

Dr. Hilmar Hofmann

Interdisziplinäres Projekt für intakte Seeufer

Mit dem Verbundprojekt HyMoBioStrategie werden Vorschläge für eine nachhaltige Ufergestaltung unter Berücksichtigung vielfältiger Nutzungen entwickelt.

Seen werden in unterschiedlicher und vielfältiger Weise genutzt. Hafenanlagen und Uferverbauungen sind die offensichtlichsten Eingriffe des Menschen in die Uferzone von Seen. Aber auch der Wassersport und die Schifffahrt beeinflussen Wellen, Strömungen und damit den Feststoffhaushalt (Erosion/Akkumulation), die Unterwasserfauna und die Unterwasservegetation. Bislang sind die Auswirkungen der durch den Menschen verursachten – anthropogenen – Veränderungen in der Uferzone von Seen nicht hinreichend verstanden. Dies betrifft im Speziellen die komplexen Prozesszusammenhänge und deren Wechselwirkungen. Das BMBF-ReWaM Verbundprojekt HyMoBioStrategie basiert auf einem interdisziplinären Ansatz, der Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachrichtungen mit den Nutzern und Anwendern aus den verschiedenen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland und dem Kanton Thurgau, Bodenseegemeinden und Wasserbehörden vernetzt, um gemeinsam Wege zu intakten Seeuferräumen zu erarbeiten. Schwerpunkt des Verbundprojekts HyMoBioStrategie ist es, Lösungsvorschläge und Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Ufergestaltung unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzungsansprüche und Nachhaltigkeitskonflikte zu entwickeln.

Hintergrund

Die Ufer zahlreicher Seen unterliegen erheblichen strukturellen Beeinträchtigungen. Uferverbauungen (z. B. Ufermauern, Hafenanlagen) und Seenutzungen (z. B. Schifffahrt) führen zu Veränderungen der Hydrodynamik in der Flachwasserzone, die sich auf den Feststofftransport, die Feststoffbilanz (Erosion/Akkumulation), die Unterwasservegetation (Makrophyten) und bodenlebende Tiere (Makrozoobenthos) der Flachwasserzone auswirken können. Die Renaturierung verbauter Uferabschnitte ist deswegen ein wichtiges Anliegen der zuständigen Behörden (IGKB 2009).

Die Beurteilung des ökologischen Zustands von Seen nach der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (EG-WRRL) beinhaltet die Erfassung der Mak-

rophyten und des Makrozoobenthos sowie unter bestimmten Voraussetzungen die der hydromorphologischen Qualitätskomponenten (v. a. der Uferstruktur). Die Auswirkung von baulichen Eingriffen in die Uferzone können damit einen direkten Einfluss auf die Maßsysteme (Metrics) haben, anhand derer der ökologische Zustand eines Gewässers

beurteilt wird. Falls Uferverbauungen z. B. zu Veränderungen der Dichte und Artenzusammensetzung der Makrophyten führen, hätte dies Auswirkungen auf die durchgeführten Erfassungs- und Probennahmetechniken für Makrophyten und die Zustandsbewertungsverfahren nach der EG-WRRL (DIN EN 15460; Schaumburg et al. 2006; van de Weyer 2006). Über die Prozesszusammenhänge zwischen Uferverbauungen und den hydrodynamischen Bedingungen auf der einen und der biozönotischen Struktur in der Uferzone auf der anderen Seite ist wenig bekannt. Aus diesem Grund besteht bei den zuständigen Behörden ein großes Interesse darüber, welche Mitigationsstrategien zur Verbesserung des ökologischen Zustands (z. B. Rückbau von Uferverbauungen, Uferrenaturierungen) zu verfolgen sind, um die verschiedenen Nutzungsansprüche in der Uferzone von Seen mit den Schutz- und Erhaltungszielen der Richtlinie: Flora, Fauna,

