



Nachhaltige Grundwasser- Bewirtschaftung

Vorstellung der
Verbundprojekte

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung



Wasser: N
SCHUTZ. NUTZUNG. INNOVATION.

HERAUSGEBER:

DECHEMA e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ (LURCH):

Beim BMBF:
Hr. Eduard Schneider
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 726 „Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung“
53170 Bonn

Beim Projektträger:
Dr. Anna Ender
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

EDITOR:

Vernetzungs- und Transfervorhaben LURCHplus der BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ (LURCH)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:

Dr. Thomas Track
DECHEMA e.V.
Tel.: 069 7564-427
Fax: 069 7564-117

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Förderkennzeichen: 02WG1661

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren der einzelnen Beiträge.
Die Broschüre ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt.

Erschienen im Mai 2023
zur Auftaktveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ (LURCH)

Bildnachweise:

Titelbild: © Bildcollage Titelseite: Bildteile v.l. © TimHill - pixabay.com; © analogicus - pixabay.com;
Seite 4: © Hessenwasser

Hintergrund und Ziele	4
Struktur der Fördermaßnahme	5
Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte	6
Themenfeld Grundwasserqualität	
iMolch: Nachhaltige Wassermanagement-Konzepte für Deutschland mithilfe innovativer Monitoring-Strategien	8
gwTriade: Ökologisches und ökotoxikologisches Grundwasserqualitätsmonitoring auf Basis eines integrativen Triade-Ansatzes	10
NitratLurch: Stimulation von H ₂ /CH ₄ oxidierenden Bakterien in Porengrundwasserleitern zur Reinigung von nitratbelastetem Trink- und Brauchwasser	12
PFClean: Innovatives modulares System zur nachhaltigen Reduzierung von PFAS-Kontaminanten aus Boden und Grundwasser	14
Themenfeld Grundwasserquantität	
GW_4.0: Klimaangepasste Grundwasserbewirtschaftung durch Echtzeit-Planungs-Tools und modellbasierte Zukunftsszenarien	16
KIMoDIs: KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung	18
Themenfeld nachhaltige Bewirtschaftung	
StressRes: Monitoring und Modellsystem zur Beurteilung von Stress auf Grundwasserressourcen und Trinkwassermanagement	20
CHARMANT: Charakterisierung, Bewertung und Management von urbanen Grundwasserleitern	22
WaRM: Nachhaltige, flexible Grundwasserbewirtschaftung in Ballungszentren auf Basis eines Wassersystemmodells am Beispiel der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main - Modellierung, Maßnahmen, Governance	24
IsoGW: Grundwasser Isoscapes für Deutschland: Wasserisotope als innovatives Werkzeug für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung	26

Hintergrund und Ziele

Wasser ist Leben und der Schlüssel für eine nachhaltige Entwicklung. Doch internationale Studien zeigen, dass bereits eine Vielzahl von Regionen weltweit von Wasserstress betroffen sind. In verschiedenen Regionen Deutschlands, vor allem in Bayern und Mitteldeutschland, ist bereits seit zwei Jahrzehnten ein Absinken des Grundwasserspiegels erkennbar. Selbst der nasse März diesen Jahres konnte die Dürre der letzten vier Jahre nicht ausgleichen. Böden trocknen aus, Flusspegel sinken ab, und der Grundwasserstand geht deutlich zurück.

Die gute Wasserqualität des Grundwassers hängt von einem intakten Ökosystem und dessen Reinigungsfunktion ab. Leider wird der Zustand der Grundwassersysteme in Deutschland durch zunehmende Nutzungskonkurrenzen und -konflikte beeinträchtigt. Beispielsweise bedrohen Schadstoffeinträge und Übernutzung die Qualität des Grundwassers und damit auch die Gesundheit von Mensch und Natur.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ (LURCH) auf den Weg gebracht. Ziel der Fördermaßnahme ist es, die nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung in Deutschland zu sichern.

