



Grundwasserdaten: Zugänglichkeit, Anforderungen und Potenziale für Forschung, Praxis und Gesellschaft

Wiebke Warner¹ · Christian Moeck² · Ezra Haaf³ · Tanja Liesch⁴ · Pia Ebeling⁵ · Stefan Broda⁶ · Stephan Schulz⁷

Angenommen: 23. Juni 2025
© The Author(s) 2025

Die zunehmende Komplexität und Vernetzung wasserwirtschaftlicher Herausforderungen erfordert fundierte Analysen auf unterschiedlichen Skalen und geeignete Maßnahmen für ganzheitliche Lösungsansätze. Hydrogeologische Modellierungen – sei es durch prozessbasierte Modelle von einfachen konzeptionellen Ansätzen bis hin zu gekoppelten numerischen Verfahren oder statistischen Methoden wie dem maschinellen Lernen – sind essenzielle Bausteine eines zukunftsfähigen Wassermanagements. Der rasante Fortschritt moderner Technologien in den Bereichen Data Science und maschinelles Lernen eröffnet dabei neue Möglichkeiten, um diesen komplexen Herausforderungen zu begegnen.

Deutschland gilt als Land mit hoher Datendichte, da über Jahrzehnte hinweg umfangreiche hydro(geo)logische Daten erhoben und in den letzten Jahren verstärkt über Online-Plattformen öffentlich zugänglich gemacht wurden. Die Open-Data-Strategie des Bundes sowie die europäische INSPIRE-Direktive verpflichten Behörden zur Bereit-

stellung dieser Daten und fördern zugleich die Digitalisierung. Solche umfangreichen Datensätze ermöglichen das Training datengetriebener Modelle, wodurch deren Anwendungsbereich erheblich erweitert wird, beispielsweise für Prognosen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt oder auf Stoffumsätze und -verteilungen. Offene Datensätze haben sich bereits als wertvolle Ressource für die hydrogeologische Forschung erwiesen. Die Suche, der Zugang und die Nutzung wasserbezogener Daten wurden in den vergangenen Jahren erheblich erleichtert, was den wissenschaftlichen Fortschritt beschleunigt hat. Dennoch bleibt die manuelle Beschaffung, Aufbereitung und Homogenisierung dieser Datensätze zeitaufwendig. Die föderale Struktur Deutschlands stellt eine zusätzliche Herausforderung dar. Aufgrund der verteilten Zuständigkeiten und heterogenen Messnetze bleiben Daten oft unübersichtlich, sodass große Teile ihres Potenzials ungenutzt bleiben. Jedes Bundesland betreibt eigene Informationsdienste und Plattformen, die sich in Verfügbarkeit

✉ Wiebke Warner
wiebke.warner@ruhr-uni-bochum.de

Christian Moeck
christian.moeck@eawag.ch

Ezra Haaf
ezra.haaf@chalmers.se

Tanja Liesch
tanja.liesch@kit.edu

Pia Ebeling
pia.ebeling@ufz.de

Stefan Broda
stefan.broda@bgr.de

Stephan Schulz
schulz@geo.tu-darmstadt.de

¹ Fakultät für Geowissenschaften, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Abt. Hydro- und Umweltgeologie, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

² Eawag, Department Wasserressourcen und Trinkwasser, Schweiz & Schweizer Grundwasser Netzwerk (CH-GNet), Dübendorf, Schweiz

³ Department of Architecture and Civil Engineering, Geology and Geotechnics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden

⁴ Institut für Angewandte Geowissenschaften, Professur für Hydrogeologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

⁵ Department Hydrogeologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Leipzig, Deutschland

⁶ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin, Deutschland

⁷ Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

und Struktur der Daten teils erheblich unterscheiden. Diese Vielfalt ist zum Teil historisch gewachsen, zum Teil Resultat unterschiedlicher wasserwirtschaftlicher Zuständigkeiten, regionaler Prioritäten und gesetzlicher Rahmenbedingungen. Zusätzlich beeinflussen technische Entwicklungen, finanzielle Mittel und institutionelle Strukturen die heterogene Landschaft der Datensysteme. Während diese dezentrale Struktur flexible, regional angepasste Lösungen ermöglicht, erschwert sie gleichzeitig den überregionalen Zugang, die Vergleichbarkeit sowie die Integration der Daten in übergeordnete Forschungs- und Managementansätze. Manche Plattformen bieten automatisierte, maschinenlesbare Schnittstellen, während andere nur manuelle Downloads ermöglichen oder gar eine Datenanfrage erfordern. Auch die Nutzungslizenzen variieren stark, was für Forschende und andere Akteure eine weitere Herausforderung darstellt. Die uneinheitliche Erfassung von Metadaten, wie beispielsweise zu Messstellenausbau oder Probennahme, erschwert zusätzlich die Vergleichbarkeit und Nutzung der Daten.

