

Der Wasserbau der Zukunft in Bayern als holistische Weiterentwicklung aufgrund sich rasch wandelnder Randbedingungen

Martin Grambow, Bernhard Simon und Andreas Rimböck

Zusammenfassung

Der Wasserbau ist seit jeher eine äußerst anspruchsvolle und weitreichende Disziplin. In den zunehmend zur Gänze überformten Landschaften mit mannigfaltigen Ansprüchen verschiedener Gesellschaftsbereiche an die Wassernutzung und den Schutz vor Wassergefahren steigen die Anforderungen aktuell nochmals erheblich an. Es gewinnen mit dem Klimawandel auch die ökologischen und sozialen Funktionen bzw. Leistungen unser Gewässer stark an Bedeutung, während die „klassischen“ Themen, wie Hochwasserschutz, aber auch Trockenheit überdies wesentlich verstärkt werden. Dies stellt neue und noch weitergehende Anforderungen an nachhaltige und zukunftsorientierte Planungen. Dem kann nur mit einem holistischen Ansatz und einem systems engineering wirkungsvoll begegnet werden.

Beispielhaftes neues Planungsziel ist der Resilienzgedanke – hinsichtlich der Schutzfunktionen und der ökologischen Gewässerfunktionen. Die Zusammenschau der sowohl neuen als auch weiterentwickelten Schwerpunkte wurde in der aktuell aufgelegten und für den Freistaat Bayern richtungsweisenden Gesamtstrategie „Wasserzukunft Bayern 2050“ fixiert.

1 Grundsätzliche Herausforderungen im Wasserbau

Der Wasserbau ist eine der ältesten Kulturtechniken. Gewässer, Ufer, Auwälder und sogar ganze Landschaften wurden über die Jahrhunderte aus allen möglichen Gründen von der Gefahrenabwehr über Energie und Transport bis zur Landgewinnung weitestgehend umgestaltet. Heute ordnen wir diese weitgehenden Überformungen natürlicher Systeme als einen wesentlichen Faktor im aktuellen Zeitalter des Anthropozäns (vgl. P. Crutzen (2002)) ein.

Es liegt in der Natur des Umgangs mit dem Wasser, dass hier besonders viele Aspekte zu berücksichtigen sind, verbinden sich doch an und in den Gewässern unsere wichtigste Lebensgrundlage Wasser mit seinem fundamentalen Nutzen, aber auch manchmal Schaden. Unser Interesse am Wasser bewegt sich zwischen einer unverzichtbaren Wasserspende für Mensch und Natur sowie einer möglichen Bedrohung durch Hochwasser und Trockenheit.

Neben gut begründeten unmittelbar nützlichen, materiellen Nutzen als Teil der unseren Wohlstand begründenden Infrastruktur gewinnen immaterielle und nicht unmittelbar wirtschaftliche Interessen gerade der Oberflächengewässer an Bedeutung. Der intrinsische ökologische Wert eines Gewässerabschnittes wird durch die Funktion der Biotopvernetzung wesentlich erweitert, bis hin zu Wirkungen, die auch weit über die Gewässerlandschaft hinaus eine hohe Bedeutung für die Erhaltung der systemischen Biodiversität haben. Mehr noch: Erst in jüngerer Zeit erkennt der Mensch die Bedeutung als Erholungsraum. Mehr und mehr ist ein kühles resilientes Mikroklima nicht nur für die Ökosysteme, sondern auch für den Menschen und dessen Gesundheit wichtig. Das reicht bis tief in unser Empfinden und die Lebensqualität hinein: Wir sprechen heute von gesundheitsfördernden Landschaften (Grambow et al. (2020a)).

Während die Anforderungen an unsere Disziplin kaum umfassender sein können, ist die Umsetzung nie Routine. Alle Maßnahmen, die Wasserbauer ergreifen, sind Prototypen, die auf die individuelle Situation und die speziellen Funktionsanforderungen dezidiert entworfen werden. Anders als bei vielen anderen Bauwerken der Infrastruktur gibt es kaum Standard-Lastfälle oder standardisierte Bauteile und nur eine begrenzte Anzahl vergleichbarer Bauwerke.

