

Möglichkeiten der Fernerkundung für Hydrographie und Gewässerkunde

Björn Baschek | Tobias Brehm

1 Einleitung

Fernerkundung kann großflächig Zustände erfassen, durch wiederholte Beobachtung Veränderungen detektieren und somit wertvolle Informationen für die Erforschung und das Management von Gewässern erzielen. Lange Beobachtungsserien geeigneter Parameter können zur Beobachtung von möglichen Klimafolgen beitragen. Mit der Fernerkundung werden in der Regel für einzelne Punkte nicht dieselben Genauigkeiten erzielt, wie es durch in-situ-Messungen möglich ist oder Ergebnisse liegen z. B. durch gegebene Wiederholraten und durch Bewölkung beeinflusst unregelmäßig und lückenhaft vor. Mögliche Messverfahren beschränken sich zudem auf Eigenschaften, die durch Licht bzw. elektromagnetische Strahlung durch die Atmosphäre übermittelt werden können.

Wesentliche Vorteile der Fernerkundung sind jedoch die – je nach Plattform – mehr oder weniger großflächige und Überblick schaffende Information, die reduzierte Notwendigkeit als Person vor Ort zu sein und der hohe erreichbare Automatisierungsgrad. Die Nutzbarkeit kann durch eine Kombination von Fernerkundung mit in-situ-Daten zur Validierung und Kalibration erhöht werden. Nur sporadisch vorliegende in-situ-Daten können durch Fernerkundungsdaten zeitlich ergänzt werden oder es kann auf Basis der Fernerkundungsdaten entschieden werden, wann es sich lohnt in-situ-Daten zu erheben.

Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die vielfältigen Anwendungsbereiche und Möglichkeiten der Fernerkundung für Hydrographie und Gewässerkunde zu geben (Kap. 2) und auf einzelne Beispiele exemplarisch einzugehen (Kap. 4). Hierbei werden verschiedene Plattformen mit ihren Vor- und Nachteilen berücksichtigt und mögliche Datenquellen aufgezeigt (Kap. 3).

2 Anwendungsbereiche

Bestimmbare Parameter und Anwendungsbereiche der Fernerkundung für Hydrographie und Gewässerkunde lassen sich auf verschiedene Art und Weisen aufteilen. In [Tab. 1](#) werden Beispiele aufgelistet, die nicht nur Potenzial bieten, sondern zu denen aktuelle FuE-Aktivitäten bis hin zu Anwendungen bekannt

Tab. 1: Beispielhafte, mit Hilfe von Fernerkundung (plattformabhängig) bestimmbare Parameter und Anwendungsbereiche der Fernerkundung für Hydrographie und Gewässerkunde

Gewässer	Uferbereiche und Bauwerke	Einzugsgebiete
<p>Gewässergüteparameter (Temperatur, Trübung, Chlorophyll-a, etc.) z. B. zur Beurteilung des Gewässerzustandes, Sediment- und Baggergutmanagements oder zur Warnung bei Entwicklungen von Cyanobakterien in Badegewässern.</p>	<p>Monitoring von Vegetation und Hydromorphologie zur Erfassung von Zustand und Veränderung z. B. als Beitrag zur Beurteilung von Entwicklungsmaßnahmen an Gewässern.</p>	<p>Großflächige hydrologisch relevante Parameter (Eis- und Schneebedeckung, Bodenfeuchte, Niederschlag) z. B. zur Validierung oder für die Assimilation in numerische, hydrologische Modelle.</p>
<p>Monitoring von Verschmutzungen durch Öl, andere flüchtige Chemikalien oder Makroplastik z. B. zur Untersuchung von Quellen, Verbreitung und Einleitung von Gegenmaßnahmen.</p>	<p>Erstellung von digitalen Geländemodellen als Basisinformation für vielfältige weitergehende Auswertungen.</p>	<p>Für Einzugsgebiete gibt es eine Vielzahl weiterer Parameter, wie z. B. Landnutzung, Landbedeckung, Geländemodelle, Bodenbewegung, die auch ohne Gewässerbezug verwendet werden – aber zudem für die Betrachtung von Einzugsgebieten relevant sind.</p>
<p>Geometrische Information zur Ausdehnung von Gewässern z. B. bei Extremereignissen, Wasserspiegellagen/Meeresoberfläche und aus „optisch“ flachen Gewässern Tiefeninformation.</p>	<p>Monitoring von Zustand und Veränderung von Bauwerken und Bodenbewegungen.</p>	
<p>Informationen zu Strömungsmustern und zur Querdurchmischung von Fließgewässern.</p>		

