

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338424490>

# Methoden und Einsatzgebiete Wissenschaftlicher Taucher

Article in *Wasserwirtschaft* · January 2020

DOI: 10.1007/s35147-019-0336-8

CITATIONS

0

READS

3

3 authors, including:



**Richard Stanulla**

Technische Universität Bergakademie Freiberg

12 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Thomas Pohl**

Technische Universität Bergakademie Freiberg

19 PUBLICATIONS 70 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



scientific Diving in TU Bergakademie Freiberg [View project](#)



Stromboli [View project](#)

# Methoden und Einsatzgebiete Wissenschaftlicher Taucher

Bei wasserbaulichen Anlagen wie Talsperren sind kontinuierliche Untersuchungen und eine intensive Überwachung technischer, geologischer, biologischer und hydrologischer Parameter notwendig. Eine Möglichkeit hierfür ist der Einsatz wissenschaftlich geschulten Tauchpersonals, das Aufgaben von Standsicherheitsuntersuchungen an Wasserbauwerken und subaquatischen Böschungen über Wasserqualitätsanalysen bis hin zur fachspezifischen Kartierung und Überprüfung technischer Anlagen übernimmt.

Richard Stanulla, Steffen Hein, Thomas Pohl

Wasserbauliche Anlagen bedürfen ebenso wie natürliche Gewässer einer intensiven wissenschaftlichen Betreuung und Überwachung. Problemstellungen aus den Bereichen der Geo- und Umweltwissenschaften müssen interdisziplinär behandelt werden. Weite Teile des Untersuchungsgebietes liegen dabei unter der Wasseroberfläche. Vorhandene Daten sind häufig unscharf oder wenig aussagekräftig. Es bedarf daher einer umfassenden und genauen Herangehensweise zur wissenschaftlichen Untersuchung oder Prüfung. Dem Wissenschaftlichen Taucher (SD–Scientific Diver/Diving) ist es möglich, Untersuchungen direkt am Objekt (handnah) durchzuführen. Dies gewährleistet eine deutlich erhöhte Datenqualität, da er konkret sieht, was er misst, beprobt oder prüft.

Zudem können während der Untersuchung wichtige Umgebungsbedingungen, z. B. das lokale Auftreten spezieller Biomarker, dokumentiert werden. So lässt sich bei der Gesamtbetrachtung des Systems eine deutlich erhöhte Datenquantität erreichen. Im Folgenden präsentieren wir typische Techniken und Einsatzgebiete eines SD sowie deren Vor- und Nachteile im Vergleich zu herkömmlichen Methoden. Hiermit sollen den zuständigen Baulastträgern Anreize und Verbesserungsvorschläge im Rahmen der Gewässeruntersuchung und Anlagenunterhaltung nahegebracht und ein interdisziplinärer Dialog zu diesem Thema initiieren werden.

## Herkömmliche Methoden

Herkömmliche Methoden liefern häufig eine Fülle an Daten mit geringem Arbeitsaufwand im Gelände, die insbesondere für Überblickserhebungen gut geeignet sind. Unterwasser-Roboter zur Ersterkundung, Berufstaucher für technische Arbeiten oder Fachpersonal auf Booten sind typische Beispiele. Alle drei Optionen haben jedoch im Vergleich mit Wissenschaftlichen Tauchern gravierende Nachteile: sie sind häufig aufwändig, teuer und den wissenschaftlichen Anforderungen nicht gewachsen.

