

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Schmidt-Bäumler, Heike

Risikobetrachtungen bei der Instandhaltung von Infrastrukturbauwerken

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102350>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schmidt-Bäumler, Heike (2016): Risikobetrachtungen bei der Instandhaltung von Infrastrukturbauwerken. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Instandhaltung von Wasserbauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 75-80.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Risikobetrachtungen bei der Instandhaltung von Infrastrukturbauwerken

Dipl.-Wi.-Ing. Heike Schmidt-Bäumler (BAW)

Zur Notwendigkeit von Risikobetrachtungen

Der Infrastrukturbestand der Bundeswasserstraßen in Deutschland ist stark überaltert. Beispielsweise sind etwa 27% der Wehranlagen und 31% der Schiffsschleusenanlagen in Deutschland sind älter als 100 Jahre. Ein Großteil der Verkehrswasserbauwerke wurde in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts gebaut. Auch diese Bauwerke werden in den nächsten Jahren bzw. in den nächsten Jahrzehnten die angesetzte Nutzungsdauer von 100 Jahren überschreiten.

Entsprechend dem BAW-Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken – einem eigens entwickelten Bewertungssystem der WSV mit einer Skala von „Gut“ (Zustandsnote 1,0 bis 1,4), über „Befriedigend“ und „Ausreichend“ bis „Ungenügend“ (Zustandsnote 3,5 bis 4,0) – werden die Verkehrswasserbauwerke anhand ihrer Schäden aus der Bauwerksinspektion klassifiziert (BAW-MSV, 2010). Es wurden entsprechend dieser Systematik knapp 60% der Schiffsschleusenanlagen mit „Ausreichend“ bewertet und ca. 20% mit „Ungenügend“. Eine ähnliche Verteilung findet sich bei den Wehranlagen: über 50% der Anlagen wurden mit „Ausreichend“ und 16% wurden mit „Ungenügend“ bewertet (s. Bild 1).

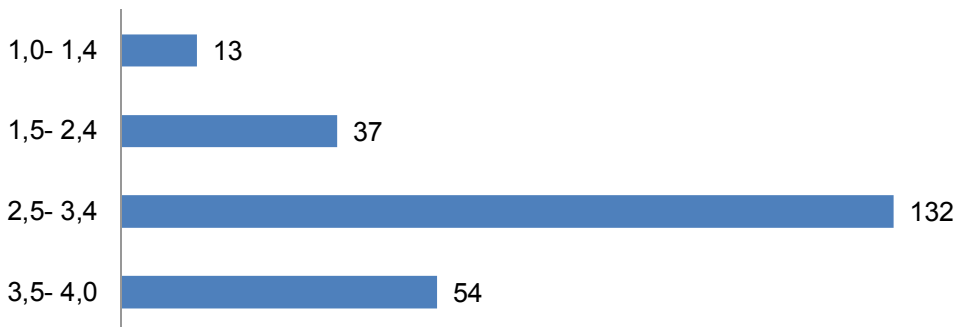


Bild 1: Verteilung der Zustandsnoten der Wehranlagen (Quelle: BAW)

Aufgrund begrenzter Haushaltsmittel, deutlich reduzierter Personalressourcen und einer geringen Erneuerungsrate kann resp. muss mittlerweile von einem Instandhaltungsrückstau gesprochen werden, der sich noch ausweiten wird. Hauptaufgaben der WSV sind somit der kontinuierliche Abbau des Instandhaltungsrückstaus und die Initialisierung einer Erneuerungsrate, um die Infrastruktur der Wasserstraßen zu erhalten bzw. zukünftigen Bedürfnissen anpassen zu können.