Ein weiteres Hindernis ist die Digitalisierung von bislang nur als „graue Literatur“ vorliegenden Daten, die noch nicht regulär veröffentlicht wurden. Zudem ist die regionale Verteilung der Messstellen in Deutschland uneinheitlich. So richtet sich die zeitliche und räumliche Dichte von Messwerten in der Regel nach der Nutzung der Wasserressourcen und deren Gefährdung. Obwohl das natürlich zunächst einmal ein sinnvolles Vorgehen ist, kann dies insbesondere bei großskaligen Prognosen zu Verzerrungen und Fehleinschätzungen führen. Standardisierte, zugängliche und kostenfreie Daten könnten den Forschungsprozess erheblich erleichtern und diese Prognoseunsicherheiten reduzieren. Außerdem würde eine bessere Übersicht über die zeitliche und räumliche Datenverteilung in Deutschland helfen, Prioritäten zu setzen und gezielt bestehende Datenlücken zu schließen. Frei verfügbare, digitalisierte Datensätze mit umfassenden und einheitlichen Metadaten sind essenziell, um die Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte im Bereich Grundwasserforschung und -management zu bewältigen. Darüber hinaus sind interdisziplinäre Kooperationen notwendig, um die Wasserversorgungssicherheit sowie den Schutz von Ökosystemen im Sinne der Nationalen Wasserstrategie langfristig zu gewährleisten. Der Austausch und die gemeinsame Nutzung von Daten mit anderen Fachdisziplinen sind entscheidend, um den Wasserhaushalt sowie Umweltsysteme in ihrer gesamten Komplexität besser zu verstehen und so neue Erkenntnisse für die nachhaltige Nutzung zu gewinnen. Offene, einfach zugängliche Datensätze spielen dabei eine Schlüsselrolle.

Neben der Bereitstellung der Daten stellt auch deren Validierung und Qualitätssicherung eine große Herausforderung dar. So sollten veröffentlichte Daten den definierten Qualitätsstandards entsprechen und eventuelle Abweichun-

gen dokumentiert sein. Gleichzeitig müssen auch Schutzaspekte berücksichtigt werden. Kritische Infrastrukturen dürfen durch eine allzu offene Datenverfügbarkeit nicht gefährdet werden. Zudem bestehen Vorbehalte bei den datenliefernden Institutionen, die besorgt darüber sind, wie ihre Daten nach der Veröffentlichung genutzt werden. Diese Bedenken müssen ernst genommen werden, sowohl durch eine verbesserte Wissenschaftskommunikation als auch durch den Dialog mit den verschiedenen Interessenvertretern und Entscheidungsträgern. Eine differenzierte Kosten-Nutzen-Abwägung könnte helfen, vorrangig jene Datensätze aufzubereiten und öffentlich zugänglich zu machen, die für die meisten Forschenden von Bedeutung sind und gleichzeitig dazu beitragen, bestehende Datenlücken zu schließen. Langfristig könnten Messnetze so optimiert werden, dass sie eine möglichst hohe Dichte an relevanten und belastbaren Informationen liefern und damit einen wertvollen Beitrag zu einem nachhaltigen und klimaresilienten Wassermanagement leisten.

Wenn offene Datenstrategien mit einer konsequenten Qualitätssicherung und einer besseren Abstimmung zwischen den relevanten Akteuren kombiniert werden, entsteht eine Win-Win-Situation:

- Die *Wissenschaft* erhält zusätzliche belastbare Datensätze für innovative Forschung.
- *Behörden*, sowie *Dienstleister* können durch modernes Datenmanagement interne Ressourcen effizienter nutzen und datenbasierte Entscheidungen schneller treffen.
- Die *Gesellschaft* profitiert von frei zugänglichen Umweltinformationen sowie einer nachhaltig gesicherten Wasserverfügbarkeit und besseren Prognosen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.