

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Stanulla, Richard; Hein, Steffen; Pohl, Thomas; Grab, Thomas; Merkel, Broder**

## **Technische Überwachung von Dämmen durch Wissenschaftliche Taucher – in-situ Untersuchungen und ihre Besonderheiten**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104632>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Stanulla, Richard; Hein, Steffen; Pohl, Thomas; Grab, Thomas; Merkel, Broder (2018): Technische Überwachung von Dämmen durch Wissenschaftliche Taucher – in-situ Untersuchungen und ihre Besonderheiten. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbauwerke im Bestand - Sanierung, Umbau, Ersatzneubau und Rückbau. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 60. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 347-355.

### **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.



## **Technische Überwachung von Dämmen durch Wissenschaftliche Taucher – in-situ Untersuchun- gen und ihre Besonderheiten**

Richard Stanulla  
Steffen Hein  
Thomas Pohl  
Thomas Grab  
Broder Merkel

Bauwerke des Spezialwasserbaus sind regelmäßigen Prüfungen zu unterziehen. Insbesondere unter Wasser gelegene Bauteile stellen die Bauwerksprüfer dabei häufig vor komplexe Herausforderungen, da die Methode der „handnahen Prüfung“ nur schwer realisierbar ist. Unter Wasser befindliche Bauteile sind dem Prüfenieur nicht zugänglich und er muss auf indirekte Methoden ausweichen. Um die Inspektion dennoch nach einem reproduzierbaren und objektiven Schema durchführen zu können, übertragen wir etablierte Prüfroutinen der Brückenprüfung auf den Unterwasserbereich. Technische Abläufe sind in der DIN 1076 sowie der RI-EBW-PRÜF geregelt. Unter Anwendung standardisierter Prüfvorgänge erfolgt eine objektive und umfassende Einschätzung des Bauwerkszustandes. Schäden werden gemäß RI-EBW-PRÜF einzeln nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrs-/ Betriebssicherheit und Dauerhaftigkeit bewertet. Aus jeweiligen Einzelnoten der Schäden und Mängel errechnet sich die Zustandsnote sowie die Substanzkennzahl für das Bauwerk. Die Zustandsbewertung beginnt bei 1,0 (sehr gut) und endet bei 4,0 (ungenügend). Anhand der vergleichbaren, objektiven Gesamtbewertung des Bauwerkes kann eine Priorisierung und effektive Planung von Instandhaltungs- oder Ertüchtigungsmaßnahmen vorgenommen werden. Neben komplexen technischen Dokumentationen werden außerdem Schadeinflüsse auf das Bauwerk untersucht, so beispielsweise Initialschäden, Bioindikatoren, auftretende Korrosion sowie materialspezifische Verschleißerscheinungen. Je nach Schadensbild und technischer Situation können rechtzeitig Sanierungen eingeleitet und deren Erfolg überwacht werden, um künftige Schäden zu minimieren. Aus Sicht des Gesetzgebers sind die Betreiber verpflichtet, eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit durch ihre Bauwerke auszuschließen. Das Risiko möglicher Gefährdungen kann durch eine regelkonforme Bauwerksprüfung in Verbindung mit einer qualifizierten Zustandsdokumentation minimiert werden. Die Prüfung unterwasser ist durch zertifizierte Wissenschaftliche Taucher durchzuführen, die die Situation vor Ort durch einen reproduzierbaren Arbeitsablauf erfassen und eine hochqualitative Dokumentation auch für nicht-tauchende Kollegen zugänglich machen. Ziel hierbei ist es, die Betreiber wasserbaulicher Anlagen umfassend

über Schäden und Risiken zu informieren sowie Instandsetzungsvorschläge zu unterbreiten. Der Prüfsingenieur muss neben seiner Tauchzertifizierung zudem die berufliche Qualifikation (VFIB-Zertifizierung) für die Prüfung von Ingenieurbauwerken besitzen.

Stichworte: Bauwerksprüfung, Wissenschaftliches Tauchen / Scientific Diving

## **1 Einleitung**

### **1.1 Allgemeines**

Zu den speziellen Wasserbauwerken zählen u. a. Staumauern, Staudämme, Brücken, Zuläufe, Tunnel, Überlaufrippen und Stützkonstruktionen sowie Bauten zur Hangstabilisierung.