Vom Bauwerkszustand zum Risikobegriff

Da sich viele der Verkehrswasserbauwerke in einem schlechten Zustand befinden, ist es notwendig, neben den allgemein bekannten Priorisierungskriterien Parameter zu identifizieren, die die

Dringlichkeit von Maßnahmen abbilden. Klassisch finden in einer Maßnahmenpriorisierung eine Vielzahl Parameter wie z.B. die wirtschaftliche Bedeutung einer Wasserstraße oder Merkmale wie der Zustand oder das Alter eines Bauwerks Verwendung. Diese Parameter allein sind für die Priorisierung innerhalb der WSV nicht ausreichend, da weiterhin viele der Bauwerke den Prioritätsklassen höherer Dringlichkeit zugeordnet werden und Ähnlichkeiten wie bspw. im Zustand eine objektive Entscheidung nach wie vor erschweren. Aus diesem Grund sollen Risikobetrachtungen in das Erhaltungsmanagementsystem der WSV integriert werden.

In der einschlägigen Literatur findet sich keine allgemeingültige Definition für den Begriff Risiko. Je nach Kontext werden negative aber auch positive Sachverhalte mit ihm assoziiert. Von einem (negativen) Risiko spricht man bei einem unsicheren Ereignis, dessen Nichteintreten dem Eintreten vorgezogen wird. Intuitiv verbindet man mit dem Risikobegriff eher unangenehme Gefahrensituationen, mögliche Verluste oder Veränderungen mit ungewissen Konsequenzen. Mit dem Unterlassen von möglichen Entscheidungen aus Angst vor Fehlern wird ebenfalls ein Risiko eingegangen. Allerdings finden psychologische Phänomene in objektiven Risikobetrachtungen i.d.R. keine Berücksichtigung.

Im Hinblick auf eine spätere qualitative oder auch quantitative Darstellung des Risikos der wasserbaulichen Infrastruktur können Unsicherheiten und eine Präferenz gegenüber dem Ereigniseintritt wie folgt beschrieben werden. Gedanklicher Ausgangspunkt sind die zu schützenden Werte wie z.B. Menschen und Gebäude. Eine weitere Systemkomponente ist ein Infrastrukturbauwerk in räumlicher Nähe zu den genannten Werten. In Abhängigkeit von Parametern wie z.B. dessen baulichem Zustand ist diese Anlage verschiedenen Einwirkungen gegenüber nur eingeschränkt widerstandsfähig. Dies kann ein Versagensereignis begünstigen – man spricht auch von Vulnerabilität. Die dritte Komponente sind Gefährdungen. Dazu gehören beispielsweise Beanspruchungen durch Extremereignisse aber auch Beanspruchungen durch einen planmäßigen, kontinuierlichen Betrieb. Die Gefährdungen und die Vulnerabilität unterliegen Unsicherheiten, deren Auftreten mit Hilfe von Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden kann. Nur wenn alle drei Parameter (Werte, Vulnerabilität und Gefährdung) gegeben sind, besteht tatsächlich eine Risikosituation, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu einem Schadensereignis führen kann.

Nach allgemeinem Verständnis beschreibt das Risiko R somit die Wahrscheinlichkeit, dass ein unerwünschtes Ereignis im Zusammenhang mit einem bestimmten Schadensausmaß eintritt. Das Risiko ist eine prognostische Größe und setzt sich zusammen aus der Eintrittswahrscheinlichkeit P für ein bestimmtes Ereignis und dem zugehörigen Schadensausmaß A . Die Einzelrisiken können schließlich zu einem Gesamtrisiko R aufsummiert werden. Rechnerisch lässt sich dies wie folgt darstellen:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i * A_i$$

R: Risikozahl als Maß des Risikos

P_i : Wahrscheinlichkeit des Endzustandes i

A_i : Schadensausmaß des Endzustandes i

Da mit den verfügbaren probabilistischen Methoden oder aufgrund von Erfahrungswerten und den erfassten Daten aus der Bauwerksinspektion für Verkehrswasserbauwerke nicht hinreichend genau bestimmbar ist, ob und wann ein Bauwerk tatsächlich versagt (dann wäre eine Priorisierung weitaus einfacher zu gestalten), stehen in einem ersten Schritt die möglichen Schäden und ihre Folgen im Fokus, um eine Grundlage zur Entscheidungsfindung zu entwickeln.

Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich daraus, dass die WSV als bundeseigene Verwaltung gegenüber der Bevölkerung insbesondere in einem Schadensfall in der Lage sein möchte, die Priorisierung von Maßnahmen transparent und objektiv darstellen zu können. Dazu gehört nicht nur die Berücksichtigung wirtschaftlicher und verkehrsbezogener Interessen sondern insbesondere auch der ausreichende Nachweis der Berücksichtigung des Bevölkerungsschutzes. Um für die Wasserstraßeninfrastruktur bundesweit eine risikoorientierte Priorisierung zu ermöglichen, werden aus verschiedenen Fachgebieten bekannte Methoden der Risikoanalyse hinsichtlich ihrer Eignung für Verkehrswasserbauwerke geprüft, gegebenenfalls an die Besonderheiten der Bauwerke angepasst und zur Anwendung gebracht.

In Berichten zur Sicherheit kritischer Infrastrukturbauwerke rücken gern Betrachtungen zu natürlichen Gefahren wie z.B. Extremwetterereignissen oder anthropogenen Gefahren wie z.B. Unfällen oder auch Terrorismus in den Vordergrund (KRITIS / SKRIBT 2011). Wie eingangs beschrieben, geht jedoch aufgrund der bislang verfolgten Instandhaltungsstrategie von den Infrastrukturbauwerken selbst auch eine Gefahr durch Bauwerksversagen aus. Hier finden bauwerksseitig die Ansätze der Zuverlässigkeitstheorie Verwendung, jedoch ohne dass direkte Zusammenhänge zu möglichen Schadensausmaßen hergestellt werden. So liefert eine Zuordnung zu Schadensfolgeklassen wie in der DIN EN 1990 (2002) zwar erste Anhaltspunkte, ist aber für eine risikoorientierte Maßnahmenpriorisierung bei weitem noch nicht ausreichend. Neben den Folgen des Versagens eines einzelnen Bauwerkes, sollte außer objektspezifischer Kenngrößen außerdem ein möglicher Kaskadeneffekt in Betracht gezogen werden können, wie er bei Wasserinfrastrukturbauwerken eintreten kann – bei Versagen eines einzelnen Elementes können ganze Abschnitte funktionsunfähig werden.

Anwendung von Methoden der Risikoanalyse für Verkehrswasserbauwerke

Aufgrund verschiedener Extremereignisse (so z.B. das Elbehochwasser in den Jahren 2002, 2006 und 2013) gibt es begleitend zum Themenfeld Hochwasserschutz bereits umfangreiche Untersuchungen und entsprechend vielfältige Literatur bzw. abgeleitete Maßnahmen. Diese sollen die Basis für den Entwurf zur Vorgehensweise für die Risikobeurteilung der Verkehrswasserbauwerke bilden. Entgegen der vielleicht naheliegenden Vorgehensweise soll nicht versucht werden, für eine

Anzahl relevanter Szenarien jeweils die Eintrittswahrscheinlichkeiten zu bestimmen. Vielmehr wird die Vergleichbarkeit der Bauwerke untereinander für alle untersuchten Bauwerke das gleiche Versagensszenario mit definierten Größen angenommen. Es wird also zunächst unterstellt, dass dieses Szenario für alle Anlagen gleich wahrscheinlich ist.

Um die Vorgehensweise plakativ darzustellen, wird in einem ersten Entwurf mit vereinfachenden Annahmen gearbeitet, die vorerst auch nur darstellenden Charakter haben. Die tatsächlich für die Effektivität und den Sinn nachgelagerter Prozessphasen notwendige Qualität und Identifikationstiefe soll langfristig mit einer iterativen Vorgehensweise erarbeitet werden. Die Basis bildet ein Schema, welches das Versagen einer Wehranlage und dessen Folgen abbildet. (siehe Bild 2):