Die Verbundprojekte der Fördermaßnahme LURCH adressieren dabei drei Themenfelder:

- 1) **Quantitative Herausforderungen**, zum Erhalten eines integrierten Systemverständnisses der Grundwasserleiter unter Einbeziehung aller beeinflussenden natürlichen Schnittstellen (Oberflächengewässer, Grundwasserneubildung, saline Wässer, ...) und aller Akteure/Funktionen (Trinkwasserversorgung, Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Wärme-/Kältespeicher, Ökosystemfunktionen)
- 2) **Qualitative Herausforderungen**, z.B. stofflich (Nitrat, relevante Schadstoffe, Spurenstoffe, Krankheitserreger, künftige regulatorische Qualitätsparameter), analytisch (z.B. Non-Target Analytik, Indikatoren), technologisch (z.B. in-situ Behandlung, Überwachung)
- 3) **Herausforderungen der nachhaltigen Bewirtschaftung**, multidimensionale und integrierte Bewirtschaftungsstrategien (z.B. Grundwasseranreicherung), wirtschaftliche Anforderungen (z.B. Investitions-/Betriebskosten) und Digitalisierungsmaßnahmen.

Die Projekte verfolgen integrierte Ansätze, die sich am Bedarf der Praxis orientieren und eine hohe Beteiligung von Unternehmen, Verbänden und Behörden aufweisen. Der Praxistransfer wird durch eine Multi-Kanal-Strategie erreicht, die eine Einbindung von Stakeholdern aus Wirtschaft, Wasserbehörden und anderen Einrichtungen der Kommunen und Länder ermöglicht, und durch Fachveranstaltungen, Netzwerke, Ergebnismaterialien und Weiterbildungsmaßnahmen umgesetzt wird.

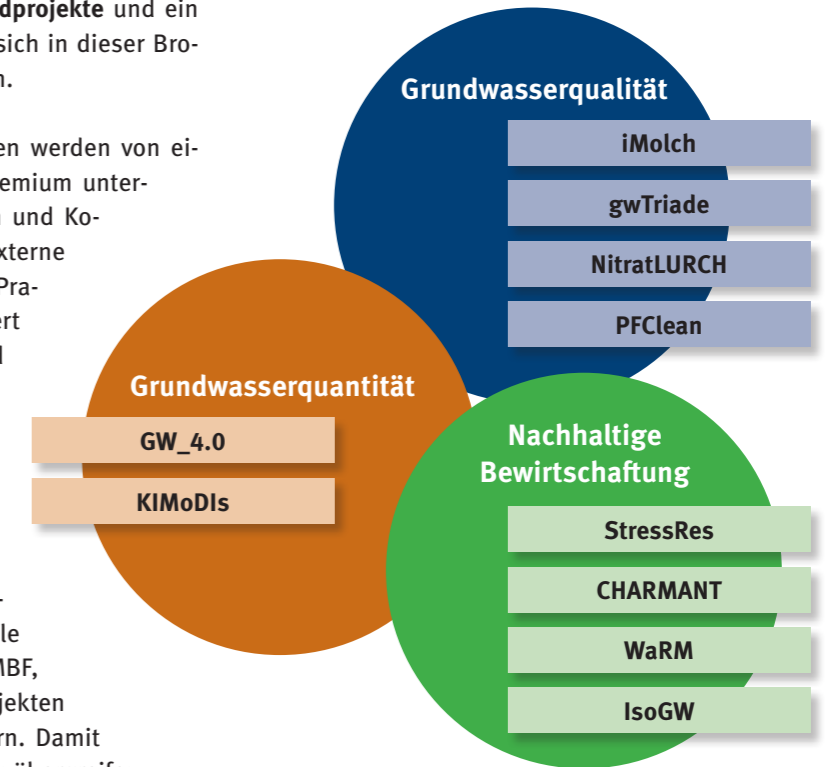


Struktur der Fördermaßnahme

Das BMBF fördert im Rahmen von LURCH „Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ 10 **Verbundprojekte** und ein Vernetzungs- und Transfervorhaben, die sich in dieser Broschüre der Auftaktveranstaltung vorstellen.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden von einem **Lenkungskreis** als begleitendem Gremium unterstützt, dem neben den Koordinatorinnen und Koordinatoren der Verbundprojekte auch externe Fachleute aus der wasserwirtschaftlichen Praxis angehören. Der Lenkungskreis fungiert als Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis und dient dem direkten Wissens- und Informationsaustausch.

