

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Kunz, Claus**

**Haltung zur Erhaltung**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/110529>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kunz, Claus (2022): Haltung zur Erhaltung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Erhaltung von Wasserbauwerken – to go 14. und 15. November 2022. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 15-24.

**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.



## **Haltung zur Erhaltung**

Claus Kunz, Bundesanstalt für Wasserbau

### **Einleitung**

Wasserbauwerke sind langlebige Infrastrukturgüter. Angesichts von älter, aber nicht unbedingt in gleichem Maße schlechter werdenden Wasserbauwerken und neueren, aktuellen Herausforderungen, ist die Erhaltung von Wasserbauwerken so wichtig wie nie zuvor. Zu berücksichtigen sind die Sicherstellung der Zuverlässigkeit, die Einhaltung der Wirtschaftlichkeit und neuerdings auch der Nachhaltigkeit, ein alter aber gerade wieder neu belebter Begriff, der zunächst CO<sub>2</sub>- und Ressourcen-Effizienz in den Vordergrund stellt und Bemühungen für einen Klimaschutz beinhaltet. Möglicherweise muss die Erhaltung neu gedacht werden.

## **Wesentliche Anforderungen an Wasserbauwerke und deren Bestand**

### **Allgemeine Anforderungen**

Für Bauwerke der öffentlichen Hand gilt das Gebot der wirtschaftlichen Verwendung von Steuergeldern (BHO 1969). Zukünftig könnte nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Nachhaltigkeit bei baulichen Entscheidungen Berücksichtigung finden.

### **Bautechnische Anforderungen**

Für Wasserbauwerke sind die gleichen einschlägigen Anforderungen wie z. B. für Hoch- und Industriebauwerke, Brücken, etc. einzuhalten, nämlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit (DIN EN 1990 2021), die zusammen auch unter dem Begriff „Zuverlässigkeit“ subsumiert werden können. Diese Anforderungen sind auch baurechtlich verankert. Zusammen mit einschlägigen Regelwerken wurden und werden Wasserbauwerke für lange Nutzungsdauern konzipiert.

### **Aktuelle ökologische Anforderungen**

#### **Klimaschutz**

Der Klimawandel wird auf die Zunahme der Treibhausgase zurückgeführt. Von den Gesamtemissionen der Baubranche entfällt etwa ein Viertel auf die Errichtung von Bauwerken; dies entspricht ca. 10% der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Global Alliance for Buildings and Construction, 2020). Die durch Projekte verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (entsprechend GWP = Global Warming Potential) erfasst. Für die im konstruktiven Wasserbau vorherrschenden Baustoffe Beton, Stahl, Mauerwerk und Holz sind in Tabelle 1 die CO<sub>2</sub>-Äquivalente dargestellt.

Tabelle 1: CO<sub>2</sub>-Äquivalente, aus (BMI 2022)

Material	Einheit	CO <sub>2</sub> -Äquivalente in [kg]
Beton C30/37	m <sup>3</sup>	299
Bewehrungsstahl	t	684
Baustahl	t	1.127
Mauerziegel	m <sup>3</sup>	128
Holz	m <sup>3</sup>	89

Bei der Herstellung von Beton ist der Hauptbestandteil Klinker emissionsintensiv. Hierbei entstehen ca. ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Betrieb des Brennofens und ca. zwei Drittel aus der chemischen Reaktion zur Entsäuerung des Kalksteins zu Branntkalk (Feldmann et al. 2022). Die Reduzierung des Klinkeranteils und die Erhöhung des Anteils natürlicher Zusatzstoffe, wie z. B. gemahlener Kalkstein oder kalzinierte Tone werden im Verkehrswasserbau allerdings bereits seit Jahrzehnten intensiv genutzt.