Auf all diese Anforderungen setzt sich nun die Erkenntnis, dass wir uns in einem sich rasant ändernden System bewegen. Der Wissenschaft sind diese Anforderungen schon länger unter dem Stichwort der „Post modernen Wissenschaft“ (Beck (1986)) bekannt, jüngst noch verstärkt durch die im Kontext der Untersuchungen zum Anthropozän beschriebenen systembestimmenden Veränderungen (u.a. Grambow et al. (2020b)).

Kurzum, der Wasserbau gehört zu den anspruchsvollen Disziplinen, in deren Lastenheft neben ganz besonderen technischen auch umfänglich ökologische und breite Ansprüche der „human science“ umfasst (Human science ist der seltene Fall, dass die angloamerikanische Bezeichnung den Sachverhalt besser trifft als alle den Verfassern bekannten deutschen Übersetzungen).

2 Neuere Herausforderungen

2.1 Bemessung

Bereits bei der Bemessung der Bauwerke im Wasserbau gibt es einige Besonderheiten: Die Eingangsgrößen sind immer schon mit gewissen Unsicherheiten behaftet, mit denen die Planenden adäquat umgehen müssen. Durch den Klimawandel treten nun nicht nur extremere Hochwasserereignisse auf, sondern auch extremere Niedrigwasserzustände. Zeitreihen verlieren an Aussagekraft, da die zukünftigen hydrologischen Veränderungen nur zum Teil über einen Blick in die faktorisierte Vergangenheit abgedeckt werden können. Maßnahmen, die den Zustand eines Gewässers für Dekaden neu fixieren, müssen daher zumindest die wesentlichen Abflusszustände berücksichtigen, die im Zweifel durch eine Experteneinschätzung anzupassen sind. Bei (Hochwasser-)Schutzbauwerken kommt hinzu, dass diese innerhalb ihrer Lebensdauer nur verhältnismäßig selten stark oder gar voll belastet sind und gerade dann sicherheitsrelevant sind (vgl. Abb. 1).

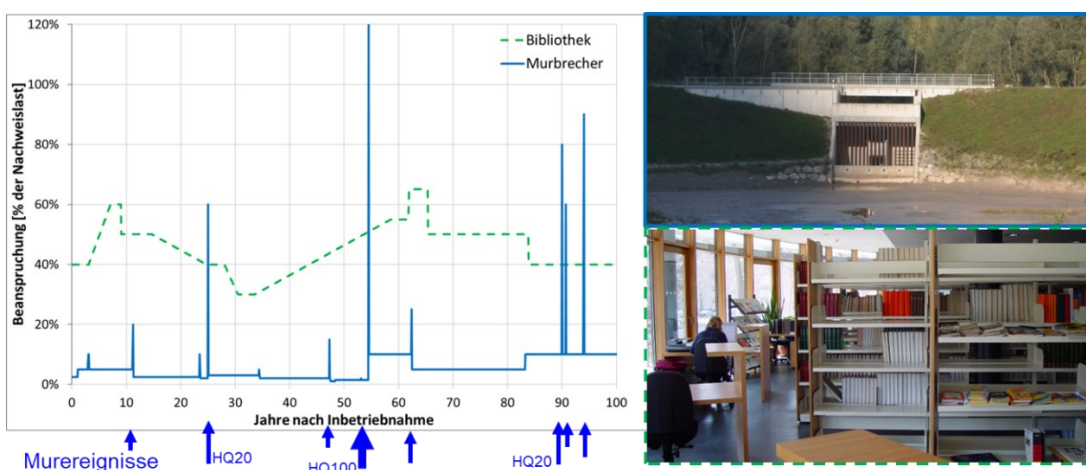


Abb. 1 Schematische Darstellung unterschiedlicher Belastungskurven für Schutzbauwerke (Murbrecher) und klassische Gebäude (Bibliothek) (eigene Grafik)

2.2 Verdichtete und komplexere Randbedingungen

Heutige Wasserbauplanungen haben es mit bereits stark beeinflussten Gewässern zu tun und müssen daher die Wechselwirkungen mit bereits bestehenden Bauwerken und Maßnahmen berücksichtigen. Erschwerend kommt hinzu, dass diese vorhandenen Verbauungen häufig unter anderen Randbedingungen entstanden sind und vielleicht nicht mehr aktuelle Ziele verfolgen. Darüber hinaus schränken die notwendige Überwachung, Unterhaltung und Sanierung der vorhandenen Bauwerke und Maßnahmen die Spielräume für neue Maßnahmen enorm ein.