Inbesondere im Bereich der Bauwerksprüfung ist zudem die Zertifizierung zum geprüften Sachverständigen unerlässlich. Die gewissenhafte Umsetzung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden ist von allergrößter Bedeutung. Die sachgerechte handnahe

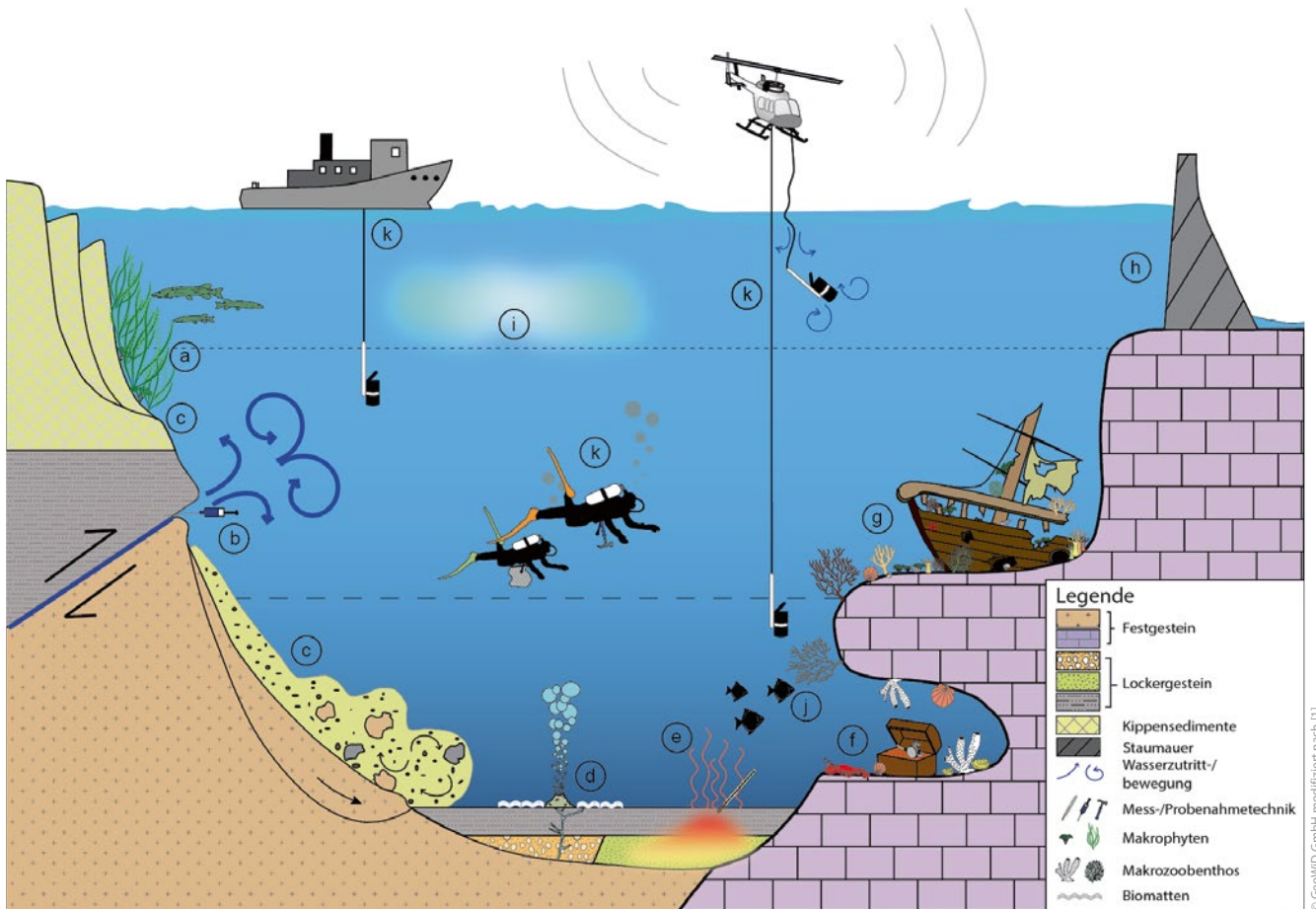
Prüfung unter Wasser befindlicher Bauteile an Ingenieurbauwerken erfolgt daher durch SD.