Die Stahlerzeugung ist bei der Herstellung von Roheisen und weiter bei der Verarbeitung zu Rohstahl ebenfalls sehr CO<sub>2</sub>-intensiv. Bei einem Recycling von Stahlschrott zu Sekundärstahl lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emission um mehr als die Hälfte reduzieren (Arcelor Mittal 2021). Allerdings können wegen begrenztem Angebot und starker Nachfrage nur ca. 20% der globalen Stahlproduktion mit Stahlschrott abgedeckt werden.

Holz, im Wasserbau vergleichsweise untergeordnet im Einsatz, hat den Ruf eines nachhaltigen Baustoffs. Der weltweite Holzverbrauch ist aber bereits größer als die nachhaltige Erntemenge (EnergieZukunft 2022). Die Nachfrage steigt jedoch stetig, weil Holz per se als nachhaltiger Rohstoff und Energielieferant gilt. Die Holznutzung sollte deshalb ebenfalls gut überlegt sein.

Für Neubauten ist es wichtig, sämtliche Materialien im Rahmen der Tragwerksplanung optimal einzusetzen und die Betrachtung über den Lebenszyklus vorzunehmen, um vergleichende Betrachtungen und Entscheidungen treffen zu können. Im Bestand sollten bei Nachrechnungen die Systemreserven des Tragwerks und der Baustoffe ausgenutzt werden, um eine optimale Bewertung vornehmen zu können. Dauerhafte, lang nutzbare und langlebige Bauwerke liefern damit eine sehr gute Voraussetzung, einen Klimawandel positiv zu beeinflussen und das Klima zu schützen.

### **Kreislaufwirtschaft**

Der Bausektor ist der ressourcen- und abfallintensivste Wirtschaftsbereich. Bei in den letzten Jahren leicht zunehmendem Abfallaufkommen entfielen 2020 ca. 55% des gesamten Abfallaufkommens auf Bau- und Abbruchabfälle (Statistisches Bundesamt 2020: Abfallbilanz (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen), Abbildung 1. Entweder muss zukünftig verstärkt mit Baumaterialien regenerativ umgegangen werden, z. B. durch eine Wiederverwendung von Abbruchmaterial, am besten sortenrein demontiert und wiederverwendet, oder der Abbruch muss vermieden werden. Aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012) ergeben sich quantitative Anforderungen, wie z. B. eine Recyclingquote.

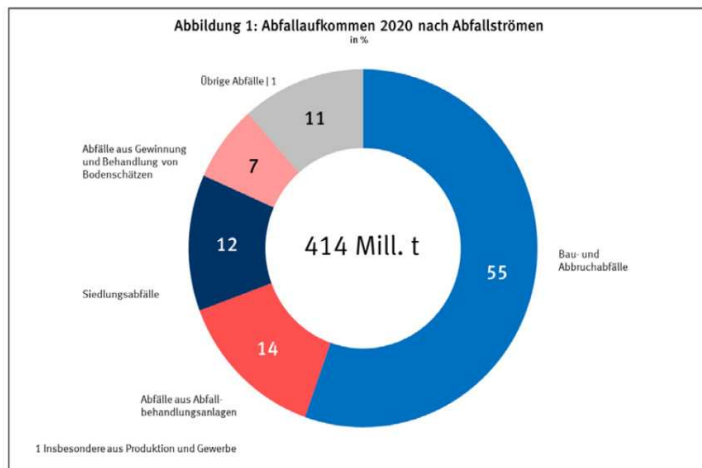


Abbildung 1: Abfallaufkommen (Quelle: Stat. Bundesamt)