Auch die Landnutzungen haben sich stark verändert und wurden oft gerade entlang der Gewässer ausgeweitet (vgl. Abb. 2). So ist häufig nur noch wenig Raum am Fluss oder Bach verfügbar, was die Lösungsmöglichkeiten für aktuelle Fragestellungen stark einschränkt. Veränderte Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Flächen wirkt auch auf das Gewässer selbst, indem der Wasserhaushalt insgesamt beeinflusst wird und z.B. Schweb- und Nährstoffe eingetragen werden.

Für Planende stehen heute deutlich mehr Daten zur Verfügung als früher: längere Abflussreihen, differenziertere Niederschlagsmessungen, ökologische Evaluationen, u.v.m. Gleichzeitig steigen mit dem Klimawandel aber auch die Unsicherheiten bei der Projektion der Messwerte aus der Vergangenheit in die Zukunft. Mit diesem Widerspruch umzugehen ist nicht einfach und muss zudem noch gut und transparent begründet werden.

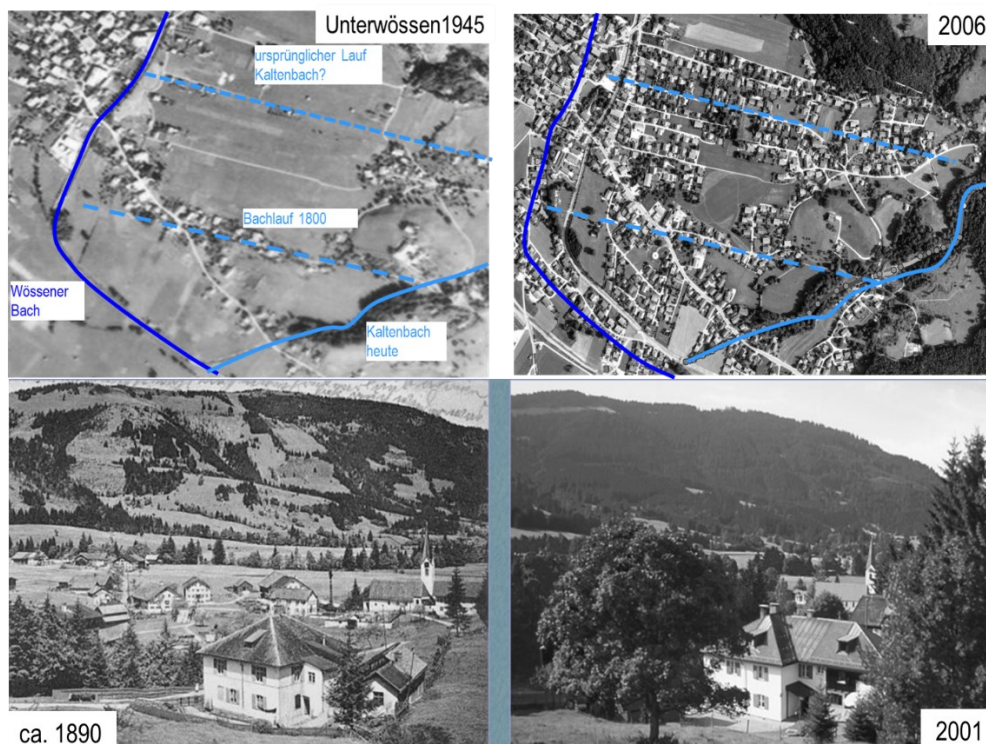


Abb. 2 Veränderte Siedlungen und Landschaften als unterschiedliche Randbedingungen für frühere und heutige Wasserbau-Maßnahmen

Neuerdings rücken die Interaktionen zwischen Oberflächenabfluss in der Fläche und den Hochwasserereignissen an den Gewässern noch stärker in den Fokus. Gleichzeitig machen die ausgeprägteren Trockenperioden eine umfassende Betrachtung aller Wirkungen von Eingriffen auf

den Wasserhaushalt notwendig. So gilt es generell die Speicherfähigkeit sowohl in der Landschaft, als auch in den Siedlungen zu stärken. Hier besteht auch noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Interaktion Starkregen, Hochwasser, Trockenheit und Maßnahmen des flächenhaften Rückhalts oder der Renaturierung bzw. deren Abbildung in hydrologischen und hydraulischen Modellen.

