



Arbeitshilfe

Resilienz von Hochwasserschutzanlagen

Lokale Hochwasserschutzsysteme

Impressum

Resilienz von Hochwasserschutzanlagen, Lokale Hochwasserschutzsysteme

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

LfU, Referat 62

Redaktion:

LfU, Referat 62

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Stand:

Dezember 2023

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	4
2	Vorgehen	5
3	Erläuterungen zum Formblatt	6
3.1	Systemübersicht	6
3.2	Systemverhalten bei HQextrem	6
3.3	Konstruktive Ausbildung	8
3.4	Entleerung des geschützten Gebiets nach Überlauf der Anlagen	10
3.5	Integration in Umweltatlas, Gewässeratlas und Katastrophenschutz	11

Literatur

- [1] AWA Amt für Wasser und Abfall Kt. Bern:
Sanierung Hagneckkanal, Notfallplanung für die Bewältigung des Überlastfalls, Baumgartner, Bern, August 2015
- [2] Technische Universität München:
Kosten-Nutzen-Untersuchungen von Flutpoldern und anderen Maßnahmen für den Überlastfall, Zwischenbericht 2. Meilenstein, Monschein, München, Dezember 2020 - unveröffentlicht
- [3] TU Graz:
Konzeptionelle Bemessung und Planung von Überströmstrecken, Monschein, Graz, März 2017
- [4] Landesamt für Umwelt, Baden-Württemberg
Überströmbare Dämme und Dammscharten, Karlsruhe 2004
- [5] G. Degoutte, R. Tourment
Spillways on River Levees, September 2021

1 Zielsetzung

Bei der Planung und Umsetzung technischer Hochwasserschutzmaßnahmen wird zugleich die Entscheidung für ein Schutzniveau getroffen. Hochwasserschutzsysteme werden damit auf Hochwasserereignisse zuvor festgelegter Größe, im Regelfall ist dies ein 100-jährliches Hochwasser zzgl. Klimafaktor in Höhe von 15 %, bemessen.

Darüberhinausgehende Hochwasserereignisse bzw. der so genannte Überlastfall müssen im Hochwasserrisikomanagement ebenfalls durchdacht und integriert werden. Aufgrund der zuvor gewählten Bemessung wird für diesen Fall die Überflutung von Schutzgütern zugelassen. Diese schädigt die Schutzgüter (insbesondere Bebauung und Infrastruktur) und schränkt deren Funktionen temporär oder sogar dauerhaft ein.

Im Überlastfall werden somit Schäden in Kauf genommen, ein schlagartiges Versagen von Hochwasserschutzanlagen mit entsprechendem Schadensausmaß ist jedoch zu verhindern. Das Bayerische Gewässeraktionsprogramm 2030 (PRO Gewässer 2030) formuliert dies wie folgt: *„... Kann die Überströmung nicht verhindert werden, kommt es darauf an, lokale Schutzanlagen mit einem ausreichenden Widerstand ... zu versehen (bauliche Resilienz).“*

Stauanlagen

Stauanlagen wie z.B. Hochwasserrückhaltebecken werden normenkonform mit Hochwasserentlastungen ausgestattet (siehe auch DIN19700-Teile 10 und 12), um, je nach Größe, Ereignisse bis zu einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren ohne Anlagenversagen zu überstehen. Darüber hinaus ist das PMF¹ zu betrachten und in die Anlagenkonzeption, insbesondere Freibordfestlegung, einzubeziehen (siehe auch DWA-T1/2017). Die erforderlichen Festlegungen und Standardisierungen für den Überlastfall liegen mit den genannten Normen vor.

linienförmige Hochwasserschutzanlagen (Deiche, Hochwasserschutzwände, planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme)

Für linienförmige Hochwasserschutzanlagen besteht gleichermaßen die Zielsetzung ein schlagartiges Versagen der Anlage im Falle der Überlastung ausschließen zu können („Anlagensicherheit“). Die aktuell geltenden technischen Regelwerke (insbesondere DIN19712 und DWA-M507) legen die prinzipielle Erforderlichkeit einer überströmbaren Ausbildung oder alternativ der Anordnung von Überlaufstrecken dar.