Bild 2: Versagensprozess

In einem ersten Schritt wurde mit Hilfe von Expertenaussagen aus der Vielzahl von Ursachen und Abläufen von Schädigungsprozessen ein mögliches Versagensszenario ausgewählt. Dem Szenario *Versagen durch Bruch* bei einer Wehranlage liegt die Annahme zugrunde, dass die Betonpfeiler unzureichend bewehrt bzw. unbewehrt sind. Hinzu kommen strukturschädigende Alterungsprozesse, so dass die Wider- bzw. Auflager in einem der Pfeiler nicht mehr die Kräfte aus den Verschlüssen aufnehmen können (Überschreitung kritischer Auslastungsgrad) und es kommt zum Bruch des Pfeilers (Beeinträchtigung der inneren Standsicherheit mit nachfolgendem Kollaps), so dass das Stauvolumen schwallartig freigegeben wird.

Im Rahmen der nun folgenden Ex-ante-Schadensanalyse werden unter anderem Parameter wie Überflutungsflächen und Anzahl betroffener Menschen im Ausmaß eines 100jährigen Hochwassers und mögliche Abflussgeschwindigkeiten bestimmt. Hierfür wird zum einen öffentlich verfügbares Karten- und Datenmaterial ausgewertet und zum anderen wird für die Berechnungen verschiedener Werte bspw. das Parameterverfahren zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Brechenabflüssen (Beffa, 2014, 2001) in Folge eines Dammbrochs verwendet.

Die so ermittelten Kennzahlen von zufällig ausgewählten Wehranlagen werden nachfolgend in einer Übersicht (Tabelle 1) zusammengestellt.

Tabelle 1: Kennwerte der Wehranlagen

Wehranlage Kennwert		Kob- lenz	Diez	Duis- burg	Holle- rich	Hann- over	Nec- kar- zim- mern	Lis- dorf	Würz- burg	Trier	Rot- hen- fels	Kach- let	Schlü- ssel- burg	Vie- reth
Baujahr		1951	1928	1956	1928	1956	1935	1963	1954	1958	1937	1927	1956	125
Zustandsnote	WSV Pruf	4	4	4	4	3,2	3,2	4	4	3,9	4	4	4	4
Fallhöhe	m	4,95	3,44	7,33	5,19	3,5	5,6	3,8	2,75	7,25	5,26	9,8	4,5	6
Fließgeschwindigkeit (nach Beffa)	ms ⁻¹	1,41	6,23	3,66	3,10	8,93	9,51	6,82	5,02	11,68	9,03	14,62	7,92	9,99
Abflusshöhe (nach Beffa)	m	0,62	0,44	0,87	0,60	0,55	0,58	0,46	0,39	0,68	0,56	0,86	0,51	0,61
Spezifische Energiehöhe	m	0,72	2,42	1,55	1,09	4,62	5,19	2,84	1,68	7,65	4,72	11,75	3,70	5,69
Betroffene Menschen	Anzahl	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320
Überschwemmung Industrie/ Gewerbe	km ²	0,07	0	2,34	0,02	0	0,01	0	0	0,02	0	0,01	0	0,08
Überschwemmung Wohnbauflächen	km ²	0,06	0,06	0,43	0,01	0	0	0	0,02	0	0,01	0,01	0	0,07
Überschwemmung Landwirtschaft	km ²	0	0	0	0	0,44	0,12	2,14	0	0	0	0	0,14	2,34

In der Zeile „Fallhöhe“ wurden alle Anlagen mit Werten >5m hellrot markiert, zum Vergleich eine andere Anlage mit 3,5m Fallhöhe in hellblau. Die zugehörigen Werte der „Abflussgeschwindigkeit“ (ebenfalls hellrot) zeigen, dass eine große Fallhöhe nicht zwingend mit großen Fließgeschwindigkeiten verbunden ist (siehe Duisburg und Hollerich). Hingegen kann eine geringe Fallhöhe dennoch mit großen Fließgeschwindigkeiten verbunden sein (siehe hellblau: Hannover). Dies begründet sich mit den unterschiedlichen Geometrien der Bauwerke. Bereits hier zeigt sich, dass der Parameter „Fallhöhe“ allein keine belastbare Aussage hinsichtlich des Risikos von Wehranlagen zulässt.