Nicht zuletzt sind die rechtlichen Rahmenbedingungen in den letzten Jahrzehnten deutlich komplexer geworden, z.B. durch die EU-Vorgaben (Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie), aber auch durch neue nationale Verordnungen und Vorgaben. Daneben nehmen auch naturschutzrechtliche oder vergaberechtliche Vorgaben immer mehr Einfluss auf die Planungen und Umsetzungen von Maßnahmen.

2.3 Höhere Ansprüche an Maßnahmen

Gleichzeitig sind die Anforderungen und Erwartungen an Maßnahmen in vielerlei Hinsicht deutlich gestiegen:

- Forderung von Gesamtkonzepten statt Einzelmaßnahmen (vgl. Rimböck, Frietsch (2021)),
- Höhere Ansprüche an die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Bauwerken,
- Enorm hohe Erwartungen an städtebauliche, ökologische und soziale Verträglichkeit,
- Belastungen auf die Maßnahmen durch den Klimawandel nehmen deutlich zu: extremere Hochwasser- aber auch stärker ausgeprägte Niedrigwassersituationen,
- Erreichung der Klimaneutralität zur Schonung der Ressourcen u.a. mittels minimiertem Materialeinsatz.

Vor diesem Hintergrund stellt sich natürlich die Frage, wie unter diesen extrem verschärften Randbedingungen in Zukunft noch wasserbauliche Anlagen geplant und errichtet werden können. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Planungs- und Bauzeit in der Regel mindestens 10 Jahre plus X beträgt. Die Zukunft wird durch die Anforderungen jetzt fixiert, muss aber auf Basis der jetzigen Kenntnisse für die Zukunft geplant werden.

3 Ansätze der Weiterentwicklung

3.1 Systems engineering – holistic approach

Die Planenden müssen daher den Betrachtungsrahmen in folgenden Bereichen erweitern:

- Räumlich: Berücksichtigung des gesamten Flusssystem, inkl. Ober- und Unterlieger, Fluss, Aue, Vorland, Sedimenthaushalt, Biotopverbund, u.v.m.
- Zeitlich: Über längere Zeiträume müssen alle wesentlichen "Beanspruchungen" (u.a. Trockenphasen, extreme Hochwasserereignisse) und auch unterschiedliche Ereignisarten (u.a. Hochwasser, Sturzfluten, Starkregen) bedacht werden.
- Thematisch: Naturschutz, Öffentlichkeitsarbeit, Eigentumsrecht, Denkmalschutz, Stadtentwicklung, Landschaftsplanung und Freiflächenplanung bis hin zu politischen Prozessen sind in die Betrachtungen aufzunehmen, um Projekte zu einem adäquaten Ergebnis zu führen.

- Ganzheitliches Wassermanagement: (Einzel-)Maßnahmen können nicht die volle Wirkung übernehmen – beim Hochwasserschutz mit begrenztem Schutzgrad, ebenso wie bei ökologischen Verbesserungen. Vorteilen stehen gegenüber, dass nicht abgedeckte Bereiche bewertet und betrachtet sowie negative Primär- und Sekundärfolgen ebenso benannt und bewertet werden müssen.
- Planbare Vorhabensfolgen: Planungen fokussieren sich meist die gewünschten Primär- und Sekundärfolgen in näherer Umgebung (Ökologie, Stadt- und Landschaft). Es müssen in Zukunft auch Tertiärfolgen z.B. auf Gesellschaft, Sozialfunktion, überregionale Vernetzung und Rückkopplungen soweit möglich in die Planungen einfließen. Diese sind jedoch meist schwer bzw. nur bedingt abschätzbar und bewertbar.

Vieles davon wurde durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie mit ihrer Einführung der Einzugsgebietsbetrachtung oder durch die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie mit der Implementierung eines integralen Risikomanagements auf Basis eines breit aufgestellten Dialogs und der Kombination von Einzelmaßnahmen schon deutlich angestoßen. Im Hinblick auf die Ressourcen und langfristigen Wirkungen ist heute zudem eine Lebenszyklusbetrachtung essentiell. Über die Betrachtung und Einbeziehung verschiedener Entwicklungsszenarien sollten die Unsicherheiten in den Bemessungsgrundlagen und künftig veränderten Randbedingungen reduziert werden. Ein Ansatz zur Implementierung ist der Ansatz des „systems engineering“ (vgl. auch Rimböck (2016)). Damit sind neue Herausforderungen an die Planenden verbunden. Sie sollten daher verstärkt:

- in Systemen denken und auch die Wechselwirkungen von Eingriffen in einem System auf die anderen Systeme einbeziehen (Umweltsystem, Gesellschaftssystem, (Hochwasser-) Schutzsystem))
- systemisch denken, d.h. z.B. dynamische und langfristige Betrachtungen vornehmen, Szenarien untersuchen, Adaptionmöglichkeiten vorsehen, ...
- systemisch arbeiten, d.h. kooperativ, interdisziplinär und im Dialog arbeiten, wobei mit dem Dialog aber kein „Wunschkonzert“ verbunden sein kann, sondern hier klar Bereiche mit reiner Information von Bereichen mit Beteiligung/Einbeziehung zu unterscheiden sind.

Insgesamt müssen durch das systems engineering Ziele formuliert und umgesetzt werden, die über den eigentlichen Zweck hinausgehen. Hochwasserschutz wird dabei zum multifunktionalen Ansatz, der Hochwasserschutzsysteme ebenso wie den Schutz der Ökosysteme, insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel, und die Nutzung durch den Menschen in den Fokus stellt. Bei allen Beteiligungen von Stakeholdern und Partizipationsformen ist jedoch der ursächliche Zweck als Projektbegründung nicht verhandelbar. Jede lokale Fallkonstellation verlangt nach maßgeschneiderten Lösungen, die unter Einbeziehung der Beteiligten erarbeitet und realisiert werden müssen. Insofern ist es folgerichtig, dass ein breiter Risikodialog als Basis für das Risikomanagement inklusive des Katastrophenschutzes intensiviert wird. Dabei kommt der Diskussion über den Schutzgrad, die Bauwerksbewirtschaftung, das verbleibende Risiko und die Auswirkungen im Überlastfall wachsende Bedeutung zu.

3.2 Vom Hochwasserschutz zum Gesamtprogramm Wasserzukunft Bayern 2050

Die Umsetzung des holistischen Ansatzes im Wasserbau erfolgte von Seiten der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung als Weiterentwicklung von (Bau-)Programmen. Basis dafür bilden

gesetzlich weiterentwickelte Randbedingungen insbesondere durch die Europäische Wasser- rahmenrichtlinie und die EU-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie. So wurden die Hochwas- serschutzprogramme, wie das Aktionsprogramm 2020 aus dem Jahr 1999, stetig angepasst und erweitert. Dabei wurden die strategischen Programme mit den Ansätzen der Resilienz, des Risi- komanagements, der Nachhaltigkeit mit der Ausweitung auf die Ökologie (EU-Wasserrahmen- richtlinie mit dem Aktionsprogramm 2020plus) und der Erweiterung neben der Hochwasserthe- matik an Gewässern auf Sturzfluten sukzessive weiterentwickelt. Schließlich münden diese Fort- entwicklungen in das Programm „Wasserzukunft Bayern 2050“ (Abb. 3), welches alle Aspekte des Wasserhaushaltes vor allem im Hinblick auf künftige Entwicklungen betrachtet. Wichtiger Bestandteil ist das Programm „PROGewässer 2030“, welches als Fortführung des Hochwasser- schutz-Aktionsprogramms 2020plus den holistischen Ansatz im Wasserbau konsequent umsetzt und so auf Basis des Nachhaltigkeitsprinzips den Menschen und damit die Sozialfunktion von Hochwasserschutzvorhaben in den Fokus stellt.



Abb. 3 Grafik zum Programm „Wasserzukunft Bayern 2050“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (STMUV (2023))

Elementarer Teil bei den Vorhaben nach dem Programm „PROGewässer 2030“ ist, dass Maß- nahmenanforderungen aufgrund aller wesentlichen Gewässerabflüsse (Hochwasser- und Nieder- rigwasserabflüsse) gestellt werden. Die sich einstellenden Extrema aufgrund des Klimawandels sind neue Randbedingungen. Maßnahmen gegen den Hochwasserschutz müssen damit nicht nur ökologische Aufwertungen enthalten, sondern weiter auch die Auswirkungen bei Niedrigwas- ser berücksichtigen, mit dem Ziel, die Resilienz der Ökosysteme zu erhöhen.