Die hier gegenständliche Arbeitshilfe konkretisiert diese Integration baulicher Resilienz in die Planungen linienförmiger staatlicher und staatlich geförderter Hochwasserschutzanlagen. Das anzuwendende Vorgehen wird für Neubau und Sanierung lokaler Hochwasserschutzsysteme festgelegt.

Lokale Hochwasserschutzsysteme haben eine begrenzte Längenausdehnung (entlang der bebauten Bereiche) und sind für sich wirksam.

Gleichwohl sind diese lokalen Hochwasserschutzsysteme oftmals in ein übergeordnetes wasserwirtschaftliches System eingebunden. Für großräumige Betrachtungen werden Entlastungen zum einen in Form von ungesteuertem und gesteuertem Rückhalt, z.B. Flutpoldern, und zum anderen auch in Form von Überlaufstrecken verfolgt (siehe nachfolgende Abbildung 1). Weiterhin können ggf. Deiche, in deren Hinterland sich keine Bebauung befindet, als „Opferstrecken“ deklariert und ausgebildet werden. Das Bayerische Aktionsprogramm Gewässer 2030 formuliert: *„... Durch „resiliente“ Hochwasserschutzsysteme soll ein systemisches Versagen im Überlastfall verhindert und Räume mit hohem Schadenspotential so lange wie möglich vor einer Flutung geschützt werden.“*

¹ probable maximum flood

Die bzgl. dieser **systemischen Resilienz** anzuwendenden Vorgehensweisen werden in einer separaten Studie unter Federführung des LfU untersucht.

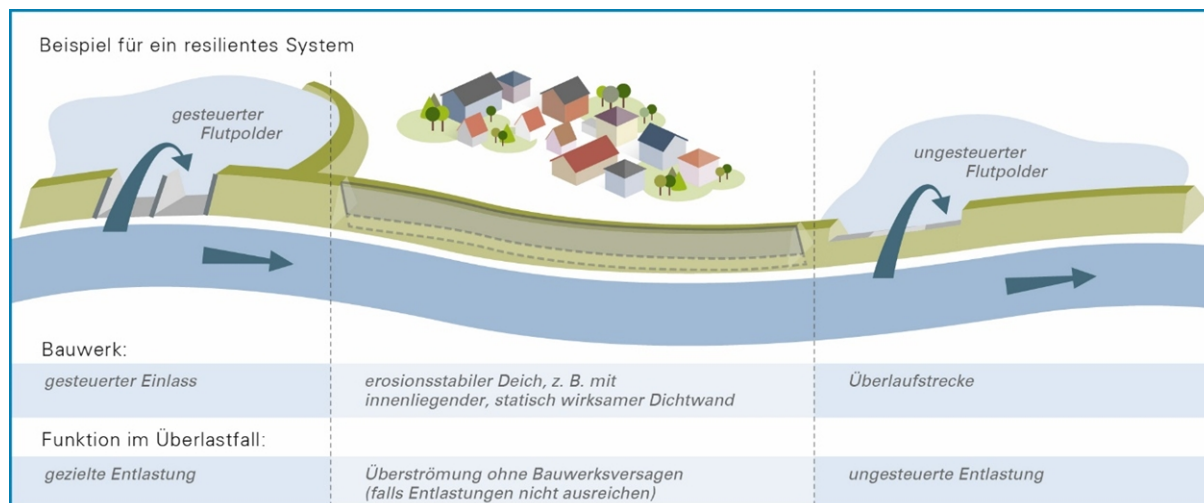


Abbildung 1: Systemische Resilienz [Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022]

2 Vorgehen

Planungen für staatliche Hochwasserschutzanlagen und kommunale Planungen, die staatlich gefördert werden, sind gemäß den REWas² aufzustellen. Die Betrachtung und Berücksichtigung des Überlastfalls ist darin in *Anlage 5 – Gliederung der Erläuterung für Gewässerausbauten und Hochwasserschutz* vorgegeben:

5.5 Überschreitung des Bemessungshochwassers

- Auswirkungen
- Vorwarnzeiten

Die gegenständliche Arbeitshilfe konkretisiert hier das Vorgehen. Im Sinne der Aufwandsminimierung wurde ein ausfüllbares Formblatt auf Basis von Microsoft Word® entwickelt, das in Anlage 1 zur Verfügung steht. Dieses Formblatt bildet die erforderlichen Arbeitsschritte zur Betrachtung und Integration baulicher Resilienz in einem lokalen Hochwasserschutzvorhaben ab. Dabei werden die erforderlichen Informationen und Daten aus dem jeweils vorliegenden Planungsstand entnommen oder, sofern noch nicht vorliegend, abgeschätzt.

Das Formblatt „Resilienz von Hochwasserschutzanlagen - lokale Hochwasserschutzsysteme“ ist bereits im Planungskonzept gemäß *Entwurfs-MS* (UMS 51a-U4418.2-2018/1-10 vom 15.10.2018, verlängert durch 51a-U4418.2-2018/1-23 vom 02.08.2021), d.h. vor dem Einstieg in die Leistungsphasen der Objektplanung gemäß HOAI, anzuwenden und zwingender Bestandteil des Finanzierungs- oder Förderantrages für Neubauten und Sanierungen von Hochwasserschutzanlagen. Dies gilt unabhängig von der Erforderlichkeit eines öffentlich-rechtlichen Genehmigungsverfahrens auch für Sanierungen, die im Rahmen des Unterhalts erfolgen.

Im Planungsprozess ist das Formblatt gemäß Anlage 1 mindestens zu den nachfolgenden Sachständen des Vorhabens fortzuschreiben und in die Planungsunterlagen zu integrieren:

² Richtlinien für den Entwurf wasserwirtschaftlicher Vorhaben, Fassung Januar 2005, derzeit in Fortschreibung

von der Erforderlichkeit eines öffentlich-rechtlichen Genehmigungsverfahrens auch für Sanierungen, die im Rahmen des Unterhalts erfolgen.

Im Planungsprozess ist das Formblatt gemäß Anlage 1 mindestens zu den nachfolgenden Sachständen des Vorhabens fortzuschreiben und in die Planungsunterlagen zu integrieren:

- in der Vorplanung, LpH2 gemäß HOAI im Rahmen der Ableitung der Vorzugsvariante;
- mit Vorlage der Planung zur fachlichen Prüfung bei der zuständigen Regierung / dem zuständigen WWA;
- mit Vorlage des Schlussberichtes zum Vorhaben bzw. des Verwendungsnachweises (bei geförderten Vorhaben) bei der zuständigen Regierung

3 Erläuterungen zum Formblatt

Das Formblatt „*Resilienz von Hochwasserschutzanlagen - lokale Hochwasserschutzsysteme*“ ist in die nachfolgenden Arbeitsschritte untergliedert:

- (1) Systemübersicht;
- (2) Systemverhalten bei Extremhochwasser;
- (3) Konstruktionsart und konstruktive Ausbildung;
- (4) Entleerung des geschützten Gebietes nach Überlauf der Anlagen (dieser Arbeitsschritt ist erst ab der Entwurfsplanung erforderlich);
- (5) Integration in Umweltatlas, Gewässeratlas und Katastrophenschutz (dieser Arbeitsschritt erfolgt erst nach baulicher Fertigstellung des Vorhabens).

Das Formblatt ist ein Microsoft Word® - Dokument und durchgängig bearbeitbar gestaltet, um auf die Projektspezifika angepasst werden zu können.

3.1 Systemübersicht

Das lokale Hochwasserschutzsystem ist im Zusammenwirken mit dem wasserwirtschaftlichen Gesamtsystem und so ggf. auch mit weiteren Hochwasserschutzanlagen zu betrachten. Zur Bearbeitung des Formblattes sind der Übersichtslageplan des Vorhabens (Anforderungen an Inhalte und Planzeichen gemäß [REWAs](#)) und ein Lageplan mit den Überschwemmungsflächen eines HQ₁₀₀ und - soweit vorhanden - eines HQ_{extrem} aus der Rubrik „*Naturgefahren*“ im Umweltatlas Bayern ([Naturgefahren \(bayern.de\)](#)) für den Bestand, d.h. noch ohne die anvisierten Hochwasserschutzanlagen, beizufügen bzw., bei digitaler Ausführung, zu verlinken.