Die Fördermaßnahme LURCH wird durch ein **Vernetzungs- und Transfervorhaben** (LURCHplus) unterstützt, das allen Akteuren bei der Abwicklung der Fördermaßnahme zur Seite steht. Als zentrale Schnittstelle soll LURCHplus den Dialog zwischen BMBF, dem Lenkungskreis und den Verbundprojekten sowie mit der (Fach-)Öffentlichkeit fördern. Damit dient LURCHplus insbesondere der themenübergreifenden Vernetzung der Verbundprojekte (intern und extern) und unterstützt den Ergebnistransfer zwischen den Projekten und in die Praxis (national – europäisch – international). Für das Vernetzungs- und Transfervorhaben LURCHplus ist die DECHEMA e.V. verantwortlich.



Kontakt Vernetzungs- und Transfervorhaben:

Dr. Thomas Track
E-Mail: thomas.track@dechema.de

Dr. Christina Jungfer
E-Mail: christina.jungfer@dechema.de

M.Sc. Sarah Fieger
E-Mail: sarah.fieger@dechema.de



Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte

Übersicht der Verbundprojekte der Fördermaßnahme Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung (LURCH)



- 1 CHARMANT:** Charakterisierung, Bewertung und Management von urbanen Grundwasserleitern
Verbundkoordination: Dr. Kathrin Menberg, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften, Arbeitsgruppe Ingenieurgeologie, Berlin
- 2 gwTriade:** Ökologisches und ökotoxikologisches Grundwasserqualitätsmonitoring auf Basis eines integrativen Triade Ansatzes
Verbundkoordination: Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Abteilung für Evolutionsökologie und Umwelttoxikologie (E3T), Frankfurt
- 3 GW_4.0:** Klimaangepasste Grundwasserbewirtschaftung durch Echtzeit Planungs Tools und modellbasierte Zukunftsszenarien
Verbundkoordination: Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka, Eberhard Karls Universität Tübingen, Fachbereich Geowissenschaften, Geo- und Umweltforschungszentrum, Arbeitsgruppe Hydrogeologie, Tübingen
- 4 iMolch:** Nachhaltige Wassermanagement-Konzepte für Deutschland mithilfe innovativer Monitoring-Strategien
Verbundkoordination: Prof. Dr. Tobias Licha, Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie, und Geophysik, Arbeitsgruppe Hydrogeochemie, Bochum
- 5 IsoGW:** Grundwasser Isoscapes für Deutschland Wasserisotope als innovatives Werkzeug für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung
Verbundkoordination: PD Dr. Robert van Geldern, Friedrich Alexander Universität Erlangen Nürnberg (FAU) Geozentrum Nordbayern (GZN), Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Erlangen
- 6 KiMoDis:** KI basiertes Monitoring-, Datenmanagement und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung
Verbundkoordination: Dr. Stefan Broda, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin
- 7 NitratLurch:** Stimulation von H_2/CH_4 oxidierenden Bakterien in Porengrundwasserleitern zur Reinigung von nitratbelastetem Trink und Brauchwasser
Verbundkoordination: Prof. Dr. Florian Einsiedl, Technische Universität München (TUM), Ingenieurfaculty Bau Geo Umwelt, Arbeitsgruppe Hydrogeologie, München
- 8 PFClean:** Innovatives modulares System zur nachhaltigen Reduzierung von PFAS Kontaminanten aus Boden und Grundwasser
Verbundkoordination: PD Dr. Claus Haslauer, Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS), Stuttgart
- 9 StressRes:** Monitoring und Modellsystem zur Beurteilung von Stress auf Grundwasserressourcen und Trinkwassermanagement
Verbundkoordination: Prof. Dr. Kerstin Stahl, Albert Ludwigs Universität Freiburg, Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften, Professur für Umwelt-hydrosysteme, Freiburg
- 10 WaRM:** Nachhaltige, flexible Grundwasserbewirtschaftung in Ballungszentren auf Basis eines Wassersystemmodells am Beispiel der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main Modellierung, Maßnahmen, Governance
Verbundkoordination: Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

iMolch

Nachhaltige Wassermanagement-Konzepte für Deutschland mithilfe innovativer Monitoring-Strategien