## Methoden des Wissenschaftlichen Tauchens

Das Aufgabenspektrum eines SD umfasst drei wesentliche Hauptbereiche: Kartierung (**Bild 2**), Dokumentation und Probenahme. Nahezu alle wissenschaftlichen Fragestellungen lassen sich auf diese Hauptaufgaben zurückführen. Kartierungen umfassen aktive Datenerhebungen der Geo-, Bio- und Umweltwissenschaften. Einen wichtigen Aufgabenbereich stellen die geowissenschaftlichen Kartierungen dar. Hierzu gehören topographische und morphologische Kartierungen, die Auskunft über die Geländesituation unter Wasser geben. Ein wichtiger Themenbereich sind zudem die Böschungskartierungen, die Einschätzungen der Standsicherheit von subaquatischen Böschungen erlauben. Einen weiteren Themenkomplex bilden die biologischen und ökologischen Kartierungen. Anhand verschiedener Verfahren wie der Makrophytenkartierung lassen sich Aussagen hinsichtlich des ökologischen Gewässerzustandes ableiten (WRRL). Die Dokumentation von Biozönosen, deren Diversität und Verbreitung sowie die Identifizierung spezieller Biotope dienen als messbare Parameter.

Die physikalisch/chemische Kartierung liefert Informationen über physiko-chemische Parameter als Grundlage für eine Quantifizierung der vorherrschenden Umweltbedingungen (Korrosion). Die Messung von Temperatur- und Wärmemengen oder thermischen Gradienten (flächig, profilhaft) ermöglichen eine thermodynamische Einschätzung. So lassen sich Rückschlüsse auf biologische Prozesse ziehen, die als Anzeiger für konkrete Anomalien genutzt werden können. Darüber hinaus werden auch hydrochemische Parameter erfasst und in die Gesamtbewertung eingebunden. Diese Kombination erlaubt eine umfassende Charakterisierung des Gesamtsystems.

Dokumentationen sind das grundlegende Bindeglied zwischen dem SD und dem Bearbeiter über Wasser. Eine hochqualitative und fachlich fundierte Foto-/Videodokumentation gewährt Einblicke in die Vor-Ort-Situation und dient zur Beweissicherung. Üblich sind technische Dokumentationen an Unter-



**Bild 1:** Schematische Darstellung typischer Einsatzgebiete und Methoden Wissenschaftlicher Taucher

wassergebäuden und -geräten oder im Rahmen der Bauüberwachung. Je nach Aufgabenstellung können individuelle Dokumentarfilme produziert werden.

Häufig steht auch die Entnahme von Probenmaterial (geo-, bio-, hydrologisch) im Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen. Im Unterwasserbereich ist dies aufgrund des umgebenden Wassers in der Regel deutlich schwieriger als an Land. Um eine fundierte Beweislage zu schaffen, ist eine hohe Probenqualität unter Berücksichtigung einschlägiger Arbeitsvorschriften zu gewährleisten. Es muss speziell geschultes Fachpersonal eingesetzt werden, um eine sachgerechte Probenahme und deren Dokumentation sicherzustellen.

### Einsatzbereiche Wissenschaftlicher Taucher

Im Folgenden wird eine selektive Übersicht etablierter Methoden (**Bild 1**) und typischer Einsatzbereiche Wissenschaftstaucher vorgestellt. Das wissenschaftliche Tauchen hat seinen Ursprung in der universitären Grundlagenforschung, die aquatische Systeme, meist unabhängig von wirtschaftlichen Fragestellungen, auf unterschiedlichste Forschungsschwerpunkte hin analysiert. Dennoch bietet dieser Ansatz auch im gewerblichen

Sinn sinnvolle und gewinnbringende Möglichkeiten, eine Vielzahl neuer Erkenntnisse zu generieren und dadurch (Sanierungs-) Maßnahmen zu effektivieren.