3.2 Systemverhalten bei HQ_{extrem}

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, zu prüfen, ob die für i.d.R. HQ₁₀₀+15% + Freibord nach den Regeln der Technik geplanten HWS-Anlagen bei HQ_{extrem} überlaufen, bzw. in welchem Umfang der Freibord bei HQ_{extrem} beansprucht wird, und wie sich die Fließbedingungen für das zu planende lokale Hochwasserschutzsystem darstellen. Dies dient als Entscheidungsgrundlage, ob das System überströmbar ausgeführt werden muss.

bereits aus numerischen Simulationen übernommen werden. Es sind die bei HQ_{extrem} maximal zu erwartenden Wasserspiegel an den Hochwasserschutzanlagen mit dem jeweiligen Bemessungswasserstand, das heißt i.d.R. dem $HQ_{100+15\%}$, zu vergleichen. Weiterhin ist zu untersuchen, welche Veränderungen sich in den Fließwegen ergeben und in welchem Maße kritische Infrastruktur betroffen ist.

Der Anstieg der maximalen Wasserspiegel zwischen $HQ_{100+15\%}$ und HQ_{extrem} fällt je nach Gebietsbedingungen (Einzugsgebiet, ggf. oberstrom gelegene Hochwasserschutzanlagen, Ausdehnung der Überschwemmungsflächen, hydraulische Verhältnisse im Umfeld der HWS-Anlage...) sehr unterschiedlich aus. Ebenfalls kann diese Wasserspiegeldifferenz entlang der Hochwasserschutztrassen deutlich variieren.

In diesem Arbeitsschritt ist auch das Schutzniveau bzw. das zuvor gewählte Bemessungsereignis kritisch zu hinterfragen. Ggf. kann z.B. durch geringfügige konstruktive Anpassungen kritische Infrastruktur aus dem Überschwemmungsgeschehen eines HQ_{extrem} ausgenommen oder zumindest Zeitgewinn zur Evakuierung erzielt werden (siehe auch Beispiele in Anlage 2).

Im Rahmen aktueller Studien [2] abgeleitete Fragilitätskurven zu Deichbauwerken zeigen, dass das Deichbruchrisiko bei einem Wasserspiegelanstieg innerhalb des Freibordes zunächst sehr gering ist. Bei weiterer Inanspruchnahme des Freibordes steigt es jedoch deutlich an. Reicht der Wasserspiegelanstieg bis zur Deichkrone, muss das Deichbruchrisiko in einer Größenordnung von 85 % angenommen werden (siehe Abbildung 2).