sind. Hierbei sind nicht alle Parameter sinnvoll mit Satellitendaten zu erfassen. Zum Teil müssen höher auflösende Daten anderer Fernerkundungsplattformen wie beispielsweise Flugzeugen oder Drohnen zum Einsatz kommen. Die Parameter in der Tabelle lassen sich in die drei Kategorien aufteilen, je nachdem, ob sie primär dem Wasserkörper, den Uferbereichen und Bauwerken oder auch ganzen hydrologischen Einzugsgebieten zuzuordnen sind. Mehrere Ansätze werden z. B. bei Carbonneau und Piégay (2012) beschrieben. Für beabsichtigte Anwendungen ist generell ein Abgleich zwischen Anforderungen und technischen Möglichkeiten notwendig, wo Genauigkeit des Parameters, zeitliche- und räumliche Auflösung (Datenlücken durch Wolken!), Kosten, relevanter Tiefenbereich usw. berücksichtigt werden sollten (Baschek et al. 2018a).

3 Fernerkundungsdatenquellen

3.1 Satellitendaten und -dienste

Das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus bietet mit dem Start des ersten Sentinel-Satelliten im Jahre 2014 (CODE-DE 2022) einen Meilenstein für die Verfügbarkeit von Satellitendaten. Gerade die kostenlose Bereitstellung und die angelegte langfristige Kontinuität boten im Gegensatz zu Forschungsmissionen eine wesentliche Voraussetzung für den Schritt aus der Forschungslandschaft zu vermehrten Nutzungsansätzen bei Behörden. Für den marinen Bereich gibt es einen eigenen Copernicus-Dienst (Copernicus CMEMS 2022) mit entsprechenden Produkten. Für den Binnenbereich dagegen standen eingangs vor allem die Daten im Vordergrund woraus Forschung, Behörden oder private Anbieter Anwendungen generierten und erprobten. Heute gibt es ein sich erweiterndes Angebot über mehrere Copernicus-Dienste verteilt. Exemplarisch seien hierbei genannt:

- Globale Wasserqualitätsdaten für Seen über den Landdienst (Copernicus CGLOPS 2022)
- Hochwasserinformationen über den Emergency Management Dienst (Copernicus EMS 2022) mit einer neuen kontinuierlichen globalen Überflutungsüberwachung (Copernicus GFM 2022)
- Bodenfeuchte im Klimadienst (Copernicus C3S 2022)
- Monitoring von Küstenzonen als Zusammenarbeit von Landdienst und marinem Dienst (Copernicus CLMS Küste 2022)
- Meeresumweltüberwachungsdienst (Copernicus CMEMS 2022)

Die jeweiligen Seiten bieten hierbei Datenzugriff und ergänzende Informationen z. B. zur Validierung. Parallel gibt es Datenzugriffs- und Automatisierungs-

und Auswertemöglichkeiten u. a. über die nationale Cloud-Plattform CODE-DE (CODE-DE 2022) oder die DIAS-Plattformen (Copernicus DIAS 2022).

3.2 Drohnen

Neben „klassischen“ Befliegungen durch Flugzeuge hat sich in den letzten Jahren vor allem Verfügbarkeit und Möglichkeiten von UAS (unmanned aircraft system) bzw. Drohnen stark entwickelt. Neuere europäische Regelungen und deren nationale Umsetzungen schaffen hier einen Rahmen, der für Einsatzszenarien mit geringerem Risiko den Genehmigungsaufwand reduziert und bei Beachtung der Rahmenbedingungen (z. B. Fähigkeitsnachweise, Abstände zu Personen und besonderen geographischen Gebieten, Gewichte der Drohnen) in der „offenen“ Kategorie bestimmte Szenarien genehmigungsfrei macht (DIPUL 2022). Im Vergleich zu Satelliten lassen sich Drohnen zwar mit geringerer Abdeckung, aber gezielter, zu variablen Zeitpunkten, auch unter Wolken und mit höherer räumlicher Auflösungen einsetzen. Dank der fortschreitenden Entwicklung und Miniaturisierung ist inzwischen eine Vielzahl von Sensorik für Drohnen verfügbar.

4 Anwendungsbeispiele

Als mögliche konkrete Anwendungen für Fernerkundungsdaten werden hier zwei Beispiele dargelegt. Das eine zeigt den Einsatz von großflächigen Trübungsdaten und das andere die Anwendung und Klassifikation von Uferbereichen basierend auf UAS-Daten.