Der Fachbereich Geowissenschaften befasst sich mit dem Seegrund. Eine fundierte Analyse und Charakterisierung der abgelagerten Materialien schafft wichtige Planungsgrundlagen, z. B. für die Deklarationsanalytik bei Sedimentberäumungen und ermöglicht im Problemfall die Einleitung nötiger (bodenverbessernder) Gegenmaßnahmen. Der Gesteinschemismus beeinflusst die vorkommende Lebewelt und die Hydrochemie, die sich durch verschiedene Erosionsmechanismen wiederum auf das Gestein auswirkt (z. B. Lösungs-/Laugungserscheinungen; **Bild 1**, Punkt e, f). Die Analyse der geowissenschaftlichen Parameter hilft, die Gesamtheit der Prozesse zu erfassen und dient als Grundlage für eine Vielzahl an weiterführenden Untersuchungen, Einschätzungen und Maßnahmen.

### Standicherheit subaquatischer Böschungen

Eine der aktuellsten Fragestellungen in diesem Bereich sind die Standicherheiten subaquatischer Böschungen (**Bild 1**, Punkt c). Besonders im Zusammenhang mit Kippensedimenten und

tagebaulicher Aktivität stellt dieser Bereich ein wichtiges Betätigungsfeld mit großem Untersuchungsbedarf dar. Die Herangehensweise an die Beurteilung der Standsicherheit von Unterwasserböschungen unterscheidet sich nach der Art der Böschung: Bei Lockergesteinsböschungen beispielsweise stellt sich ein eher flacher Böschungswinkel ein. Die klassische Herangehensweise an die Beurteilung von Standsicherheiten bei Lockergesteinsböschungen ist die geotechnische Einschätzung der anstehenden Böden im Uferbereich. In Verbindung mit den ermittelten Kennwerten zur Tragfähigkeit sollte diese durch den Einsatz der SD und deren Methoden der Kartierung und Probenahme in-situ verifiziert werden. Nur so kann durch geeignete Vor-Ort-Untersuchungen sichergestellt werden, dass die Annahmen aus der Analyse des unbeeinflussten Uferbereiches zutreffend sind.

### Bauwerksprüfung nach DIN 1 076 und Bauüberwachung

Mit der Durchführung von Bauwerksprüfungen nach DIN 1 076 sind im Rahmen der Hauptprüfung alle Bauwerksteile und Tragstrukturen (auch schwer zugängliche Bauwerksteile) handnah zu prüfen und zu begutachten (**Bild 2**, Punkt h und **Bild 3**). Die handnahe Prüfung erfolgt unter Wasser durch VFIB-zertifizierte Bauwerksprüfer mit der Zusatzqualifikation zum SD. Alternative Prüfleistungen (z. B. Berufstaucher) zur handnahen Beurteilung von statisch/konstruktiven Schädigungen an Ingenieurbauwerken sind gemäß DIN 1 076 Abschnitt 5.1 nicht zulässig. Zerstörungsfreie Materialuntersuchungen erfolgen mittels spezieller Messgeräte und Messverfahren, analog der Bauwerksprüfung über Wasser. Somit lassen sich Schlüsselparameter direkt unter Wasser ermitteln und kartieren.