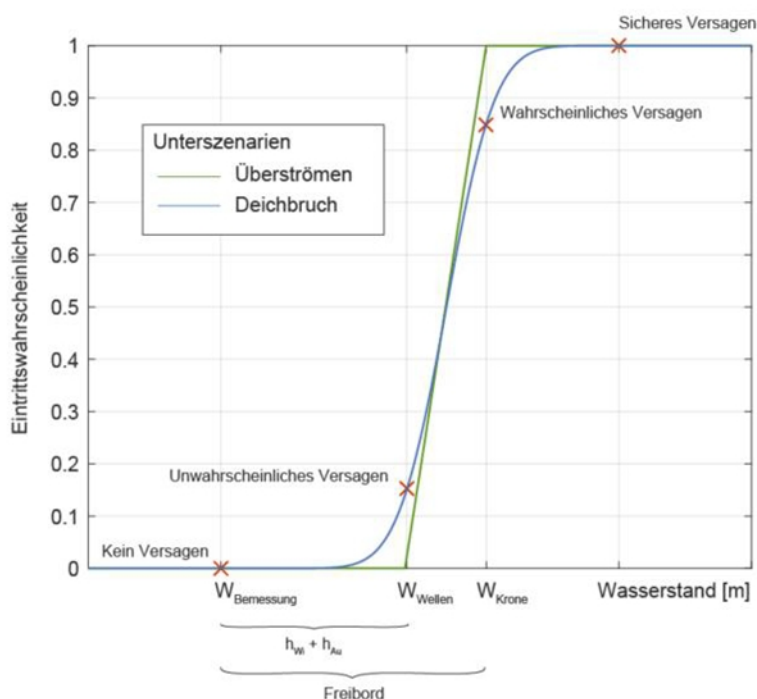


Abbildung 2: Fragilitätskurve Deich [2]

Stationäre Hochwasserschutzwände und planmäßige mobile Systeme sind ebenfalls nicht generell *überströmfest* ausgebildet bzw. nicht zwingend zur Überströmung zugelassen. Von einem geringen Versagensrisiko im unteren Teil des Freibordes kann auch hier ausgegangen werden.

Darauf aufbauend kann für Deiche, stationäre Hochwasserschutzwände und planmäßige mobile Systeme, sofern bezogen auf den maximalen Wasserspiegel eines HQ_{extrem} ein verbleibender Freibord von mindestens 30 cm prognostiziert wird, auf konstruktive Maßnahmen verzichtet werden bzw. eine

nicht überströmbare / nicht überströmfeste Ausbildung gewählt werden. Bei darüber liegend prognostiziertem Maximalwasserspiegel eines HQ_{extrem} sind konstruktive Maßnahmen vorzusehen, siehe auch nachfolgende Abbildung 3.

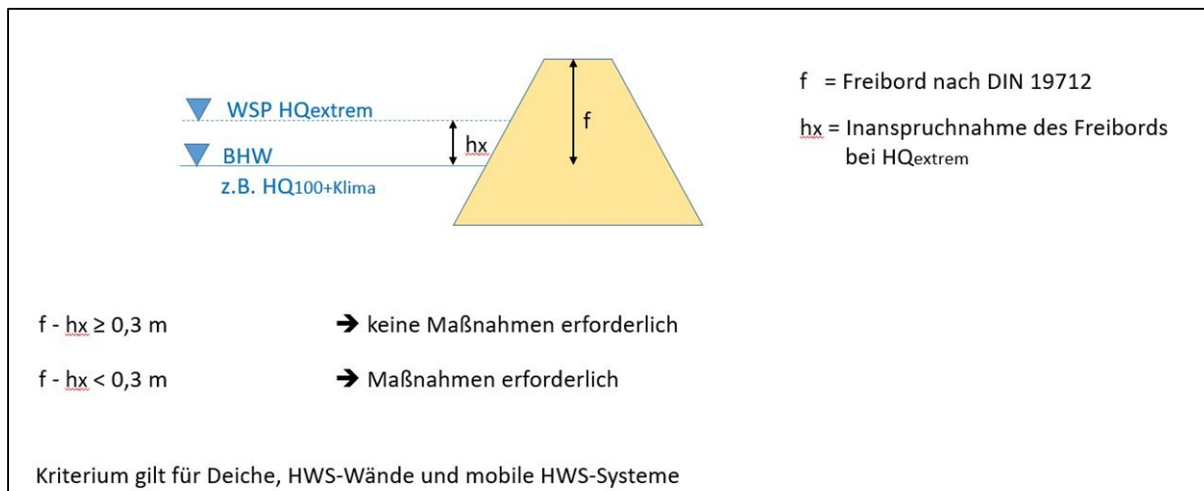


Abbildung 3: Abgrenzungskriterium für die Erforderlichkeit konstruktiver Maßnahmen [LfU, 2023]

Die Bauwerkstrasse(n) eines Vorhabens sind im Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ggf. in adäquate Abschnitte unterschiedlicher Anforderungen zu untergliedern.