Regelmäßige Kontrollen der Bausubstanz sowie die darauf aufbauende Wartung und Instandhaltung sind zur Gewährleistung der Funktions- und Betriebssicherheit erforderlich. Die DIN 1076 („Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung“) regelt die Überprüfung und Bewertung von Ingenieurbauwerken basierend auf einheitlichen Prüfverfahren und Auswertungskriterien. Die vorgefundenen Schäden und Mängel werden an Hand der Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit auf Grundlage der RI-EBW-PRÜF (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) bewertet. Innerhalb einer Prüfperiode von 6 Jahren werden zahlreiche Untersuchungen, einschließlich der vor-Ort-Kontrolle aller statisch konstruktiven Bauteile, durchgeführt.

Die Prüfung erfolgt durch VFIB-zertifizierte Sachverständige / Bauwerksprüfer. Einen Schwerpunkt bei der Überprüfung von Wasserbauwerken bildet die Schadensbestimmung und -dokumentation direkt vor Ort. Dies stellt besondere Anforderungen an die Zugänglichkeit überfluteter Bereiche oder von Bauteilen in großen Höhen. Für Letztere nutzt der Prüfsingenieur Brückenuntersichtgeräte oder alpine Höhengestaltungstechnik (Abbildung 1). Arbeiten an Konstruktionen unterhalb der Wasseroberfläche erfordern speziell für den Unterwassereinsatz ausgebildete Wissenschaftler oder Ingenieure.

### **1.2 Übliche Methoden**

Viele Untersuchungen werden über indirekte Verfahren wie z. B. Videodokumentationen von ROVs („remotely operating vehicle“ = UW-Roboter) oder Messungen von der Wasseroberfläche aus, realisiert. Diese Methoden sind gute Lösungen für Lokalisationen, die auf Grund von Kontaminationen oder räumlichen Einschränkungen von Menschen nicht gefahrlos aufgesucht werden können. Dennoch erreichen diese Verfahren nicht die Qualität eines Vor-Ort-Einsatzes

des Prüffingenieurs, der insbesondere die vorgeschriebene handnahe Bauwerksprüfung durchführt.

Ein anderer Ansatz ist die Unterwasserarbeit von Berufstauchern, welche eine breite Palette bautechnischer Leistungen anbieten. Das Kerngebiet umfasst technische Arbeiten wie Sanieren und Reparieren in Form von Schweißen, Bohren oder Trennschneiden sowie auch Abdichten und Betonieren. Wissenschaftliche Untersuchungen dagegen gehören nicht zum Einsatzgebiet von Berufstauchern und sollten durch entsprechend ausgebildete Wissenschaftliche Taucher realisiert werden.



**Abbildung 1:** Technische Prüfung über Wasser / luftseitig mittels Brückenuntersichtgerät und alpiner Höhensicherungstechnik.

## 2 Wissenschaftliches Tauchen im Allgemeinen

Wissenschaftliches Tauchen bietet zahlreiche Methoden für die Gebiete der Bio- und Geowissenschaften aber auch die der Archäologie. Die sichere und effektive Ausführung von Unterwasserarbeiten unter Berücksichtigung der Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens und des Qualitätsmanagements erfordert spezielles Training. Um als Wissenschaftlicher Taucher zertifiziert zu werden, muss eine komplexe Ausbildung absolviert werden (*Merkel et al., 2009 und 2013*). Diese Ausbildung beinhaltet theoretische Inhalte aus allen Wissenschaftsbereichen, in denen Wissenschaftliches Tauchen zum Einsatz kommt. Zusätzlich wird die Anwendung von wissenschaftlichen Methoden im Freiwasser praktisch vermittelt und ist zentraler Bestandteil der Ausbildung. Die Abschlussprüfung erfolgt im Rahmen einer Tauchexpedition einschließlich der Bearbeitung einer Projektarbeit und beinhaltet das Anfertigen eines projektbezogenen Berichtes