## Zwischenfazit

Zur Berücksichtigung wesentlicher Anforderungen an die Bauwerke sollte der Wasserbau durch emissionsarme/-freie Baustoffe und insbesondere Bauweisen zur Reduktion von schädlichen Treibhausgasen beitragen und weiterhin langlebige Bauwerke erstellen. Die Erhaltung und Verlängerung von Nutzungsdauern bei vorhandenen Wasser-Bauwerken trägt aber wesentlich zum Klimaschutz bei. Die sichere und wirtschaftliche Erhaltung von Bauwerken, insbesondere von denen mit einem hohem Zementanteil, bewahrt die in den Bauwerken enthaltene „Graue Energie“ und dient damit prominent dem Klimaschutz. Graue Energie ist die Energie, die für Herstellung, Transport, Bau, Betrieb und Abriss des Bauwerks und seiner Bestandteile aufgewendet werden müssen. Bei einem Neubau macht die graue Energie über 50 % des Energieverbrauchs im Lebenszyklus des Bauwerks aus, wobei die graue Energie rund 80% der CO<sub>2</sub>-Emissionen repräsentiert. Im Bestand steckt nicht nur eine Menge „Grauer Energie“, sondern die Chance, bei Aufrechterhaltung einer angemessenen Performance keine neuen Treibhausgase erzeugen zu müssen. Im Bestand liegt der allergrößte Klimahebel (Herzog 2022).

## Aspekte der Erhaltung

### Nutzungsdauer

Nach aktueller DIN EN 1990 (2021), 1.5.2.8, ist die geplante Nutzungsdauer „die angenommene Zeitdauer, innerhalb der ein Tragwerk unter Berücksichtigung vorgesehener Instandhaltungsmaßnahmen für seinen vorgesehenen Zweck genutzt werden soll, ohne dass jedoch eine wesentliche Instandsetzung erforderlich ist.“

Während heute Nutzungsdauern in Normen verankert sind, um zeitabhängige Zuverlässigkeiten berechnen und danach konstruieren zu können, hatte man früher nach dem Prinzip „so lange wie möglich halten“ gedacht und konstruiert. Frühere Wasserbauer hatten mindestens ähnliche Nutzungsdauer-Vorstellungen wie wir heute, Abbildung 2. Aus einer Inschrift-Tafel an der Triftklausen Röhthelmoos geht die Nutzungsdauer der Bauweise in Holz hervor, die durch eine Bauweise in

Stein verlängert wurde. Die Nutzungsdauer im konstruktiven Ingenieurbau hat durchaus ihre Berechtigung und zwar dort, wo zeitabhängige Degradationsprozesse eine Rolle spielen, wie z. B. bei Ermüdung, Korrosion, etc. Wenn zeitabhängige Prozesse keine Rolle spielen, fällt ein Bauwerk nicht in sich zusammen, nur weil die in neueren Normen verankerte geplante Nutzungsdauer erreicht oder überschritten wurde. Allenfalls könnte bzw. sollte man zu diesem Zeitpunkt darüber nachdenken, das Bauwerk statisch zu bewerten, wenn man dies vorher nicht schon vollzogen hat. Während Infrastrukturbauwerke üblicherweise auf  $T_N = 100$  Jahre ausgelegt werden, werden Rohrfernleitungen sogar auf  $T_N = 200$  Jahre ausgelegt. Die geplante Nutzungsdauer ist ein prognostischer Wert wie auch eine Statik eine Prognose darstellt!



Abbildung 2: Tafel an der Triftklaus Röhelmoos (Kreis Ruhpolding). Triftklaus sind Wehre zur Beförderung von Holz in aufgestauten Gewässern. Inschrift unten, obere Teil: „Schon im 17. Jahrhundert wurde hier die erste Klaus aus Holz gebaut. Wegen des hohen Holzverbrauches und der geringen Lebensdauer eines solchen Querbauwerks (ca. 50 bis 70 Jahre) wurde es um 1750 in Stein errichtet.“

Das Besondere an Bauwerken, und hier insbesondere bei Wasserbauwerken gegenüber sonstigen Wirtschaftsgütern ist, dass sie gefühlt „unbegrenzt“ leben bzw. genutzt werden können. Die derzeitige Altersstatistik von Schleusen und Wehren der WSV, Abbildung 3, zeigt nicht die Statistik der Nutzungsdauern bzw. des Nutzungsdauerendes, sondern ist eine Momentaufnahme des aktuellen Alters.