KURZBESCHREIBUNG

Trotz des ausreichenden Wasserdargebots herrscht in Deutschland durch den hohen Wassernutzungsgrad ein fast flächendeckender Optimierungsbedarf der Grundwassernutzung. Die Bewirtschaftungspraxis von Grundwasserleitern muss daher effizienter gestaltet werden. Ziel des beantragten Vorhabens ist es, durch die Entwicklung und Nutzung innovativer Prozess- und Quellindikatoren sowie reaktiver Stofftransportmodelle eine umfassende Zustandsbeschreibung ausgesuchter Grundwasserkörper im Hinblick auf Wasserqualität, Wassermenge und ökologischen Zustand zu erstellen. Basierend auf dem Monitoring werden konzeptionelle und numerische Prognosemodelle erstellt, die die Entwicklung der Grundwasserqualität und dessen ökologischen Zustands beschreiben und bewerten sollen.

Das Konzept zur Umsetzung einer nachhaltigen Nutzung von Grundwasserressourcen lässt sich im Vorhaben iMolch in drei Themenfelder gliedern: (1) Entwicklung innovativer Monitoringwerkzeuge basierend auf Indikatoren zur Lokalisierung von Schadstoffquellen und der Bestimmung relevanter biogeochemischer Prozesse im Untergrund, sowie der Ausarbeitung von Szenarien hinsichtlich Klima, Nutzung und Bedarf. (2) Entwicklung von konzeptionellen und numerischen Modellen zur räumlichen und zeitlichen Verteilung von Schadstoffen im Untergrund und zur Prognose zukünftiger Wasserqualität und -menge und (3) Entwicklung von Handlungsstrategien der Grundwasserbewirtschaftung und Wissenschaftskommunikation insbesondere unter dem Aspekt aktueller und zukünftiger Spannungsfelder der Wassernutzung.

ZIELE

Ziel ist es, durch die Entwicklung und Nutzung innovativer Prozess- und Quellindikatoren sowie reaktiver Stofftransportmodelle eine umfassende Zustandsbeschreibung ausgesuchter Grundwasserkörper im Hinblick auf Wasserqualität, Wassermenge und ökologischen Zustand zu erstellen. Darauf aufbauend werden konzeptionelle und numerische Prognosemodelle erstellt, die die langfristige Entwicklung der Qualität und des ökologischen Zustands des Grundwassers beschreiben sollen.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Es soll ein integratives Indikatorenkonzept für Wasserqualität und -quantität hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Pro-



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Prof. Dr. Tobias Licha
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie, und Geophysik, Arbeitsgruppe Hydrogeochemie
IA5/169 Universitätsstraße 150, 44801 Bochum
E-Mail: tobias.lich@rub.de

Verbundpartner

Grundwasser-Consulting-Institut GmbH (GFI), Dresden
Stadtwerke Düsseldorf AG
Technische Universität Bergakademie Freiberg
Technische Universität Berlin
Universität Duisburg-Essen

gnosen entwickelt werden. Dazu werden unterschiedliche Wasserqualitätswerte (org. Spurenstoffe aus hot-target und non-target Screening, biologische Güteparameter, ausgewählte Spurenelemente, hydrogeologische Kennwerte usw.) miteinander verknüpft und in ein Konzept zur Bewertung von Wasserqualität und -quantität überführt. Aus den erfassten Stoffen können Eintragsquellen und -funktionen sowie die transportbestimmenden Prozesse identifiziert werden. Durch Vor-Ort-Geländebegehungen und die Zusammenarbeit mit Wasserversorgern und Behörden können dann potenzielle Eintragsquellen am Teststandort lokalisiert und möglicherweise Einträge reduziert werden. Für die ökologische Bewertung des Grundwassers soll in diesem Projekt reverse isotope labelling (RIL) als eine neue Methode getestet werden, die die zwei wichtigsten Parameter für die Erfassung von Störungen des Grundwassers (die mikrobielle Aktivität und die Abbaubarkeit des biologisch verfügbaren DOCs (BDOC)), direkt und quantitativ als CO₂-Entwicklung misst.