3.3 Vom Bemessungshochwasser über den Überlastfall zur Resilienz

Galt früher mit der Auslegung von (Hochwasser-)Schutzmaßnahmen auf ein in der Regel 100- jährliches Ereignis der Planungsauftrag als erfüllt, rückte mit mehr und mehr konkret abgelaufe- nen, extremen Ereignissen auch die Frage in den Mittelpunkt: was passiert, wenn dieses Be- messungsereignis überschritten wird (Überlastfall)?

Antworten auf die Herausforderungen von Überlastfällen werden aktuell unter dem Resilienzkonzept zusammengefasst. Dabei wird unterschieden zwischen der Resilienz (= Widerstandsfähigkeit) auf Ebene einzelner Bauwerke bzw. Konstruktionen (konstruktive Resilienz), aber auch ganzer Schutzsysteme (systemische Resilienz). Im Grundsatz geht es hierbei immer darum, im Falle einer Überlastung der Schutzanlagen zwar eine Einschränkung der Funktionsfähigkeit (Hochwasserschutz) oder Schäden an der Konstruktion in Kauf zu nehmen (vgl. Abb. 4). Demgegenüber sollen besonders negative Folgen aber möglichst begrenzt werden. Dies kann bedeuten, „gutmütige bzw. schrittweise Überlastungen“ anzustreben, bei denen zumindest die Folgen nicht schlimmer als ohne Anlagen werden oder auch Zeit z.B. für Evakuierungen zu gewinnen. Konkret gilt es, z.B. einen plötzlichen Deichbruch mit anschließender dynamischer Flutwelle zu vermeiden und stattdessen eine langsame Flutung durch Überströmung überströmungssicherer Bauteile anzustreben.

In der konkreten Ausgestaltung der konstruktiven und systemischen Resilienz bestehen aber weiterhin zahlreiche Detailfragen, auch hinsichtlich der Fragestellung „was ist resilient genug?“ Hierbei spielen auch häufig Akzeptanzfragen (z.B. zur Situierung von Überlaufstrecken/Entlastungskorridoren) oder Fragen der Wirtschaftlichkeit (z.B. durchgehendes Dichtungselement mit (begrenzter) Überlastbarkeit versus einzelne Überlaufstrecken) eine große Rolle. Da diese Betrachtungen auch noch relativ neu sind, haben sich noch keine Standard-Antworten oder -lösungen herauskristallisiert und die Betrachtung ist immer individuell.

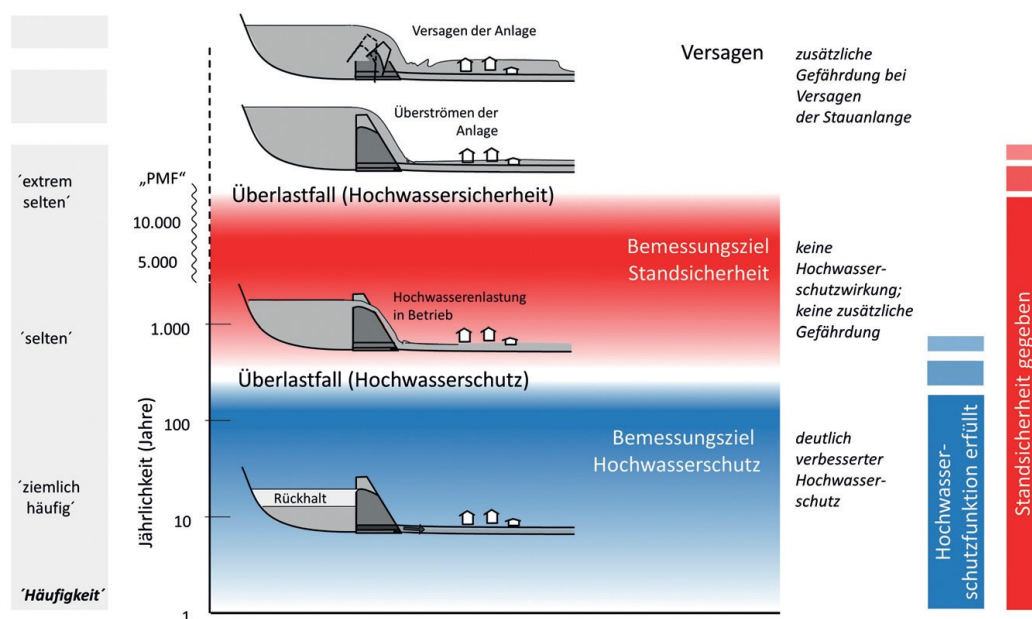


Abb. 4 Differenzierter Umgang mit dem Überlastfall (Schneiderbauer et al. (2020))