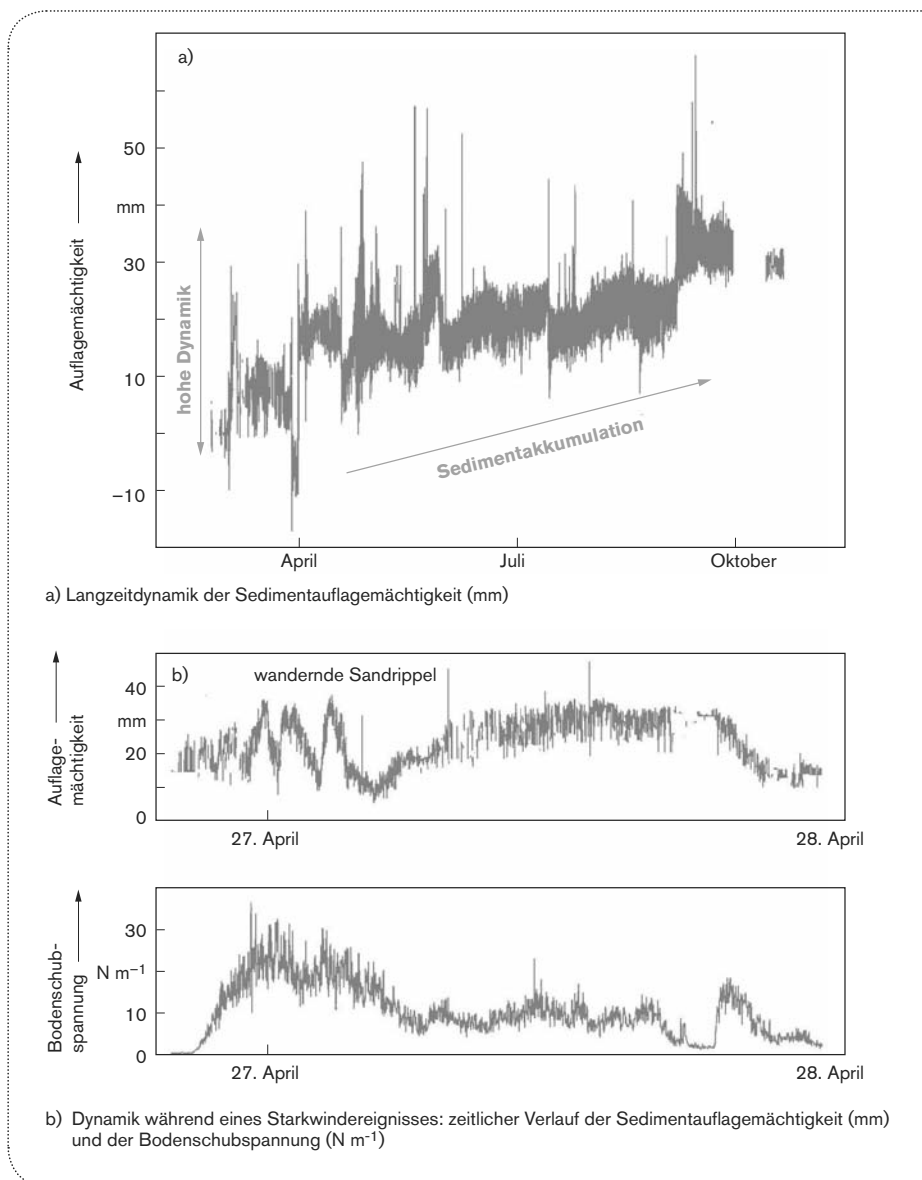
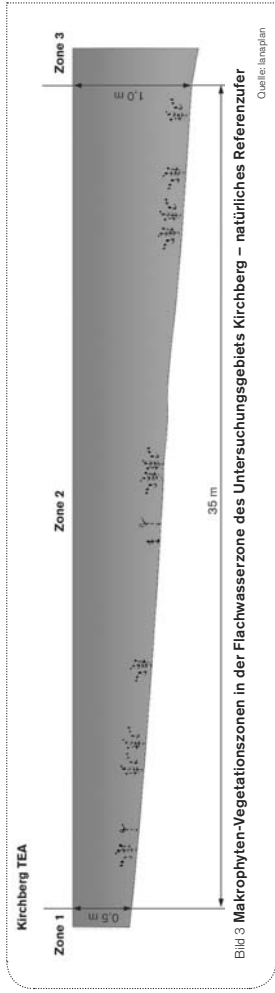
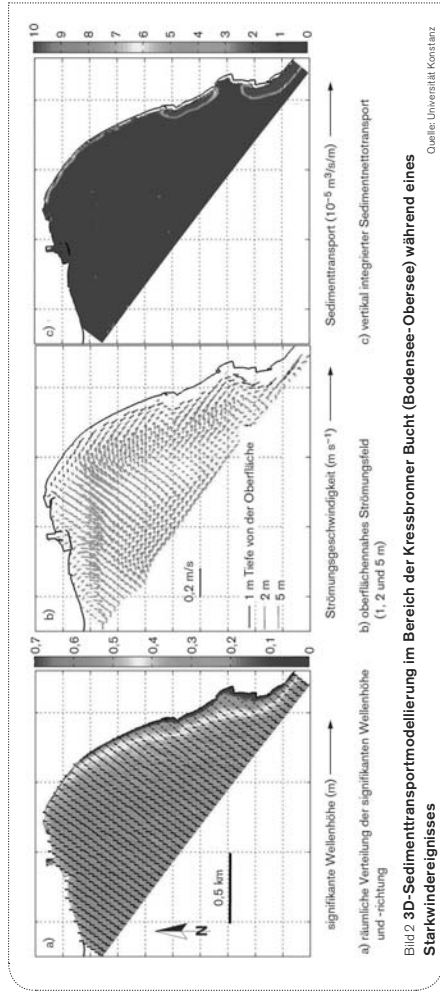