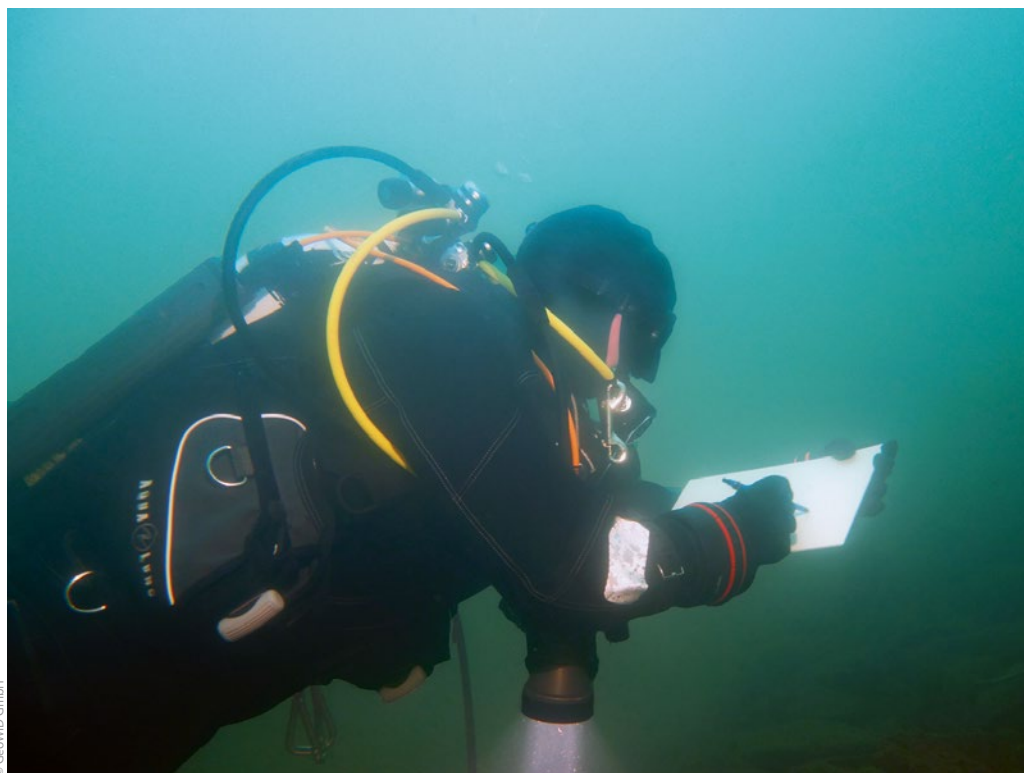
Nach Abschluss der Prüfarbeiten werden die Schäden nach den Kriterien der Standsicherheit (S), Verkehrssicherheit (V) und Dauerhaftigkeit (D) auf Grundlage der RI-EBW-PRÜF bewertet. Die Berichte beinhalten eine ausführliche Foto-/Videodokumentation, eine Bauzustandsnote sowie Sanierungsempfehlungen und werden mit der Software SIB-BAUWERKE oder ZIS-ING-BAU erstellt. Im Bereich der Bautechnik können durch die Methoden des SD in vollem Leistungsumfang der DIN 1 076 Ingenieurbauwerke der Infrastruktur sowie der Wasserver- und Entsorgung und des Hochwasserschutzes geprüft und DIN-gerecht bewertet werden.

Qualitätssichernde Arbeiten, wie Maßnahmen der subaquatischen Bauüberwachung, stellen ein zentrales Einsatzgebiet dar und liefern schon während der Bauphase die Möglichkeit regulativer Eingriffe. Unabhängige Prüfleistungen nach der Installation einer technischen Anlage oder Kontrollversuche (vor Ablauf der Gewährleistung) werden in-situ erbracht und bieten allen Vertragsparteien Rechtssicherheit.

### Öko- und Biowissenschaften

Die WRRL setzt für alle Gewässer das Ziel, ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen. Um diese Entwicklung zu ermöglichen, werden teils erhebliche gewässerstrukturelle Veränderungen getätigt. Die Gewässer liegen zunächst deutlich unter dem angestrebten Zustand. Um die daran anschließenden Prozesse zu verfolgen und die Einhaltung der Richtlinie zu gewährleisten, sind regelmäßige Untersuchungen notwendig.