Fortschreibungen

Sofern im Verlauf der Vorhabensplanung ein neuer bzw. veränderter Kenntnisstand erzielt wird, ist dieser Arbeitsschritt zu wiederholen und die Erforderlichkeit von Maßnahmen bzw. *überströmbaren / überströmfesten* Ausbildungen neu zu bewerten.

3.3 Konstruktive Ausbildung

Trassen lokaler Hochwasserschutzsysteme, für die im Ergebnis des Arbeitsschrittes 2 konstruktive Maßnahmen erforderlich werden, und in deren Hinterland Schutzgüter wie Bebauung und Infrastruktur liegen (systemrelevant), sind in der Regel auf der kompletten Trasse überströmbär auszubilden. Durch diese Vorgehensweise wird eine robuste Konstruktion erzielt.

Deiche

Bei Deichen sind bevorzugt statisch wirksame Innendichtungen einzusetzen. Diese können als Stahlspundwand oder in Form von bewehrten Bodenvermörtelungen ausgeführt werden. Sie sind für die außergewöhnliche Bemessungssituation A.1 nach DIN 19712 Ziffer 11.2.3.6 zu bemessen. Für den Tragsicherheitsnachweis sind hierbei grundsätzlich nachfolgend erläuterte Einwirkungen zu berücksichtigen: der bordvolle Abfluss ist auf die Oberkante der Dichtwand zu beziehen. Für die landseitige Böschung ist ein vollständiger Abtrag infolge rückschreitender Erosion bis auf die Höhe des luftseitigen Böschungsfußes anzusetzen. In Abhängigkeit des örtlich anstehenden Bodens ist im Einzelfall eine zusätzliche Auskolkung zu berücksichtigen. Für den verbleibenden Erdkörper ist neben der Eigenlast auch eine Verkehrslast nach DIN 19712 Ziffer 11.2.2.3 von 5 kN/m^2 in Ansatz zu bringen.

Wird der Deich mit einer statisch wirksamen Innendichtung versehen, kann das System als HWS-Wand mit „Verkleidung“ durch den Erdkörper verstanden werden. Damit sind folgende konstruktive Abweichungen von den Empfehlungen der Normungen möglich:

- Abminderung des hydraulisch wirksamen Mindestfreibordes nach DIN 19712 auf $0,2 \text{ m}$;

- Erhöhung der Böschungsneigung auf bis zu 1:1,5, somit Verminderung des Flächenbedarfs;
- Abminderung der beidseitigen Deich-Schutzstreifen auf eine Breite von 3,0 m; deichbegleitende Wege können dem Schutzstreifen angerechnet werden;
- Abminderung der Deichkronenbreite auf 2,0 m (bei nicht befahrbarer Ausbildung);

In Einzelfällen, insbesondere bei sehr kurzen Trassenlängen oder erheblichen Auswirkungen auf die Grundwasserbedingungen, kann die Ausbildung als überströmbarer Querschnitt (erosionsstabile landseitige Böschung und Kolsicherung) auf der kompletten Trasse die Vorzugsvariante darstellen.

Hochwasserschutzwände und planmäßige mobile Systeme

Für stationäre Hochwasserschutzwände ist das landseitige anschließende Gelände in geeigneter Form erosionsstabil auszubilden oder eine Tiefgründung zu wählen.

Mobile Systeme können, sofern entsprechende statische Nachweise vorliegen, überströmfest ausgebildet werden. Alternativ ist eine Erhöhung der mobilen Hochwasserschutztrasse wie folgt möglich:

Szenario 1 - angrenzende stationäre HWS-Bauwerke werden bei HQ_{extrem} nicht überströmt:

➔ die Bauwerksoberkante des mobilen Systems wird um mindestens 0,2 m gegenüber der Oberkante des direkt anschließenden stationären Hochwasserschutzsystems erhöht, wie gemäß DIN 19712 (Abschnitt 6.3) standardmäßig empfohlen, keine weitergehenden Maßnahmen;