Bild 1 **Dynamik der Sedimentauflagemächtigkeit am Standort Kressbrunn mittels eines hochgenauen, akustischen Erosionsmarkers**

Quelle: Universität Konstanz



Habitats (FFH-RL) und den Umweltzielen der EG-WRRL in Einklang zu bringen. In den letzten Jahrzehnten wurde in vielen Alpenseen eine zunehmende Erosion der Litoral-Sedimente beobachtet, die z. B. wie im Falle des Bodensees zur Zerstörung von archaischen Unterwasserdenkmalern (Pfahlbausiedlungen) führte (Brem et al. 2013). Als Ursache werden hydromorphologisch wirksame Eingriffe des Menschen, u. a. Uferverbauungen und die Schifffahrt gesehen. Wasserbauliche Maßnahmen zum Schutz der Unterwasserdenkmalern müssen den Zielen der EG-WRRL sowie gegebenenfalls den Zielen der FFH-RL (NATURA 2000) genügen. Allerdings ist bislang nicht eindeutig geklärt wie sich diese Baumaßnahmen langfristig auf den Feststofftransport und die Unterwasserflora und -fauna auswirken und wie gegebenenfalls die Schutzmaßnahmen in ökologischer und ökonomischer Hinsicht optimiert werden können. Damit bestehen in zwei wichtigen Handlungsfeldern der zuständigen öffentlichen Verwaltungen Unsicherheiten wie eine nachhaltige Entwicklung der Seeufer unter Berücksichtigung (i) kommunaler Infrastrukturmaßnahmen, (ii) der Anforderungen der EG-WRRL und (iii) des Schutzes der UNESCO-Welt-

