild gemäß GSK	Kolmation	Sonderstruktur
8,95	FS	rechts	ja: langsam fließend10-50 %; schnell fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %		1 ja
10	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; schnell fließend10-50 %; langsam fließend< 10 %		7 ja
11	FS	rechts	ja: langsam fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %; schnell fließend10-50 %		7 ja
12,7	FS	rechts	nein: mäßig fließend10-50 %; langsam fließend> 50 %		7 ja
14,15	FS	links	nein: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %		7 ja
14,4	FS	rechts	ja: langsam fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %; schnell fließend10-50 %; reißend< 10 %		4 ja
15,05	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %		7 ja
19,1	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %; schnell fließend< 10 %		4 ja
21	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %; schnell fließend< 10 %		7 ja
22,2	FS	rechts	ja: langsam fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %; schnell fließend< 10 %		7 ja
26	FS	rechts	ja: schnell fließend< 10 %; langsam fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %		4 ja
26,4	FS	rechts	ja: schnell fließend< 10 %; langsam fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %		4 ja
27,8	FS	links	ja: langsam fließend< 10 %; schnell fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %		4 ja
28,4	FS	links	ja: schnell fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %; langsam fließend< 10 %		4 ja
38,8	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %		1 ja
38,97	FS	rechts	ja: langsam fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %		1 ja
44,6	FS	links	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend< 10 %; schnell fließend10-50 %		1 ja
48,1	FS	links	ja: schnell fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %; langsam fließend< 10 %		1 ja
49	FS	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; schnell fließend10-50 %; langsam fließend< 10 %		1 ja
51,2	DAH	links	ja: langsam fließend< 10 %; schnell fließend< 10 %; träge fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %		7 ja
55,4	DAH	links	ja: langsam fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %		0 ja
55,7	DAH	links	ja: mäßig fließend> 50 %; schnell fließend< 10 %; langsam fließend10-50 %		0 ja
59,6	DAH	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %		0 ja
63,4	DAH	rechts	ja: mäßig fließend> 50 %; langsam fließend10-50 %; schnell fließend10-50 %		7 ja
63,8	DAH	rechts	ja: langsam fließend10-50 %; mäßig fließend> 50 %; schnell fließend10-50 %		0 ja
72,4	DAH	links	ja: langsam fließend10-50 %; schnell fließend10-50 %; nicht erkennbar fließend< 10 %; mäßig fließend> 50 %; träge fließend< 10 %		0 ja
75,2	FFB	rechts	ja: nicht erkennbar fließend< 10 %; mäßig fließend10-50 %; langsam fließend10-50 %; träge fließend< 10 %; schnell fließend> 50 %		0 ja
			hohe Priorität: Strömungsbild passend, Kolmation 0 - 1 und Sonderstruktur sowie Zufahrt vorhanden		
			mittlere Priorität: Strömungsbild passend, Kolmation 4 und Sonderstruktur sowie Zufahrt vorhanden		
			niedrige Priorität: Strömungsbild passend, Kolmation 7 und Sonderstruktur sowie Zufahrt vorhanden		
			keine Umsetzung aufgrund dieses Werts		

Anhang 6: Einbringungsstellen

Fkm	Lage	Abschnitt	Einbringungsmenge [m³/a]	Hinweis
6,57	rechts	Ausleitungsstrecke	570	Zuwegung über Deichüberfahrt. Material muss direkt mit Bagger verteilt werden. Nur mit max. 4-Achser möglich. □
7,1	rechts	Ausleitungsstrecke	570	Zuwegung über Deichüberfahrt. Material muss direkt mit Bagger verteilt werden. Nur mit max. 4-Achser möglich. □
26,5	rechts	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser
28,4	links	frei fließend	600	
29,8	rechts	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser
30,6	rechts	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser
31	links	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser nur im Zuge einer Uferverbauentnahme
33,5	links	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser
35,6	rechts	frei fließend	600	Zufahrt mit 4-Achser
51,6	links	frei fließend	600	Anfahrt rückwärts über Feldweg
73,4	rechts	frei fließend	200	Freischnitt notwendig
74,8	links	frei fließend	200	
75,4	rechts	frei fließend	200	
75,65	links	frei fließend	200	
83,1	rechts	frei fließend	200	
93	links	frei fließend	200	
93,5	links	frei fließend	200	