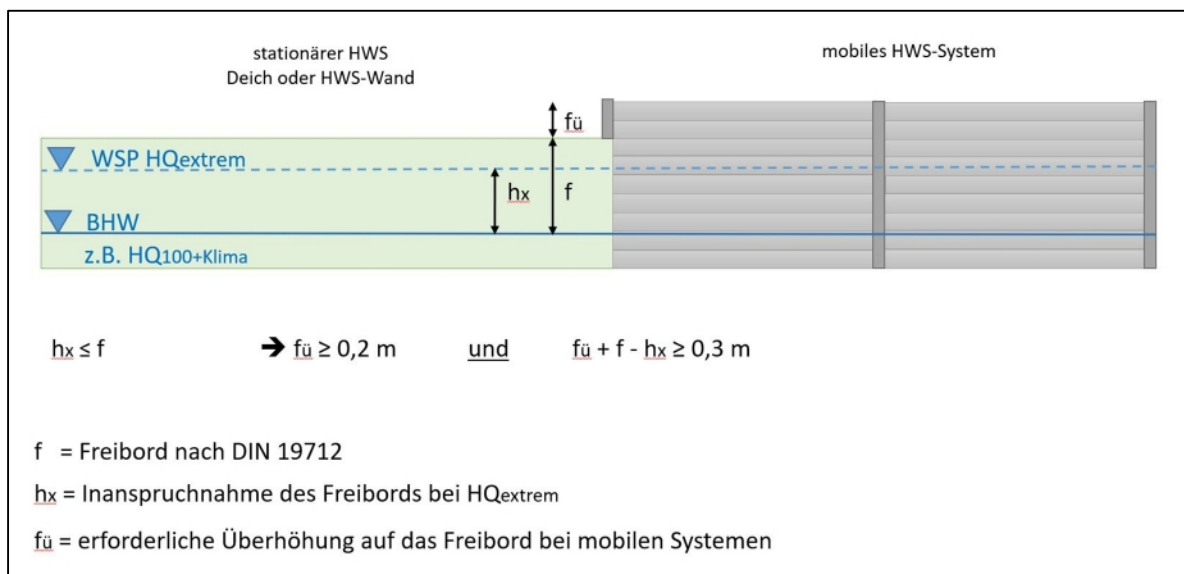


Abbildung 4: planmäßige mobile Systeme - Überhöhung nicht überströmfester Systeme, Szenario 1 [LfU, 2023]

Szenario 2 - angrenzende stationäre HWS-Bauwerke werden bei HQ_{extrem} überströmt:

→ die Bauwerksoberkante des mobilen Systems wird um 0,3 m höher als der maximale Wasserspiegel des HQ_{extrem} ausgebildet;