- Ziele**
- HyMoBioStrategie will wissenschaftliche Grundlagen zu Prozessen und deren Wechselwirkungen in der Flachwasserzone von Seen erweitern, um die vielschichtigen anthropogenen und hydromorphologischen Belastungen der Flachwasserzone zu bewerten und zu minimieren.
 - Lösungsvorschläge und Strategien zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ufer und Flachwasserzone in Seen sollen entwickelt und Empfehlungen zum nachhaltigen Management ausgesprochen werden.
 - Beiträge zum nachhaltigen Management von Flachwasserzonen in Seen
 - Verbesserung der Beurteilungsverfahren des ökologischen Zustands von Seen gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) anhand biotischer Indikatoren für die Uferzone
 - Bereitstellung eines Mess-Systems zur flächigen Vermessung der Bodentopographie und Sedimentstruktur
 - Methoden zur Charakterisierung und Quantifizierung des Feststofftransports in der Flachwasserzone von Seen
 - Effiziente und umweltverträgliche Sicherung von Unterwasserdenkmalern des UNESCO-Welterbes „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“.

Methoden, um die Auswirkungen von Uferverbauungen und Renaturierungsmaßnahmen auf Hydrodynamik, Morphodynamik und Biozösen im Vergleich zu naturbelassenen Referenzflächen analysieren zu können. Die Forschungsarbeiten werden am nördlichen Ufer des Bodensee-Obersees an sechs unterschiedlich strukturierten Uferabschnitten durchgeführt. Neben einem naturnahen Ufer werden verbaut, rezent renaturierte und bereits vor 14 bzw. 20 Jahren rezenturierte Uferabschnitte mit und ohne UNESCO-Unterwasserdenkmalern untersucht. Während der Projektlaufzeit im Winter 2017/2018 wird ein Uferabschnitt „Fallbeispiel Kressbronn“ renaturiert. Die Untersuchungen am Fallbeispiel Kressbronn vor und nach der Renaturierung und der Vergleich mit den anderen Untersuchungsgebieten mit unterschiedlich lang zurückliegenden Renaturierungsmaßnahmen liefern in einem „space for time“-Ansatz Informationen über die langfristigen Effekte von Uferrenaturierungen.

Grundlage bilden kontinuierlich oder periodisch durchgeführte Messungen, die durch ereignisbezogene Prozessstudien ergänzt werden. Erstere ermöglichen die Zustandsbeschreibung aller Untersuchungsgebiete und letztere unterstützen vor allem ein Prozessbasiertes Verständnis von Resuspension, Erosion und Partikeltransport und von der Wiederbesiedlung durch Makrozoobenthos in unterschiedlichen Uferzonen.

Die empirischen Untersuchungen werden durch numerischen Experimente mit Modellen (Wellenmodell, Wellenpropagationsmodell, 3D-Sedimenttransportmodell) ergänzt.

Hydrodynamik und Sedimenttransport

Die Hydro- und Morphodynamik der Flachwasserzone in den sechs Untersuchungsgebieten wird in unterschiedlichem Maße durch Wind- und Schiffswellen beeinflusst. Windwellen dominieren energetisch das

Makrozoobenthos und Makrophyten

Die beiden relevanten Qualitätskomponenten der WRRL, Makrozoobenthos und Makrophyten, wurden räumlich aufgelöst in al-

len Untersuchungsgebieten beprobt. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass weniger die Uferstruktur (natürliches vs. anthropogenes Ufer), als vielmehr das verfügbare Substrat (Sedimentstruktur und Korngrößen) und die auftretenden Wasserspiegelschwankungen einen großen Einfluss auf die Diversität und Abundanz von Makrozoobenthos und Makrophyten haben. Im Falle der Makrophyten wird das Konzept von Vegetationszonen verfolgt, das die Wirkung der Uferstruktur und der Substratereigenschaften auf die Makrophytengemeinschaft verdeutlicht (Bild 3). Armeleuchteralgen, als Indikator für geringe Nährstoffkonzentrationen, leisten durch Karbonatfällung einen wesentlichen Beitrag zum Feststoffhaushalt in der Flachwasserzone. Unter eutrophen Bedingungen ist dieser Beitrag durch die Verschiebung der Artengemeinschaft geringer, was zu erhöhter Erosion führen kann. In renaturierten Uferabschnitten und Bereichen denkmalflegerischer Erosionsschutzmaßnahmen (meist Kiesschüttungen) ist die Wiederbesiedlung durch Makrozoobenthos sehr schnell, wohingegen Makrophyten diese aufgrund der fehlenden Feinsedimente nur zögerlich besiedeln.