Zur Analyse der Wasserqualität werden primär physikochemische Parameter erhoben (**Bild 1**, Punkt b, d, e). Wichtige



**Bild 2:** Wissenschaftlicher Taucher während der Böschungskartierung an einem Steinschüttdamm, Feststellungen werden vor Ort festgehalten und dokumentiert





**Bild 3:** Handnahe Prüfung im Rahmen der Bauüberwachung durch SD

Sofortparameter sind Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffsättigung, Redoxpotential, elektrische Leitfähigkeit, Chlorophyll-a und die Sichttiefe.

Lokale Anomalien oder Grundwasserzutritte, die häufig an Hand von Bioindikatoren charakterisiert werden, bleiben bei Messungen von der Wasseroberfläche unentdeckt oder können nicht differenziert bewertet werden (**Bild 1**, Punkt i). Der Einsatz von SD hat den Vorteil, den Grundbereich des Gewässers lateral dokumentieren zu können und somit eine Vielzahl zusätzlicher Informationen bereitzustellen.

Zur ganzheitlichen Bewertung eines Gewässers ist in jedem Fall auch die Betrachtung der Lebewelt von großer Bedeutung (**Bild 1**, Punkt a, j). Neben makro- und mikroskopischen Pflanzen und Tieren sind Bakterien und Algen (**Bild 1**, Punkt d) wichtige Indikatoren für den Gewässerzustand. Eine besondere Rolle nehmen Makrophyten ein, deren Vorkommen bestimmte ökologische Verhältnisse voraussetzt. Die Makrophytenkartierung untersucht die Verbreitungsmuster jeder Spezies (obere/untere Makrophytengrenze) und liefert so Aussagen zur Gewässergüte (**Bild 1**, Punkt a). Neben den fachlichen Anforderungen sind gesonderte arbeitsschutztechnische Rahmenbedingungen, so dass nur speziell geschultes Fachpersonal einzusetzen ist.

## Fazit

Die umfassende Überwachung aquatischer Systeme ist sowohl rechtlich als auch wirtschaftlich von großer Bedeutung. Das Ziel der WRRL ist, alle Oberflächengewässer in bestmöglichen Zustand zu versetzen. Dies erfordert einen tiefgründigen Wissensstand und eine genaue Kenntnis der entsprechenden Systeme, um daran angepasst die Entscheidung über Art und Anzahl der notwendigen Maßnahmen zu treffen. Je größer der Erfolg dabei, desto besser die Ausgangsbedingungen zur Erschließung der Gebiete

für Wirtschaft und Tourismus. Ebenso bringt die strukturierte, sachgerechte und regelmäßige Überprüfung von unter Wasser befindlichen Bauteilen und Ingenieurbauwerken ein erhebliches Plus an Planungs- und Betriebssicherheit. Unter den verschiedenen Herangehensweisen für die Datenerhebung ist das SD eine Methode, um etablierte Arbeitstechniken in den Unterwasserbereich zu übertragen und so neue Möglichkeiten in der Erkundung, Beprobung und Bewertung von Gewässern und Anlagen zu ermöglichen. Situationsbezogene Sicherheitskonzepte sind dabei unerlässlich. Der Einsatz von SD versteht sich als Ergänzung und Weiterentwicklung etablierter Methoden.

## Literatur

- [1] Stanulla, R.; Ganß, R.; Pohl, T.; Engel, J.; Vinmans, A.: In-situ-Methoden der Untersuchung bergbaulich beeinflusster Stehgewässer – Möglichkeiten und Einsatzgebiete Wissenschaftlicher Taucher. 66. Berg- und Hüttenmännischer Tag der TU Bergakademie Freiberg – Mine Water Symposium, Freiberg, Juni 2015.

## Autoren

**Richard Stanulla, M. Sc.**

GeoWiD GmbH  
Zuger Straße 52  
09599 Freiberg/Sachsen  
science@geowid.de

**Dipl.-Ing. (FH) Steffen Hein**

DEKRA Automobil GmbH  
Köhlerstraße 18  
01239 Dresden  
steffen.hein@dekra.com

**Dr. rer. nat. Thomas Pohl**

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