Von echten Schadensfällen, zeitabhängigen Degradationsmechanismen und außergewöhnlichen Ereignissen abgesehen, dürfte die tatsächliche Nutzungsdauer von Bauwerken in den meisten Fällen mehr oder weniger deutlich über der geplanten Nutzungsdauer liegen. Diese liegt bekanntlich nach DIN EN 1990 (2021) für z. B. Gebäude bei 50 Jahren und dürfte dort als Rechenwert den Erfahrungen aus früheren Normen-Generationen entsprechen. Die Praxis zeigt allerdings auch hier weit längere Nutzungsdauern. So geht die Sachwertrichtlinie als bundesministerielle Verwaltungsanweisungen bei Gebäuden von einer Nutzungsdauer von bis zu 80 Jahren aus (BMVBS 2012), was einem Erhöhungs-Faktor von 1,6 entspricht.

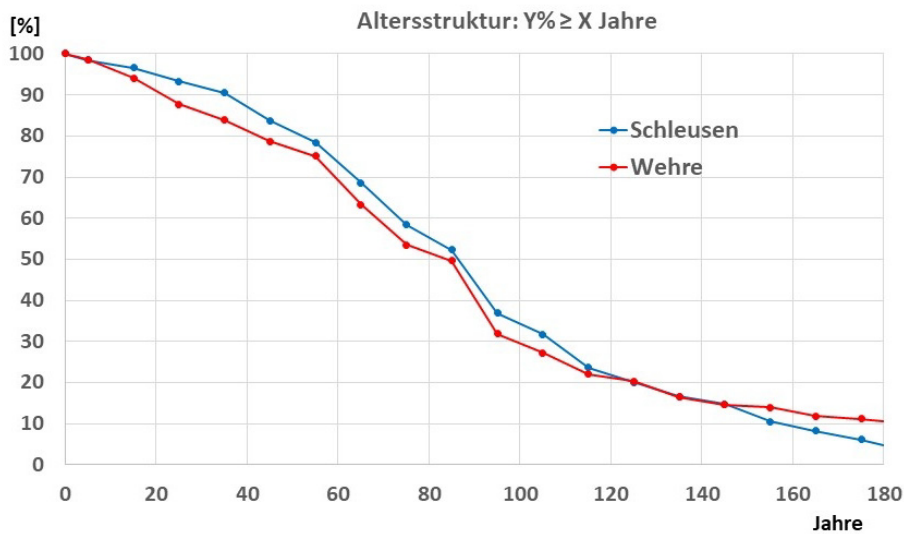


Abbildung 3: Alters-Verteilung von Schleusen und Wehren der WSV, Stand 2022

Übertragen auf Wasserbauwerke könnte hier von einer möglichen (realistischeren?) Nutzungsdauer von ca. 160 Jahren ausgegangen werden. Die Altersstruktur in Abbildung 3 wäre dazu nicht widersprüchlich. Auch aus anderen Bereichen des täglichen Lebens, z. B. bei der allgemeinen Lebenserwartung, bei der Haltbarkeit von Kraftfahrzeugen, etc., ließe sich zeigen, dass Systeme länger genutzt werden können als Rechen- und Prognosewerte vorgeben.

Die Erfahrung mit massiven Wasserbauwerken zeigt im Übrigen, dass nicht unbedingt das Bauwerksalter, sondern die Bauzeit und die Bauweise eine Rolle spielen. So haben Bauwerke aus der Zeit des anfänglichen Stahlbetonbaus in den 1960er Jahren größere Tragfähigkeitsdefizite gezeigt als z. B. ältere, unbewehrte Bauwerke.

Im Zusammenhang mit Nutzungs- oder Lebensdauern von Systemen wird gerne mit einer Erneuerungsrate operiert. Diese sollte, wenn als maßgebend gewünscht, auf der Grundlage realistischer oder zu erwartender Nutzungsdauern – und nicht geplanter Nutzungsdauern – gebildet werden.