Entwicklung neuer Messtechniken

HyMoBioStrategie entwickelt und erprobt neue Techniken zur Messung des partikulären Suspensions- und Solitransports, des Erosions- bzw. Akkumulationsverhaltens der Decksedimente (z. B. Geröll- und Kies-tracer, Bild 4; kostengünstige Erosionsmarker) sowie akustische Verfahren (z. B. Fächerchocolat, sub-bottom profiler, Georadar) in Kombination mit dem Messfahrzeug Hydrocrawler (Bild 5) zur hochauflösenden, flächendeckenden Vermessung der Seebodentopographie und Sedimentstratigraphie. Der Hydrocrawler liefert nicht nur detaillierte Daten über die Bodentopographie und Sedimentstruktur in den Uferzonen der Untersuchungsgebiete, sondern auch über Sedi-

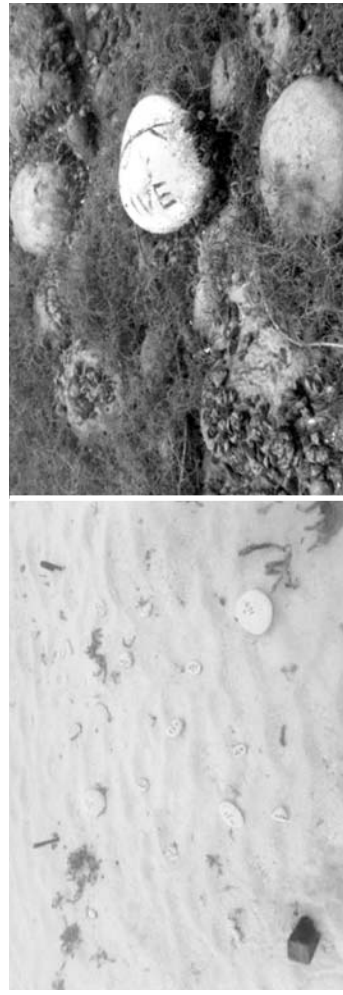


Bild 4 Einsatz von Gerölltracern zum Monitoring des sohnahen Sedimenttransports

mentumlagerungen im Nahbereich der Verbauungen. Dadurch kann der Einfluss von Uferverbauungen und deren Veränderung auf die Umlagerung der Decksedimente (Sedimenttransport) qualitativ nachgewiesen und quantitativ erfasst werden.

Die Kombination dieser unterschiedlichen Methoden und Forschungsarbeiten liefert die wissenschaftliche Grundlage zur Analyse und Beschreibung der Auswirkungen von Uferverbauungen und Renaturierungsmaßnahmen auf die Hydrodynamik, den Feststofftransport und die Biozönosen. Daraus lassen sich verallgemeinerbare Handlungsempfehlungen und Mitigationsstrategien für eine ökologisch optimierte Renaturierung von Uferverbauungen und Erosionsstehungsmaßnahmen zum Schutz von Unterwasserdenkmälern ableiten.

Die Ergebnisse von HyMoBioStrategie sind deswegen von erheblicher Bedeutung für die Bewertung von hydromorphologischen Veränderungen an Seeufern im Sinne der EG-WRRL sowie für die Entwicklung künftiger uferbezogener Maßnahmenprogramme an vor allem großen Seen.