4.1 Trübungsmonitoring per Satellit

Um die Schwebstoffverteilung und auch -frachten in Gewässern zu untersuchen, werden in-situ-Messungen der Gewässertrübung durchgeführt. Möglich sind hierbei dauerhafte Messungen, die aber nur die Verhältnisse an einem Punkt im Gewässer erfassen. *Abb. 1* zeigt beispielhaft – oberflächennahe – Trübungswerte, die mit Hilfe von Satelliten nun für bestimmte Zeitpunkte flächenhaft vorliegen. Die Trübung eines Gewässers ist sehr variabel. In der Abbildung ist beispielhaft zu sehen, dass das Wasser der Mosel zum Aufnahmezeitpunkt deutlich trüber als das Wasser des Rheins ist. Für quantitative Aussagen wurde eine Kalibration mit in-situ-Daten (Trübung in FNU – Formazin Nephelometric Units) durchgeführt. Für eine hohe Datenqualität ist neben einer mit Gewässern gekoppelten Atmosphärenkorrektur eine sorgfältige Filterung der Daten notwendig, um

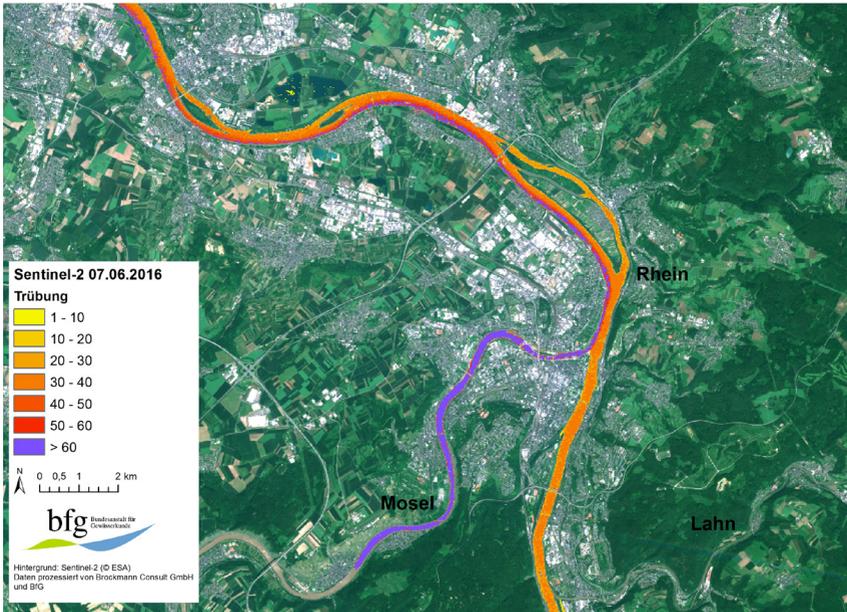


Abb. 1: Kalibrierte Trübungsdaten im Mündungsgebiet von Mosel und Rhein. Prozessierung von BfG und Brockmann Consult auf Basis von Sentinel-2-Daten (© ESA) aus dem Juni 2016 (© BfG).

z. B. Wolkenschatten oder Flachwasserbereiche zu entfernen (siehe auch Baschek et al. 2018b, Mishra et al. 2017).

4.2 Klassifikation von Uferandbereichen mit dem UAS

Ein nachhaltiges Gewässermanagement sowie die Umsetzung ökologischer Renaturierungs- und Entwicklungsmaßnahmen setzen eine regelmäßige Erfassung von Vegetation, hydromorphologischen Substraten und Strukturen voraus. Drohnen und Gyrokopter mit multispektraler Sensorik bieten das Potenzial, selbst in schwer zugänglichen Gebieten, zeitlich und räumlich hochauflösende Daten zu sammeln. Im Verbundprojekt mDRONES4rivers (2022; mFUND, FKZ 19F2054A) wurden Verfahren zur automatisierten Klassifikation von Bauseinheiten, Vegetationseinheiten, Dominanzbeständen und Substrattypen sowie Strukturen und standardisierte Aufnahme- und Verarbeitungsverfahren für Luftbilddaten entwickelt (Rommel et al. 2022). Hierbei kamen Methoden des maschinellen Lernens zum Einsatz. Die erzielten Ergebnisse ermöglichen in Zukunft die Ergänzung, Optimierung und ggf. auch eine Reduzierung klassischer