oder einer Publikation. Nach dem erfolgreichen Absolvieren aller Kurse erhält der Teilnehmer je nach Vorqualifikation das CMAS-Zertifikat „CMAS Scientific Diver“ oder „CMAS Advanced Scientific Diver“. Die Zertifizierung zum „CMAS Scientific Diving Instructor“ und „CMAS Advanced Scientific Diving Instructor“ sind ebenfalls möglich. Die Zertifikate können ausschließlich von den CMAS Scientific Diving Centern (derzeit in Brasilien, Deutschland und Spanien) ausgestellt werden. Ein sehr typischer Bereich der Untersuchungen und Arbeiten unter Wasser ist die Auswertung der Wasserqualität durch in-Situ-Messungen. Kernpunkte sind hierbei ungestörte Probenahme von einzelnen Schichten oder lokalen Anomalien. Die Probenahme von unterschiedlichen Phasen (z.B. Gas/Wasser; *Merkel et al., 2010*) und die Kartierung von Grundwasseraustritten unter Wasser gehören ebenfalls zu den üblichen Aufgaben (vgl. *Stanulla et al., 2015*). Einen weiteren Schwerpunkt des Wissenschaftlichen Tauchens bilden zudem geotechnische Untersuchungen. Die Standsicherheitsprüfung subaquatischer Böschungen oder geologische Kartierungen sind nur zwei der typischen Aufgaben. Besonders Beprobungen und in situ Untersuchungen von Sedimenten für geochemische Analysen sind eine moderne Methode zur Unterstützung der Entsorgungsplanung (geochemische Deklaration, Abfallklassen).



**Abbildung 2:** Technische Inspektion durch Wissenschaftliche Taucher. Die in situ Dokumentation ist besonders wichtig, da eine objektive Risikobewertung von der Wasseroberfläche nicht möglich ist Prüfung über Wasser mittels Brückenuntersichtgerät.



Wissenschaftliche Taucher können komplexe in-situ-Messungen und gezielte Probenahmen bzw. Langzeitstudien durchführen. Ihr breites Einsatzgebiet beinhaltet wissenschaftliche Bereiche wie Chemie, Thermodynamik oder Mikrobiologie sowie zahlreiche Disziplinen der Geo- und Umweltwissenschaften. Kombiniert mit hochwertigen Foto- und Videodokumentationen können reproduzierbare Arbeitsabläufe die Situation unter Wasser auch für nicht tauchende Ingenieure nachvollziehbar abbilden und somit weitere Planungen vereinfachen. Dieser interdisziplinäre Ansatz umfasst zudem Methoden für die technische Überwachung von Dämmen (z.B. Dammuntersuchung, Schadensdokumentation).

### **3 Technische Überwachung von Dämmen durch Wissenschaftliche Taucher**

Wasserbauwerke müssen in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Besonders die unter der Wasseroberfläche liegenden Teile der Bauwerke erfordern qualifizierte Prüfungen und Dokumentationen (Abbildung 2), da der zuständige Planer oder Ingenieur der jeweiligen Behörde meist nicht in der Lage ist, die entsprechende Stelle/den Schaden selbst zu untersuchen.