Zur quantitativen Nutzung und Einbindung des Indikator-konzepts in wasserwirtschaftliche Prognosemodelle wird ein grundlegendes System- und Prozessverständnis für die hydrogeologisch-geochemische Situation erarbeitet, sodass Verweilzeiten zur Identifikation dominanter Eintragsquellen bestimmt werden können. Darauf aufbauend werden dann



Wassergewinnung Auf dem Grind (Stadtwerke Düsseldorf AG): nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung mithilfe von Indikatoren in innovativen Monitoring-Strategien bei Einzugsgebieten mit hoher Diversität in Landnutzung, Hydrogeologie und Bewirtschaftung. (Quelle: Stadtwerke Düsseldorf AG)

numerische Prognosewerkzeuge für wasserwirtschaftliche Szenarien erstellt und implementiert. Durch die Zusammenführung am Teststandort Düsseldorf können die Modelle überprüft und ihre Prognosefähigkeit verifiziert werden.

UNTERSUCHUNGSSTANDORT

Zur Verifizierung und Weiterentwicklung des Indikatoransatzes wird am Standort Düsseldorf an bereits gut untersuchten Einzugsgebieten gearbeitet. Die Stadtwerke Düsseldorf (SWD) können auf langjährige Monitoringdaten zurückgrei-

fen und schaffen damit die ideale Grundvoraussetzung, den Indikatoransatz zielgerichtet und effektiv am Standort zu verifizieren. Es wurden drei Einzugsgebiete der Stadtwerke Düsseldorf ausgewählt, die eine hohe Diversität in ihrer Landnutzung, ihrer Hydrogeologie und Bewirtschaftung abdecken: 1) Wassergewinnung Auf dem Grind, 2) Wassergewinnung Flehe und 3) Wassergewinnung Am Staad.

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Entwicklung neuer Monitoringwerkzeuge	Prof. Dr. Tobias Licha, Ruhr-Universität Bochum
AP 2	Verifizierung der Monitoringwerkzeuge und Definition von Szenarien	Prof. Dr. Peter Rohns, Stadtwerke Düsseldorf AG
AP 3	Entwicklung der Systemmodelle	Prof. Dr. Traugott Scheytt Technische Universität Bergakademie Freiberg
AP 4	Schaffung von Prognosewerkzeugen für (dynamische) Grundwassersysteme	Prof. Dr. Traugott Scheytt Technische Universität Bergakademie Freiberg
AP 5	Nachhaltige Nutzungskonzepte	Prof. Dr. Felix Bilek, GFI
AP 6	Koordination und Kommunikation	Prof. Dr. Tobias Licha, Ruhr-Universität Bochum

gwTriade

Ökologisches und ökotoxikologisches Grundwasserqualitätsmonitoring auf Basis eines integrativen Triade-Ansatzes