#### **Wie pannen anfällig ein Auto ist, hängt auch vom Halter ab**

Grundsätzlich gilt: Je älter das Fahrzeug, desto größer ist der Einfluss des Halters auf die Pannenanfälligkeit. Wie ernst hat er die Wartung und Pflege genommen?

Abbildung 4: Pannenanfälligkeit von Autos (Quelle: ADAC motorwelt 05/2019)

Ein Exkurs in die Welt der Automobile liefert Abbildung 4, aus der zu folgern ist, dass eine entsprechende Wartung und Pflege eines Autos die Pannenanfälligkeit und damit die Zuverlässigkeit erhöht. Das passt zur Alters-Statistik der Gesellschaft für technische Überwachung (GTÜ), wonach

für Oldtimer, das sind Fahrzeuge mit einem Alter über 30 Jahre (im Vergleich zum derzeitigen Auto-Durchschnittsalter von 9,5 Jahren), gilt: „Je älter das Fahrzeug, desto weniger Mängel hat es“ (GTÜ 2020). Diese Effekte mögen auch an der Liebhaberei für Oldtimer liegen.

### **Verlängerung der Nutzungsdauer**

Wie zuvor dargestellt, ist die wirkungsvollste Maßnahme, CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Ressourcenverbrauch zu senken bzw. zu vermeiden, die Erhaltung des bestands und der Verzicht auf einen Neubau, sofern technisch möglich und wirtschaftlich bzw. nachhaltig. Am Beispiel von Gebäuden, hier am Beispiel eines Wohnheims mit 5 Geschossen und ca. 2.400 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche BGF, geht aus ersten Vergleichen für eine Sanierung und Optimierung des Gebäudes eine Einsparung von 55% CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber einem Abriss und Neubau hervor (Sturm 2022).

Vor einem (Ersatz-)Neubau sollte daher zunächst die Frage der Notwendigkeit geklärt werden, dann ob ggf. mit Instandsetzungen und Ertüchtigungen (Teil der Instandhaltung) erhalten werden kann, ob Teile des bestehenden Bauwerks erhalten werden können oder ob wirklich neu gebaut werden muss, Damit gewinnt die Erhaltung bestehender Bausubstanz enorm an Bedeutung. Wenn es zu einem Ersatz-Neubau kommen sollte, dann sind hier dauerhafte und ressourcen-schonende, ggf. auf die Recyclingfähigkeit von Bauteilen angelegte Konstruktionen angesagt. Schnelleres und qualitätsgesichertes Bauen, durch z.B. Standardisierungen, Fertigteile-Lösungen und Modulbauweisen (Hasselder 2021), wären hier sinnvolle Entwicklungen.

### **Nachweisführung im Bestand**

Wasserbauwerke im Verkehrswasserbau sind langlebige Infrastrukturgüter, die schon seit alters her für eine lange Nutzungsdauer ausgelegt wurden, vgl. Abbildung 3. Altersstatistiken mit ca. 30 % von Wasserbauwerken, die von ihrem Alter her die heute (!) anzusetzende geplante Nutzungsdauer von 100 Jahren überschritten haben, sollten eher mit Stolz erfüllen als die Abgängigkeit der Bauwerke anzuzeigen. Selbstverständlich sind in der Altersstatistik auch bereits instandgesetzte Bauwerke enthalten, deren Erhaltungswürdigkeit aber ja anscheinend gegeben war. Dennoch sind bei bestehenden Wasserbauwerken statische Nachrechnungen erforderlich, weil einige Bauwerke Schäden zeigen, sich bei anderen im Lauf der Zeit die Rand- und Nutzungsbedingungen geändert haben und andere wiederum nach früheren Normen erstellt wurden, in deren Fortschreibung Änderungen und Weiterentwicklungen vollzogen wurden (konzeptionelles Altern).