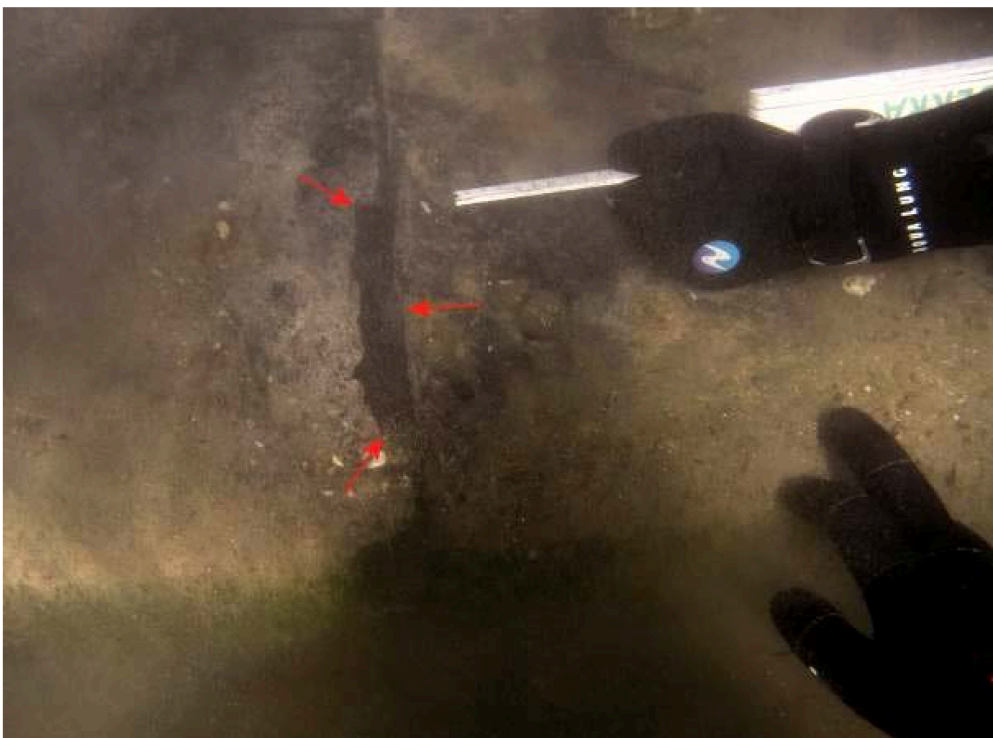
Daher ist die Etablierung von standardisierten Untersuchungsverfahren, wie sie bei der Überwachung von Brückenkonstruktionen und in der Baustatik angewendet werden, auch für diesen Bereich zur qualifizierten Schadenserfassung und Bewertung empfohlen. In Deutschland sind diese Verfahren in der DIN 1076 oder der RI-EBW-PRÜF geregelt. Bei Anwendung dieser Prüfmethode auf unter Wasser liegende Bauteile können detaillierte Bewertungen des technischen Zustandes oder der Schäden vorgenommen werden.

Schäden werden in Deutschland nach der RI-EBW-PRÜF (Abbildung 4) beurteilt, welche die grundlegende Richtlinie für standardisierte Dokumentationen und das Bemessen von Bauschäden darstellt.

Jedes Bauteil wird individuell nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit bewertet und mit einer Schadensnote versehen. Die Gesamtnote des Bauwerks errechnet sich aus den einzelnen Schadensnoten. Die errechneten Zustandsnoten reichen von 1,0 (sehr guter Zustand) bis 4,0 (ungenügender Zustand). Die Zustandsnote liefert einen objektiven und vergleichbaren Wert und regelt somit weiterführende Instandsetzungs- und Erhaltungsmaßnahmen. Auf Basis der Zustandsnoten können Prioritäten festgelegt und Investitionen oder Reparaturen/Ertüchtigungen effizienter von den Betreibern geplant werden.

Diese baulichen Untersuchungen sind grundlegende Werkzeuge für die Planung der Instandhaltungsmaßnahmen und somit die Basis für eine kontinuierliche Nutzung.

Neben der komplexen technischen Dokumentation sind außerdem Untersuchungen von externen Einflüssen auf den Damm möglich. Zum Beispiel Risse, Biomatten und daraus resultierende Korrosion können von Wissenschaftlichen Tauchern untersucht werden (Abbildung 3) um optimierte Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Anschließend können spezielle Präventivmaßnahmen ermittelt werden, um zukünftige Schäden zu vermeiden oder zu minimieren (z.B. Antifouling).



**Abbildung 3:** Komplexe Risse in einer Betonwand können durch detaillierte Dokumentationen mittels handnaher Untersuchung durch qualifizierte Ingenieure fachtechnisch bewertet werden.

Schadensarten mit Zustandsbewertung		DEKRA	
Teilbauwerk	Schieber/ Grundablass	Schadens-ID 398	
		Schadensbeschreibung (Kurztext)	<b>korrodiert</b>
Hauptbauteil	Schiebergestänge	Schadenshäufigkeit	<b>mittel</b>
Konstruktionsteil	Konsole	<b>Bewertung gem. DIN 1076/ RI-EBW-PRÜF</b>	
Baustoff	Stahl	Standsicherheit	<b>0</b>
Lage/ Ort	2. Schieber, 3. Konsole	Betriebssicherheit	<b>1</b>
		Dauerhaftigkeit	<b>3</b>
Beschreibung (Langtext)			
Die Schieberkonsole ist stark korrodiert, das Gestänge bewegt sich in der Laufbuchse schwergängig.			
		<b>berechnete Schadensnote</b>	<b>2,6</b>
		<b>Substanzkennzahl</b>	<b>2,5</b>
Donnerstag, 9. März 2017		Seite 1 von 13	