KURZBESCHREIBUNG

36 % aller Grundwässer in Deutschland verfehlen einen guten chemischen Zustand. Gründe hierfür sind punktuelle Belastungen durch z. B. Abwassereintragung sowie Stoffeintrag aus diffusen Quellen wie Verkehr und Landwirtschaft. Zu diesen vorwiegend anthropogenen Spurenstoffen zählen unter anderem Pharmaka und perfluorierte Stoffe (PFAS). Durch die spezifischen Gegebenheiten des Grundwassers, die tiefen Temperaturen, geringeren biologischen und photolytischen Abbau sind Fremdstoffe im Grundwasser persistenter als im Oberflächenwasser. In der aktuellen Praxis wird Grundwasser lediglich als Ressource behandelt, nicht jedoch hinsichtlich des ökologischen Zustandes bewertet und entsprechend geschützt. Zudem beschränkt sich die Erfassung des chemischen Zustands auf wenige Schadstoffgruppen, die nicht die tatsächliche Spurenstoffbelastung des Grundwassers widerspiegeln. Angesichts der Relevanz von sauberem Grundwasser für Umwelt und Mensch muss dieses Ungleichgewicht in Forschung und Praxis ausgeglichen werden, um das Ökosystem Grundwasser in Zukunft ausreichend schützen zu können und weiterhin eine sichere Trinkwasserversorgung zu gewährleisten. Dafür bedarf es eines umfassenden Monitorings der Grundwasserqualität mittels eines integrierten Ansatzes, der chemische Analyse mit einer ökotoxikologischen Analyse des Grundwassers verbindet und um die gleichzeitige Erfassung des Zustandes der Lebensgemeinschaften ergänzt. Zudem erfordert das Spannungsfeld zwischen der Notwendigkeit eines ökologisch begründeten Grundwasserschutzes und den sich verschärfenden Nutzungskonflikten um Grundwasser den Einbezug gesellschaftlicher Zielvorstellungen bei der Grundwasserbewertung und die Analyse von Konfliktkonstellationen.

ZIELE

In gwTriade wird ein integriertes Bewertungskonzept spezifisch für Grundwassersysteme entwickelt und angewandt. Das Bewertungskonzept basiert auf einem Triadeansatz, welcher standardisierte ökotoxikologische Biotestverfahren, chemische Analytik und die Erfassung der Faunadiversität kombiniert. Das Triadekonzept basiert dabei auf der Erkenntnis, dass weder chemische Analytik, Biotests noch Untersuchungen der Biozönose allein ausreichen, um den ökologischen Zustand umfassend zu bewerten. Vielmehr ist eine Kombination aller drei Säulen für eine Bewertung notwendig. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen aus solchen integrativen Triadekonzepten aus dem Bereich der Sediment- und Oberflächen-



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert,
Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main
Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Abteilung für Evolutionsökologie und Umwelttoxikologie (E3T)
Max-von-Laue-Str.13, 60438 Frankfurt
E-Mail: hollert@bio.uni-frankfurt.de

Verbundpartner

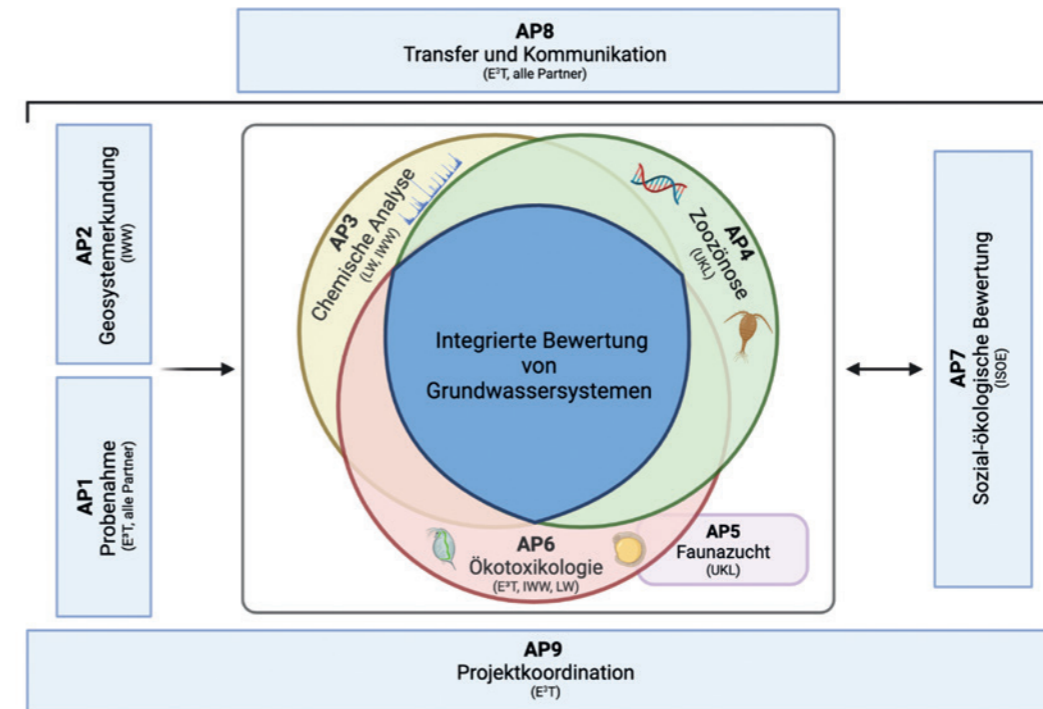
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE), Frankfurt
Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung (IWW), Mülheim an der Ruhr
Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern (RPTU), Landau
Zweckverband Landeswasserversorgung (LW), Langenau