In vielen Fällen lässt sich die normative Sicherheit mit einschlägigen Normen nicht (mehr) nachweisen, selbst wenn eigene Regelwerke hierfür entwickelt wurden. Aus der Diskrepanz, dass Bauwerke sich rechnerisch nicht mehr nachweisen lassen, also „unsicher“ sind und dem Sachverhalt, dass sie seit zum Teil Jahrzehnten unauffällig betrieben werden, wurde in der BAW ein framework entwickelt, dieser Diskrepanz auf den Grund zu gehen und die zur Unsicherheit führenden Sachverhalte aufzuklären. Eine hierauf folgende Anpassung bzw. Änderung der seit langem gepflegten Vorgehensweisen und Normen ist nicht ausgeschlossen.

Der framework für eine realistischere Bewertung sieht zunächst folgende drei Kategorien vor:

1. Beobachtungen, Experimentale Prüfungen und Monitoring,
2. Überprüfung von Einwirkungen und Nachweisformaten in aktuellen Normen,
3. Überlegungen zum Sicherheitskonzept und zur Zuverlässigkeit.

Beispielhaft für Kategorie 1 sei die Aufbringung von Testlasten, die normale Einwirkungen überschreiten, und eine anschließende Nach-Kalibrierung genannt. Die Mittelmauer einer bestehenden Schiffsschleuse, Baujahr 1925, wurde bereits unter Gebrauchslasten, also charakteristische Einwirkungen und Widerstände, als nicht standsicher nachgewiesen. Der Beton weist geringe Festigkeiten auf. Höhere Wasserstände, die in der Vergangenheit mehrfach auftraten, konnten als Testlasten herangezogen werden, um rechnerisch eine Mindest-Sicherheit zu kalibrieren, von der aus eine Restnutzungsdauer errechnet wurde. Mit dieser Vorgehensweise kann die Schleuse noch über einen bestimmten Zeitraum standsicher betrieben werden.

Im Rahmen der Kategorie 2 wird der Ansatz von Zugfestigkeiten in massigen Beton-Querschnitten untersucht, die bisher in der aktuellen Normung nicht erlaubt ist. Ein Ansatz von Zugfestigkeit, auch wenn nur in begrenztem Umfang, verringert die Zugzone im Beton-Querschnitt und damit den Riss- und Porenwasserdruck, der zu einem iterativen Aufreißen des Querschnitts führen würde. Mit dem Ansatz einer Zugfestigkeit würden nicht nur Biege-Nachweise, sondern auch Querkraft-Nachweise sicherer gelingen. Zu neueren Überlegungen zu Reibbeiwerten beim Ansatz der Scherfestigkeit liefert dieses Kolloquium einen Beitrag.

Das Sicherheitsniveau für Wasserbauwerke orientiert sich an dem für Hoch- und Ingenieurbauten, ein eigenständiges wasserbauliches Zuverlässigkeits-Niveau BETA wurde noch nicht definiert. Insbesondere, wenn bestehende Wasserbauwerke in erheblichem Umfang ertüchtigt werden müssten, stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit und dem akzeptablen Risiko innerhalb der Kategorie 3. Risikoanalysen, vgl. (BAW 2010), oder auch risiko-basierte Methodiken lassen eine Entscheidung zu notwendigen Ertüchtigungsmaßnahmen treffen. Auch hier vertiefen Beiträge dieses Kolloquiums einige Aspekte.

## **Wartung**

Neben der Nachweisführung ist aber auch die Erhaltung der bestehenden Bauwerke vor Ort und hier insbesondere die Wartung als Teil der Instandhaltung von Bedeutung. Eine rechtzeitige Wartung kann exponentiell anwachsende Schädigungen wirkungsvoll verhindern, die Wirtschaftlichkeit ist nachgewiesen, Abbildung 5. Ein rechtzeitiges Eingreifen verhindert ein größeres Schadensausmaß. Korrosion ist bekanntermaßen der dominante Schädigungsmechanismus bei Stahlwasserbauten. Die BAW beschäftigte sich im Stahlwasserbau mit kurzfristig zu realisierenden Reparatur-Produkten für den Korrosionsschutz, so genanntes SmartRepair (BAW 2020). Produkte, deren schnelle Vor-Ort-Applikation möglich sind, bessern Schäden kurzzeitig aus, so dass der Korrosionsfortschritt gestoppt werden kann. Die BAW forscht derzeit zudem an Wartungsmöglichkeiten für den Beton von massiven Wasserbauwerken (BAW 2021a). Wartung ist meistens, wie in anderen Bereichen auch, mit Inspektion verbunden. In diesem Zusammenhang sei auf die ordnungsgemäße Bauwerksinspektion gemäß VV-WSV 2101 (2022) und BAW-MSV (2018) hingewiesen.