4 Innovative Beispiele für zukunftsorientierte Lösungen

Das **erweiterte Rückhaltekonzept** (vgl. Rimböck et al. (2016)) beinhaltet schon Ansätze des systems engineering, in dem es einerseits die Maßnahmenpalette erweitert und andererseits die Auswirkungen der Maßnahmen auf eine breitere Beurteilungsbasis gestellt wird, insbesondere durch:

- Kombination von natürlichem und technischem Rückhalt → für unterschiedliche Abflussereignisse wirksam, Fokus sowohl auf unterschiedliche Hochwasserhäufigkeiten als auch auf Niedrigwasser,

- Nutzung erweiterter Steuerungsmöglichkeiten (Flutpolder für Extremereignisse),
- Schaffung von Resilienz durch Kombination von Einzelelementen, Wirkungen.

Den oben eingeführten Gedanken der erweiterten Szenarienbetrachtung nimmt die immer häufiger angewandte **Hybride Modellierung** auf, indem mit der Kombination aus physikalischem Modell und numerischer Modellierung deutlich mehr und auch unterschiedlichere Szenarien betrachtet werden und damit die Auswirkungen für unterschiedliche Randbedingungen besser beurteilt werden können. Als Beispiel sei hier die Retentionspotentialstudie für den Inn genannt, die einerseits komplexe Wirkungskombinationen zahlreicher Einzelmaßnahmen betrachtet, andererseits auch einen großen Schwerpunkt auf den bisher zu wenig betrachteten Sedimenthaushalt legt (vgl. Giehl, Rutschmann (2019)).

Im Sinne o.g. Resilienzüberlegungen werden heutzutage **vermehrt eigenständige Deich - Dichtungssysteme** in Form von Bodenvermörtelungen bzw. Stahlspundwänden in die Erdbauwerke eingebaut, wo früher häufig nur homogene Erdschüttungen verwendet wurden.

Zum **Schwemmholzurückhalt** entstand durch die verstärkte Betrachtung des Überlastfalls eine komplett neue Bauform: der Parallelrechen (vgl. Kanton Zürich (2023)). Klassische Konstruktionen zum Holzurückhalt sammeln das Schwemmholz direkt im Fließgewässer. Damit besteht bei Extremereignissen die Gefahr des Versagens durch die hohen Belastungen des Bauwerks und der Folge einer plötzlichen Freisetzung des gesammelten Holzes. Mit der neuen Konstruktion wird das Schwemmgut in einen Raum neben dem eigentlichen Flussbett ausgeleitet – der Abfluss im Flussbett bleibt auch nach dem Holzurückhalt komplett unbeeinträchtigt.

In Bayern im Oberallgäu konnten seit 2013 bereits **resiliente Schutzsysteme in Kombination mit Überlastfallbetrachtungen** umgesetzt werden. Beim Murschutz in Oberstdorf am Roßbichlbach wurde nach einem Mureignis im Jahr 2015 ein überlastfähiges Schutzsystem mit zweiter Sicherungslinie hergestellt. In extrem beengten Verhältnissen in Immenstadt wurden die Deiche mit zusätzlicher Höhe ausgestattet, um über Mauern gezielte überlastfähige Überflutungsbereiche beidseitig zu situieren. Ein Deichbruch soll damit vermieden werden. Die Brücken am Wildbach Weiler Ach wurden mit oberstrom angeordneten Überlaufstrecken geschützt, um im Überlastfall einem Versagen vorzubeugen bzw. auch bei Verkläuserung den Bemessungsabfluss sicherzustellen. Die einseitige Anordnung einer Flutmulde als „Backup“ leitet den Abfluss im Überlastfall schadlos in einen bestehenden Polderbereich (vgl. WWA Kempten (2023)).

Durch die zunehmenden Anforderungen im Bereich Naturschutz und Ökologie sind zur Nutzung der Wasserkraft in den letzten Jahren einige komplett **neue Kraftwerks- bzw. Turbinentypen** entstanden, welche die negativen ökologischen Auswirkungen vor allem auf die Fische und den Sedimenthaushalt deutlich reduzieren sollen. Einige davon stellen die Bayerischen Landeskraftwerke auf ihrer Internetseite vor (vgl. Landeskraftwerke (2023)).