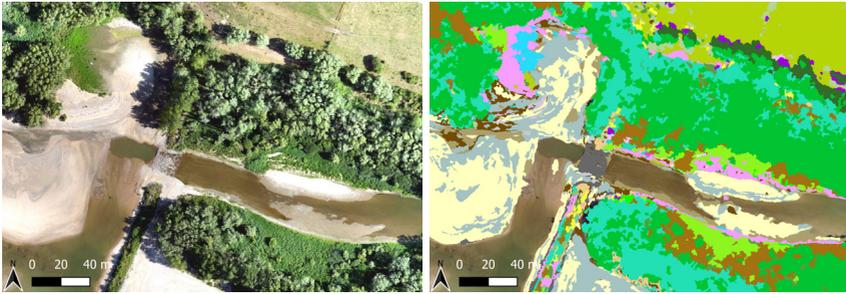


Abb. 2: Drohnenaufnahme (© GEOCOPTIX GmbH, mDRONES4rivers) und Klassifikation von Vegetation und Substrattypen

Felderhebungen. Gleichzeitig können räumlich detaillierte Informationen über Ökosysteme an Bundeswasserstraßen generiert und visualisiert werden (Abb. 2).

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde deutlich, dass Fernerkundung für die Erhebung und Verwendung einer Vielzahl von gewässerrelevanten Parametern einen Mehrwert liefern kann. Zukünftig wird sich das synergetische Gesamtbild aus in-situ-Messungen, Fernerkundung und – als drittes Element – numerische Modelle noch vereinheitlichen und zu einem verbesserten Systemverständnis beitragen. Neuere Sensoren und anwendungsorientierte, kombinierte Produkte werden die Angebotsseite erhöhen und Produkte z. B. zur Wasserqualität könnten verstärkt in die Umweltberichterstattung einfließen.

Literatur

- Baschek, B., Fricke, H., Dörnhöfer, K., Oppelt, N. (2018a): Grundlagen und Möglichkeiten der passiven Fernerkundung von Binnengewässern. In: Handbuch angewandte Limnologie, Wiley-VCH. DOI: [10.1002/9783527678488.hbla2018001](https://doi.org/10.1002/9783527678488.hbla2018001).
- Baschek, B., Brehm, T., Winterscheid, A. (2018b): Satellitenunterstützung für das Trübungsmonitoring an Bundeswasserstraßen. In: Ehlert, I., Schweitzer, C. (Hrsg.): Copernicus für das Umweltmonitoring. www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/_Anlagen/Downloads/Meer_und_Umwelt/Weitere_Publikationen/Copernicus-fuer-das-Umweltmonitoring.pdf.
- Carbonneau, P., Piégay, H. (2012): Fluvial Remote Sensing for Science and Management, Wiley-Backwell.
- CODE-DE (2022): <https://code-de.org/de/>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus (2022): <https://www.d-copernicus.de/>, letzter Zugriff 04/2022.

- Copernicus C3S (2022): <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-soil-moisture?tab=overview>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus CGLOPS (2022): <https://land.copernicus.eu/global/products/wb>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus CLMS (2022): <https://land.copernicus.eu/global/products/wb>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus CLMS Küste (2022): <https://land.copernicus.eu/local/coastal-zones>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus CMEMS (2022): <https://marine.copernicus.eu/de>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus DIAS (2022): www.copernicus.eu/de/datenzugriff/dias, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus EMS (2022): <https://emergency.copernicus.eu/>, letzter Zugriff 04/2022.
- Copernicus GFM (2022): www.globalfloods.eu/technical-information/glofas-gfm/, letzter Zugriff 04/2022.
- DIPUL (2022): www.dipul.de/homepage/de/informationen/kategorisierung-des-drohn-enbetriebs/unterscheidung-der-betriebskategorien/, letzter Zugriff 04/2022.
- mDRONES4rivers (2022): www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/mdrone4rivers.html, letzter Zugriff 04/2022.
- Mishra, D. R., Ogashawara, I., Gitelson, A. A. (2017): Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters, Elsevier.
- Rommel, E., Giese, L., Fricke, K., Kathöfer, F., Heuner, M., Mölter, T., Deffert, P., Asgari, M., Näthe, P., Dzunic, F., Rock, G., Bongartz, J., Burkart, A., Quick, I., Schröder, U., Baschek, B. (2022): Very High-Resolution Imagery and Machine Learning for Detailed Mapping of Riparian Vegetation and Substrate Types. In: Remote Sens. 2022, 14, 954. DOI: [10.3390/rs14040954](https://doi.org/10.3390/rs14040954).

Kontakt

Dr. Björn Baschek
Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG
Am Mainzer Tor, 56068 Koblenz
baschek@bafg.de