Danksagung und Beteiligungen

Das Projekt HyMoBioStrategie „Auswirkungen hydromorphologischer Veränderungen von Seeufern (Bodensee) auf den Feststoff-

haushalt, submerse Makrophyten und Makrozoobenthos-Biozönosen mit dem Ziel der Optimierung von Mitigationsstrategien“ wird im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland (ReWaM)“ gefördert, die zum Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) als Teil von „Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ (FONA) gehört.

An dem interdisziplinären Verbundprojekt sind neben den beiden Arbeitsgruppen Umweltphysik und Aquatische Ökologie der Universität Konstanz, das Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, das Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und das Analyse- und Planungsbüro Lana Plan GbR sowie assoziierte Partner wie das Regierungspräsidium Tübingen, die Bodenseegemeinden Kressbrunn und Hagmann, die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg, das Bayerische Landesamt für Umwelt, das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, die Arbeitsgruppe Bodenseeener, der Landesfishereiverband Baden-Württemberg und der Kanton Thurgau beteiligt.

LITERATUR

/1/ Brem, H.-J.; Eberschweiler, B.; Graber, G.; Solchleifer, H.; Schäfer, H. G. 2013: Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee
 /2/ IGK6, 2008: Renaturierungseffizienten Bodenseeufer, p. 83, in P. Rey, P. Teiber and M. Huber [eds.]
 /3/ Schaumburg, J.; Schanz, C.; Steiner, D.; Holmann, G. 2008: Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytoenthos. Bayerisches Landesamt für Umwelt
 /4/ van de Weijer, K. 2006: Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie, p. 108, LUA Merkblätter 52, <http://www.lua.uni-wue.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk432/merk432.pdf>

KONTAKT

Dr. Hilmar Hofmann
 Universität Konstanz, Limnologisches Institut,
 Arbeitsgruppe Umweltphysik
 Mainstraße 292
 78464 Konstanz
 Tel.: 07531/883729
 Fax.: 07531/883533
 E-Mail: hilmar.hofmann@uni-konstanz.de
www.limnobiologie.de

Tab. 1 Übersicht zu technischen Fahrzeugen, die beim Gewässermonitoring im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme ReWaM zum Einsatz kommen, Teil 1