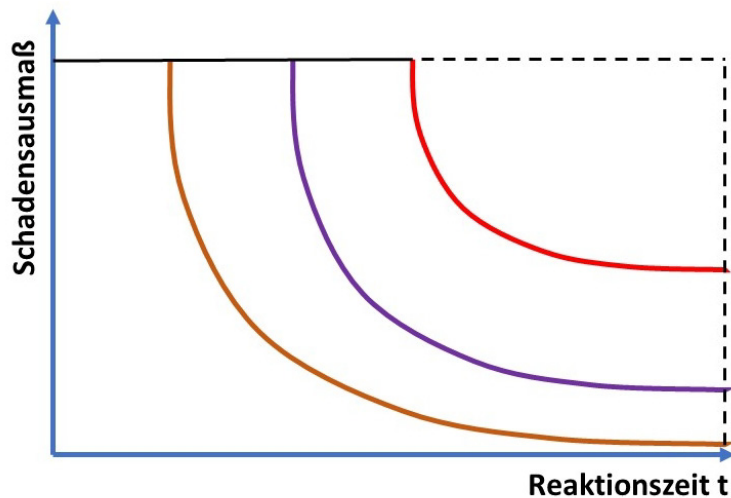


Abbildung 5: *Prinzipielle Beziehung zwischen Reaktionszeit und Schadensausmaß*

Interessant ist, dass die nächste Generation von Eurocodes, hier z. B. prEN1990 (2021) und prEN 1992-1-1 (2021), unter einer Wartung Maßnahmen versteht, die derzeit schon als kleine Instandsetzung eingestuft würden.

### **Instandsetzung**

Instandsetzungen sind größere bauliche Maßnahmen im Rahmen der Erhaltung bzw. Instandhaltung. Das Kolloquium geht in mehreren Blöcken auf Beispiele und Konzepte von und für Instandhaltungen ein. Instandsetzungen unter Betrieb ist hier eine spezielle, bautechnische und baubetriebliche Herausforderung (BAW 2021b). Auch bei Instandsetzungen werden vermutlich künftig – wie für (Ersatz-)Neubauten – verstärkt ökologische Anforderungen zu berücksichtigen sein, wozu die BAW im Rahmen eines FuE-Vorhabens bereits vordenkend forscht (BAW 2022).

### **Zusammenfassung**

Aus verschiedenen, hier in Teilen dargelegten Gründen nimmt die Bedeutung der Erhaltung von Bauwerken nochmals deutlich zu, wovon auch (Verkehrs-)Wasserbauwerke betroffen sein werden. Diese Gründe sind im Falle einer Erhaltung die Wirtschaftlichkeit des Erhalts unter Beachtung der konstruktiven Anforderungen an Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit. Gründe sind auch aktuell Aspekte der Nachhaltigkeit, die derzeit mit der Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und mit der Ressourcenschonung adressiert sind, aber auch noch weitere Kriterien umfassen werden. Selbst, wenn eine Erhaltung eines Bauwerks längerfristig nicht zielführend sein sollte und ein Ersatz-Neubau notwendig macht, so kann zumindest eine temporäre Verlängerung der Nutzungsdauer Ressourcen-Knappheit, Geld- und Fachkräftemangel entzerren. Wasserbauwerke haben für eine lange Nutzungsdauer seit jeher gute „Gene“. Die Herausforderung, die Erhaltung weiter voranzutreiben, sollte angenommen werden. Mit dem Vergleichs-Bild von durch Automobil-Liebhaber gepflegte Oldtimer, die eine deutlich längere Nutzungsdauer als die Masse der Autos haben, kann nur geschlussfolgert werden, dass wir unsere Wasserbauwerke „lieben“ sollten, um den Erhalt sicherzustellen und die Umwelt zu schonen.