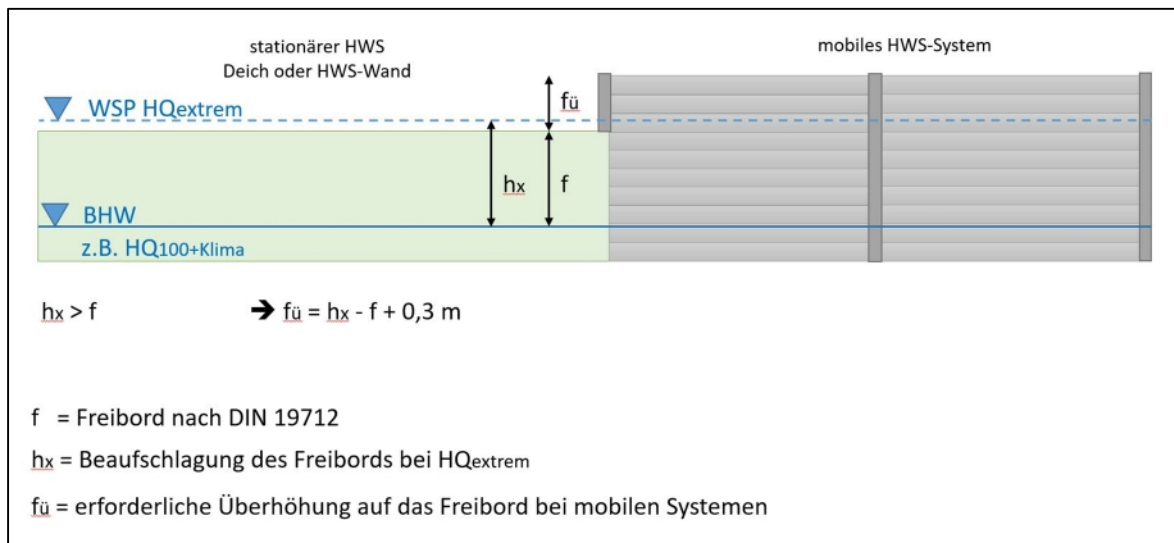


Abbildung 5: planmäßige mobile Systeme - Überhöhung nicht überströmfester Systeme, Szenario 2 [LfU, 2023]

Mit Zunahme der Trassenlängen stellen sich abschnittsweise Überlaufstrecken³ als mögliche Alternative dar, sie sind jedoch deutlich vulnerabler und deshalb nur in begründeten Einzelfällen anzuwenden. Für diese sind die Bemessungsansätze im Rahmen der Vorplanung (LpH2) mit dem LfU abzustimmen. Für die konstruktive Ausbildung solcher Überlaufstrecken kommen feste Schwellen oder selbsterodierende Systeme⁴ in Frage. Überdeckte Schwellen, die vor Funktionsfähigkeit mittels Geräteeinsatz freigelegt werden müssen, werden nicht empfohlen.

3.4 Entleerung des geschützten Gebiets nach Überlauf der Anlagen

Dieser Arbeitsschritt ist ab der Planungsphase Entwurf, d.h. bei Kenntnis über die genauen Trassenverläufe und konstruktiven Ausbildungen erforderlich.

Überschwemmungen im Hinterland müssen möglichst zügig, innerhalb weniger Tage abgefließen sein. Hierzu sind in der Planung geeignete, möglichst robuste und unterhaltungsarme Maßnahmen der Binnenentwässerung vorzusehen. Neben evtl. örtlichen Sielen an Geländetiefpunkten sind auch Informationen über geeignete Positionen für Deichöffnungen bei abklingendem Hochwasser zu eruieren und in den Planungsunterlagen darzulegen. Dabei sind Einschränkungen bzw. Anforderungen an die Durchführung der Deichöffnung durch die konstruktive Ausbildung des Deiches, z.B. innenliegende Spundwände, zu berücksichtigen.

³ Zur Vereinheitlichung der Nomenklatur ist der Begriff Überlaufstrecke zu verwenden und von den Begriffen Überströmstrecke und Notüberlauf abzuweichen.

⁴ Derartige Systeme wurden an der Versuchsanstalt Oberrhein in physikalischen Modellversuchen betrachtet und kommen im Rahmen des Donauausbaus Straubing-Vilshofen zum Einsatz.

3.5 Integration in Umweltatlas, Gewässeratlas und Katastrophenschutz

Nach baulicher Fertigstellung, d.h. in der Phase des Schlussberichtes bzw. des Verwendungsnachweises sind überströmbar/überströmfest ausgebildete Hochwasserschutztrassen (in Ausnahmefällen Überlaufstrecken):

- in die hydraulischen Berechnungen der nächsten Fortschreibung/Zyklus für die Karten der Naturgefahren gemäß Umweltatlas Bayern ([Naturgefahren \(bayern.de\)](https://www.naturgefahren.bayern.de)) bzw. in die dargestellten Überschwemmungsinformationen zu integrieren. So sind in diesen Trassenabschnitten keine Deichlege-Szenarien anzuwenden;
- in den Risikodialogen oder sonstigen Besprechungen mit dem Katastrophenschutz zu adressieren und in die Kenntnisse des örtlichen Katastrophenschutzes zu integrieren: „...*Eine geeignete Notfallplanung nimmt Denkarbeit voraus und verhilft so zu einem Zeitgewinn ...*“ [1]. Das Zusammenwirken der technischen Hochwasserschutzsysteme mit den weiteren Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements ist mit der Kommune abzustimmen.
- mit Angaben zur Bauweise im Gewässeratlas (kurz GWA) zu dokumentieren;