Projekt	RiverBoat	Hydrocrawler	Monitoring BOOT
			
Fahrzeug	RiverBoat	Hydrocrawler	Monitoring BOOT
Baujahr	2016	2017	2015
Gewicht	34 kg ohne Kameramodul, 44 kg mit Kameramodul und Multiparametersonde	310 kg (modulare Bauweise, Aufbau am Einsatzort)	7 bis 16 kg
Abmessungen	Länge: 156 cm Breite: 123 cm Höhe ohne Kameramodul: 66 cm (GPS-Antenne mit Verlängerung) Höhe mit Kameramodul: 100 cm	300 cm x 300 cm	140 cm x 80 cm x 30 cm
Ziel	Ganzheitliches Gewässermonitoring betreiben und umfassende Datengrundlage für die wasserwirtschaftliche Praxis schaffen, um Entscheidungsfindung für Maßnahmen zu erleichtern.	hochgenaue Seebodenvermessung, Sedimentstratigraphie, Wasserqualität, Objekterkennung, Identifikation/Klassifizierung und 3D-Rekonstruktion	längskontinuierliche Messung der Morphometrie, Hydrometrie und Wasserqualität modulare Konfiguration und Geräteeinsatz nach Untersuchungsziel und Einsatzbedingungen
Anwendungsbereiche	ganzheitliche Untersuchung gewässer-morphologischer Daten, Gewässerstrukturdaten, Gewässergütedaten und hydrologischer Daten eines Fließgewässers auf kleinen und mittelgroßen Fließgewässern	3D-Messung der Hydro- und Morphodynamik von Binnengewässern Vierlei Anwendung in der Hydrologie, Limnologie, Archäologie und Biologie, zum Beispiel Überwachung der Gewässerqualität, Inspektion von Unterwasserinstallationen, Brückenpfeilern, Sicherheitsraststellungen, Häfen- und Fahrinnenüberwachung, Vermessung und Überwachung von archaischen Unterwasserdenkmälern, Begleitung von Ausgrabungen und anderes mehr	vorrangig kleine und mittlere Fließgewässer (Tiefe 0,35 – 5 m, Breite 5 – 50 m), auch Messungen auf Staudgewässern und größeren Fließgewässern mit eingeschränktem Funktionsumfang sind möglich
Erfasste Parameter	Bootsbewegung in allen 3 Achsen Position des Bootes Gewässertiefe, Sohlstruktur, Sedimentstruktur, Bathymetrie Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, O ₂ -Gehalt, Trübung, Dichte des Wassers, Redoxpotenzial Überwasserstrukturen, Vermessung, Uferbereiche Optional: Fließgeschwindigkeit und Durchfluss (ADCP)	absolut UTM X/Y/Z Sedimentstratigraphie akustisch pH-Wert, Temperatur, Trübung, gelöster Sauerstoff, Leitfähigkeit	Raum-Zeitbezug: Position (Höhe, Lage), Richtung, Beschleunigung, Zeit Morphometrie: Breite, Tiefe, Sohlprofil (längs, quer), Sohlstruktur Hydrometrie: Geschwindigkeit (horizontal, vertikal) Wasserqualität: Nährstoffe (Ammonium, Nitrat, Phosphat), Organik (DOC, TOC, CSB, BSB ₅ , SAK 254), Physiko-Chemie (Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH, Redoxpotenzial, suspendierte Stoffkonzentration, Trübung, photochemisch nutzbare Strahlung), sonstige (Bromid, Kupfer)
Messkonzept	Das Messkonzept unterscheidet sich je nach Aufgabe und Ziel einer Messfahrt. Monitoring zum Beispiel von: Temperaturfahnen und -verläufen nach Einleitungen und in Staubereichen Sedimenttransport Oberflächenstrukturen und Vermessung Messung und Bewertung der chemisch-physikalischen Parameter eines Gewässers Entwicklung von renaturierten Gewässerebenen Bathymetrie-Messung (auch in Flachwasser (Wassertiefen < 50 cm))	Es werden verschiedene Messkonzepte genutzt, insbesondere Sonar (Fächer-Echolot, Sub-Bottom-Profil) und Multiparametersonde.	Erfassung der Parameter über Online-Messung mit einer Messfrequenz von 1 Sekunde bis 15 Minuten. Berechnung von längskontinuierlichen Durchflussprofilen aus Fließgeschwindigkeit und Fließquerschnittsdaten sowie von Frachprofilen aus Durchfluss und Konzentrationsmessung



Bild 5 Vermessung der Sedimentmächtigkeit und Sedimentstruktur mit dem autonom operierenden Messfahrzeug „Hydrocrawler“
 Quelle: Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik

Tab. 1 Übersicht zu technischen Fahrzeugen, die beim Gewässermonitoring im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme ReWaM zum Einsatz kommen, Teil 2