## Literatur

- ArcelorMittal (2021): Climate Action Report 2, July 2021.
- BAW (2010): BAWMerkblatt „Nachweis bestehender Brücken auf Schiffsanprall (MNaBS)“, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2010.
- BAW (2020): FuE-Abschlussbericht „Smart Repair“: Reparatur bzw. Ersatz von Korrosionsschutzmaßnahmen zum Erhalt des Korrosionsschutzes und der Stahlkonstruktion, BAW-Nr. B3951.02.04.70009. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2020.
- BAW (2021a): Wartung massiver Wasserbauwerke. [https://izw.baw.de/publikationen/forschung-xpress/0/BAWFoX\\_2021\\_69.pdf](https://izw.baw.de/publikationen/forschung-xpress/0/BAWFoX_2021_69.pdf). Abgerufen 2022-08-30.
- BAW (2021b): Instandsetzung von Schleusenanlagen unter laufendem Betrieb – Anwendung Modulbaukasten. In: BAWBrief 02/2021. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2021.
- BAW-MSV (2018): BAWMerkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2020.
- BHO (1969): Bundeshaushaltsordnung. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1969, Teil 1.
- BMI (2022): <https://oekobaudat.de/Oekobau.DAT>. Ed. Bundesministerium des Innern und für Heimat. Abgerufen 2022-08-26.
- BMVBS (2012): Richtlinie zur Ermittlung des Sachwerts (Sachwert-Richtlinie) - SW-RL. Bekanntmachung im Bundesanzeiger am 18.10.2012.
- DIN EN 1990 (2021): Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010. Beuth-Verlag Berlin, 2021-10.
- prEN 1990 (2021): Eurocode - Basis of structural and geotechnical design. Draft version of 2nd generation.
- prEN 1992-1-1 (2021): Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules - Rules for buildings, bridges and civil engineering structures. Draft version of 2nd generation.
- EnergieZukunft (2022): Weltweiter Holzverbrauch übersteigt nachhaltiges Angebot. 12.07.2022. <https://www.energiezukunft.eu/umweltschutz/weltweiter-holzverbrauch-uebersteigt-nachhaltiges-angebot/>.
- Feldmann, A., Dombrowski M., Nearchou, N., Grün, S. (2022): Die Klimakrise – Transformation der gebauten Umwelt: Entwurfgrundsätze bei der Tragwerksplanung. In: Ingenieurbau 6-2022, pp. 40 – 44.
- Global Alliance for Buildings and Construction (2020): 2020 Global status report for buildings and construction, 2020.
- GTÜ (2020): Klassiker mit H-Kennzeichen in der Regel im guten technischen Zustand. Gesellschaft für technische Überwachung, Stuttgart, Presse-Mitteilung 06.03.2020.
- Hasselder, M. (2021): Einsatz von Fertigteilen im massiven Verkehrswasserbau. In: BAW-Kolloquium Angewandte Forschung, von der Forschung in die Praxis. Karlsruhe/virtual, 03.11.2021.
- Herzog, A. (2022) Klima bauen. Edition Hochparterre, 2. Auflage, Zürich 2022.

KrWG (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (kurz: Kreislaufwirtschaftsgesetz). BGBl. I, 24. Februar 2012, S. 212.

Sturm, E. (2022): Nutzung von „Grauer Energie“ statt Abriss und Neubau. In: [www.ingenieurbau-online.de](http://www.ingenieurbau-online.de) 6-2022.

VV-WSV 2101 (2022): Verwaltungsvorschrift Bauwerksinspektion. Hrsg. BMDV.