**Abbildung 4:** Fiktiver Bewertungsbogen einer Unterwasser-Schadensbewertung, inklusive Berechnung von Schadensnote und Substanzkennzahl nach DIN 1076 und RI-EBW-PRÜF

## 4 Schlussfolgerung

Aus rechtlicher Sicht sind Anlagenbetreiber verpflichtet, jegliche Schädigung dritter durch ihre Bauwerke auszuschließen. Potenziellen Gefahrenquellen kön-



nen durch regelmäßige Prüfungen der Bausubstanz in Kombination mit ausführlichen Risikobewertungen minimiert werden.

Zur Inspektion von unter Wasser liegenden Bauwerksteilen sollten zertifizierte Wissenschaftliche Taucher eingesetzt werden, um reproduzierbare Arbeitsabläufe und umfassende Dokumentationen, welche die Situation auch nicht tauchenden Ingenieuren in vollem Umfang zugänglich machen, zu gewährleisten. Um diese Kriterien zu erfüllen sind spezielle Schulungen in Kombination mit moderner und sicherer Ausrüstung erforderlich. Natürlich benötigt der Prüfingenieur/Sachverständige neben der beruflichen Qualifikation auch die entsprechende Tauchzertifizierung, um solch sicherheitsrelevante Arbeiten qualifiziert durchführen zu können.

Eine integrierte Risikobewertung sollte neben Schadenserkenkung in großen Höhen auch in-situ Untersuchungen der Gewässer, samt einer Zielsetzung und Vergleichswerten für die Entscheidungsträger beinhalten.

## 5 Danksagung

Die Autoren danken dem Team des CMAS Scientific Diving Center Freiberg für ihre Hilfe und ausgezeichnete Zusammenarbeit. Außerdem möchten wir den anonymen Reviewern für das Korrigieren und Verbessern des Manuskripts danken.

## 6 Literatur

- Merkel, B, Schipek, M & Pohl, T (2009): Work Instruction for Scientific Diving at TU Bergakademie Freiberg. International Workshop: "Research in shallow marine and fresh water systems." TU Bergakademie Freiberg. Germany. FOG - Freiberg Online Geoscience, 2009, 22, 142-144.
- Merkel, B, Planer-Friedrich, B, Pohl, T & Schipek, M (2010) Development of a Gas Sampling Technique for Determining Trace Elements in Submarine Volcanic Exhalations. Second International "Workshop on Research in Shallow Marine and Fresh Water Systems". Milazzo, Italy.
- Merkel, B; Pohl, T; Barth, G; Schipek, M (2013): The concept of education and training at the Scientific Diving Center of TU Bergakademie Freiberg. 3rd International Workshop "Research in Shallow Marine and Fresh Water Systems", Bremen, Germany.
- Stanulla, R; Engel, J; Ganß, R; Stanulla, C; Vinmans, A; Pohl, T (2015). In-situ-Methoden der Untersuchung bergbaulich beeinflusster Stehgewässer – Möglichkeiten und Einsatzgebiete Wissenschaftlicher Taucher. FOG - Freiberg Online Geoscience, 2015, Volume 40: 1-10.

Autoren:

Richard Stanulla, M.Sc.

Dipl. Ing. (FH) Steffen Hein

GeoWiD GmbH  
Morseweg 44  
01129 Dresden

DEKRA Automobil GmbH  
Köhlerstraße 18  
01239 Dresden

Tel.: +49 35756 74 00 13  
Fax: +49 35756 74 00 14  
E-Mail: kontakt@geowid.de

Tel.: +49 351 28 55 - 225  
Fax: +49 351 28 55 - 221  
E-Mail: steffen.hein@dekra.com

Prof. em. Dr. Broder Merkel  
Dr. Thomas Pohl  
Dr. Thomas Grab

CMAS Scientific Diving Center  
TU Bergakademie Freiberg  
Gustav-Zeuner-Str. 7  
09599 Freiberg

Tel.: +49 3731 39 3004  
Fax: +49 3731 39 3963  
E-Mail: info@sdc.tu-freiberg.de