International Beachtung findende Projekte wie „Wertach vital“ in Augsburg oder der „Isar-Plan“ in München sind realisierter Beleg für die wirksame Symbiose aus den Themenbereichen der „Wasserzukunft Bayern 2050“ und zeigen insbesondere die alltäglich erlebbare gesellschaftliche Bedeutung der **Sozialfunktion von Maßnahmen an Gewässern**. Dabei sind es nicht immer nur die großen Projekte, sondern v.a. auch die vielen ortsnahen Erholungs- und Freizeitbereiche, die der Bevölkerung landesweit Lebensqualität, gesundheitsfördernde Umwelt und den unmittelbaren Zugang zur Natur ermöglichen.

Literatur

- Beck, U. (1986). Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp: Frankfurt a. M. (ISBN 3-518-13326-8)
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415(6867): 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Giehl, S.; Rutschmann, P. (2019). Optimierung der Wirkung gesteuerter Flutpolder am bayerischen Inn mithilfe ZD-HN-Modellierung; Bundesanstalt für Wasserbau 21. Treffen der JuWi 14.-16.08.2019; 11_Giehl_Optimierung der Wirkung_.pdf (baw.de)
- Grambow, M.; Mauser, W; Fleming, H-C.; Arzet, K.; Disse, M.; Völkel, J.; Wilderer, J. (2020a). Die Schlüsselressourcen Wasser, Boden und unversehrte Ökosysteme – in welcher Welt wollen wir in Zukunft leben?; Conference: „Violated Earth – Violent Earth. Causes and effects of human’s misdemeanor and nature’s power“; <https://mediatum.ub.tum.de/1551903>
- Grambow, M.; Feustel, M.; Manz, E.; Arzet, K.; Hafner, T.; Korck, J. (2020b). Die Wasserpolitik im Anthropozän; Korrespondenz Wasserwirtschaft; Nr 7 2020; Deutsche Vereinigung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Hennef; Verbandszeitschrift
- Kanton Zürich (2023). Sihl-Schwemmholzrechen; Internet Information; <https://www.zh.ch/de/plannen-bauen/wasserbau/wasserbauprojekte/sihl-schwemmholzrechen.html>; download am 16.02.2023
- Bayerische Landeskraftwerke (2023). Ökologische Wasserkraft; Infoseiten im Internet; <https://www.landeskraftwerke.bayern/>; download am 16.02.2023
- Rimböck, A. (2016). Schutz vor Wildbachgefahren = Systemingenieurwesen?; 18. Wasserbau-Symposium 2016 in Wallgau; full paper; Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft; Nr. 134; Eigenverlag
- Rimböck, A.; Schmid, M.; Kreim, Ch. (2016). erweitertes Rückhaltekonzept = erweiterter Hochwasserschutz?; 18. Wasserbau – Symposium 2016 in Wallgau; full paper
- Rimböck, A.; Frietsch, V. (2021). Integraler Hochwasserschutz – Zusammenführung von Einzelmaßnahmen zu Gesamtkonzept als Erfolgsmodell?; Tagungsband Wasserbausymposium 2021 ETH Zürich; Band 1; Seiten 233-238; <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/vaw/vaw-dam/documents/das-institut/mitteilungen/2020-2029/262.pdf>
- Schneiderbauer, S.; Aufleger, M.; Hartmann, S.; Rimböck, A.; Berger, H. (2020). Über das Erwartete hinaus – der Umgang mit Überlastfällen; Buchbeitrag in Extrema 2019; Vienna University Press; S. 323-341; ISBN E-Lib: 9783737010924; <https://www.vandenhoeck-ruprecht-verlage.com/themen-entdecken/sozial-rechts-und-wirtschaftswissenschaften/natur-landschaft/55101/extrema-2019>
- STMUV (2023). Programm Wasserzukunft Bayern des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/wasserzukunft_bayern_2050/index.htm; zuletzt abgerufen am 27.02.2023
- Wasserwirtschaftsamt Kempten (2023). Hochwasserschutzprojekte <https://www.wwa-ke.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/index.htm>; zuletzt abgerufen am 27.02.2023

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Martin Grambow,
Dipl.-Ing. Bernhard Simon
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München
Martin.grambow@stmuv.bayern.de; bernhard.simon@stmuv.bayern.de

Dr.-Ing. Andreas Rimböck
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Andreas.rimboeck@lfu.bayern.de