Projekt			
<p>Datenübertragung und -auswertung</p>	<p>ständige Funkverbindung zwischen Messrechner und RiverBoat, so dass die Daten in Echtzeit abgerufen werden können. Der Messrechner dient auch der Programmierung und Überwachung von autonomen Messfahrten auf Basis der GPS Position.</p> <p>Die Datenübertragung der Multi-parametersonde wird über Bluetooth abgewickelt. Über WLAN können die Daten vom bootsinternen Messrechner auf einen externen Rechner übertragen und ausgewertet werden.</p> <p>Zur Auswertung werden eigene Software (photogrammetrische und georeferenzierte 3D-Objektvermessung aus Über- und Unterwasseraufnahmen) und GIS-Anwendungen eingesetzt.</p> <p>Die Daten werden in einer Datenbank gespeichert und in einem eigen entwickelten, auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmten Webportal dargestellt.</p>	<p>Per WLAN-Verbindung werden die Daten zum Messrechner übertragen, direkte Datenauswertung und Übertragung. Zusätzlich besteht ein direkter Zugang zu Onboard-Speichern und Wechselmedien.</p>	<p>Lokale Speicherung und Vorverarbeitung der erhobenen Messdaten in einer zentralen Controller- und Datenmanagementeinheit. Datenübertragung über WLAN und GSM möglich. Die Auswertung und Aufbereitung der Daten erfolgt nachgelagert. Dabei werden auch weitere Kenngrößen (u. a. Eintrags- und Umsatzraten, hydromorphologische Parameter) abgeleitet.</p> <p>Die Messsignale der bis zu 12 modularen Sensoren werden kabelgebunden oder kabellos zu einer zentralen Controller- und Datenmanagementeinheit übertragen. Sie werden lokal gespeichert, vorverarbeitet und mit dem einheitlichen Raum- und Zeitsignal des GPS versehen. Optional können die Daten über WLAN und GSM weitergeleitet werden.</p> <p>Die Auswertung und Aufbereitung der Daten erfolgt nachgelagert.</p>
<p>Besonderheiten</p>	<p>Es handelt sich um einen autonom operierenden Messkatameran mit nur 15 cm Tiefgang. Es können räumlich und zeitlich hochaufgelöste synoptische Daten erfasst werden.</p>	<p>Quadropod-Tragstruktur mit 4 drehbaren Antrieben für besonders hohe Lagestabilität, Manövrierbarkeit und Positionsgenauigkeit. Ausrüstbar ist das Fahrzeug mit Mess-Sensorik (z. B. Probennehmer, tauchende Sensoren, UW-Kameras), hochgenaues 3-fach DGPS-Antennensystem mit RTK.</p>	<p>modularer Aufbau des Messsystems: Auswahl der Sensoren nach Untersuchungsziel und Einsatzbedingungen. Dadurch ist eine große Bandbreite von Gewässern erfassbar. Entwicklung des Messsystems an einem Tiefland- und einem Mittelgebirgsgewässer zur Demonstration der Einsatzbandbreite</p>
<p>Einsatzdauer</p>	<p>Je nach Länge des Flussabschnitts und Aufgabe variierend (wenige Stunden bis zu mehreren Wochen). Die Laufzeit der Akkus des RiverBoats liegt bei ca. 7-10 Stunden.</p>	<p>Abhängig von den Einsatzbedingungen kann der Hydrocrawler bis zu 6 Stunden agieren.</p>	<p>Dauermessungen nach Gerätekonfiguration bis zu 24 Stunden möglich, bei vollständiger Instrumentierung bis zu 8 Stunden.</p>
<p>Kontakt und Ansprechpartner</p>	<p>RWTH Aachen Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft e. V. (FiW) Kackertstraße 15 -17 52056 Aachen Dr. Gesa Kutschera Bereichsleiterin Innovation und Wissenstransfer Tel.: 0241/8027972 E-Mail: kutschera@fiw.rwth-aachen.de</p>	<p>Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) Joseph-von-Fraunhofer-Weg 1 66280 Sulzbach Christian Degel Tel.: 06897/9071370 E-Mail: christian.degel@ibmt.fraunhofer.de</p>	<p>Sensorik und wissenschaftliche Auswertung: Technische Universität Dresden Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft Bergstraße 66 01062 Dresden Stefanie Wiek, Björn Helm und Prof. Dr. Peter Krebs Tel.: 0351/46340544 E-Mail: stefanie.wiek@tu-dresden.de</p> <p>Zentrales Steuerungsmodul und technische Umsetzung: AMC Messtechnik GmbH Heinrich-Lorenz-Straße 54 09120 Chemnitz Dr. Frank Neubert Tel.: 0371/38388-0 E-Mail: frank.neubert@amc-systeme.de</p>