Um die Anzahl der möglicherweise betroffenen Menschen (gelb hinterlegt) und von Überflutungsflächen (grün hinterlegt, hier wurde nur der größte Wert markiert) zu ermitteln, wurden die Hochwasserrisikokarten der Bundesländer ausgewertet. Auch spiegeln die Bauwerksabmessungen nicht das mögliche Schadensausmaß wider (siehe Diez, 3,5m Fallhöhe, 90 betroffene Menschen). Außerdem werden in Abhängigkeit vom Bundesland die Informationen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad zur Verfügung gestellt. Oft sind nur Flächen farbig markiert, ohne dass es konkrete Werte angegeben sind. Einzige die Anzahl betroffener Menschen ist als Wert immer zu ermitteln. Die Übersicht zeigt insgesamt erste Unterschiede zwischen den Anlagen – aber auch den Bedarf, die Thematik zu vertiefen.

Weiterführende Fragen

Die wichtigsten Kennzahlen sind offenkundig die zu erwartenden Personenschäden resp. die Nähe zu einer Siedlungsstruktur.

Die Berechnung verschiedener Werte wie der Fließgeschwindigkeit nach Beffa (2001, 2014) liefert zwar erste Anhaltspunkte – da das Verfahren jedoch für Breschenabflüsse bei Damnbrüchen entwickelt wurde, sind die Ergebnisse nur stark eingeschränkt für andere Wasserbauwerke aussagekräftig. Die Betrachtung des Parameters Durchflussmenge oder alternativ der Fläche des Verschlusses scheint ein aussichtsreicher Weg zur Abschätzung des Schadensausmaßes zu sein. Weitere vielversprechende Parameter sind die Länge der Stauhaltung oder Kenngrößen von Hochwasserereignissen (s. Thieken 2010) zum Abschätzen des zu erwartenden Wasservolumens. Als nachrangig zu betrachtendes – aber in keinem Fall zu vernachlässigendes – Kriterium gelten volkswirtschaftliche Auswirkungen.

Ausblick

Die Ergebnisse sollen eine sinnvolle Priorisierung der Maßnahmen hinsichtlich des durch sie reduzierten Risikos ermöglichen. Auf Basis korrelierender Größen soll in der Folge eine Methode entwickelt werden, die es ermöglicht, ein Kennzahlensystem zu erstellen, um Verkehrswasserbauwerke hinsichtlich ihres Risikos miteinander vergleichbar zu machen.

Das Forschungsprojekt soll wesentlich zur Stärkung des Verständnisses über die Funktion der Wasserstraßeninfrastruktur als Netzwerk beitragen und die Notwendigkeit integraler Risikobetrachtungen beitragen.

Literatur

- BASt (2011): Schutz kritischer Brücken und Tunnel im Zuge von Straßen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach
- BAW-MSV (2010): BAW-Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken, (Ausgabe 2010), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
- Beffa, C. (2001): Ein Parameterverfahren zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen. In: Wasser, Energie, Luft - Eau, Energie, Air, 93, 3/4, S. 73–80. Online verfügbar unter http://www.fluvial.ch/pub/Breschenabfluss_Parameterverfahren.pdf.
- Beffa, C. (2014): Diagramme zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen. Verfahren "Beffa". Hg. v. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Energie BFE und Sektion Aufsicht Talsperren. Schweizerische Eidgenossenschaft.
- DIN EN 1990. Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- Meyer, V. (2005): Methoden der Sturmflut-Schadenspotenzialanalyse an der deutschen Nordseeküste. Dissertation. Universität Hannover, Hannover.
- Thieken, A. H. (Hrsg.) (2010): Hochwasserschäden. Erfassung, Abschätzung und Vermeidung, Oekom-Verl., München.