wasserbewertung wird auch die gesellschaftliche Dimension in die naturwissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Verbundprojektes integriert. Mit der sozial-ökologischen Bewertung, die die Analyse der Praxisbedarfe, den Dialog mit Praktikern, den Einbezug unterschiedlicher Zielvorstellungen bei der Grundwasserbewertung und die Analyse von Konfliktkonstellationen umfasst, können Mechanismen und Lösungsansätze zur Konfliktbewältigung abgeleitet sowie die im Projekt erarbeiteten Bewertungskriterien in Bezug auf gesellschaftliche Zielvorstellungen geprüft und priorisiert werden. Die Ergebnisse der holistischen Grundwasserbewertung dienen der Erarbeitung einer zielgruppenspezifischen Handlungsempfehlung, die potenziellen Anwendern (z.B. DVGW, Naturschutzbehörden) zur Verfügung gestellt werden soll.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Innerhalb des Verbundes werden zunächst Untersuchungsgebiete ausgewählt und Probenahmestellen identifiziert. Die Beprobung soll dabei entlang eines Konzentrationsgradienten einer Schadstofffahne durchgeführt werden, so dass unterschiedliche Belastungen in den Proben sichtbar werden. Zudem werden die Untersuchungsgebiete umfassend geochemisch, hydrochemisch sowie hydraulisch beschrieben. Mittels

Übersicht über die Projektstruktur. (Quelle: gwTriade)



einer Non-Target- und Target-Analyse werden die prioritären Grundwasserschadstoffe (Indikatorsubstanzen) in den Grundwasserproben identifiziert (erste Säule des Triadeansatzes). Dabei wird zudem ein Fokus auf (hoch)polare Stoffe gelegt, die als Indikatoren für die Gefährdung der Grundwasserfauna dienen können. Als zweite Säule innerhalb des Triadeansatzes soll die Biodiversität der Grundwasserfauna umfassend dargestellt werden. Dazu werden klassische morphologische Methoden sowie moderne eDNA-Methoden eingesetzt. Die letzte Säule des Triadeansatzes umfasst die ökotoxikologische Bewertung der Grundwasserproben mit standardisierten Effekt-basierten Methoden bestehend aus organismischen

Eine weitverbreitete Art des oberflächennahen Grundwassers ist der Cyclopede *Eucyclops serulatus*. Eine entsprechende Zucht wird im Projekt etabliert. Um ebenfalls potentielle Anwender eines solchen integrierten Grundwasserbewertungskonzepts mit einzubeziehen, wird innerhalb des Projekts ein Praxisdialog durchgeführt. Die Perspektiven der Praxisakteure sowie die Ergebnisse der sozial-ökologischen Bewertung finden Eingang in die gemeinsame Handlungsempfehlung.

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Standortauswahl und Beprobung	Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Goethe Universität
AP 2	Geosystemerkundung	Dr. Ulrich Borchers und Dr. Gerhard Scherzinger, IWW
AP 3	Chemische Analyse	Dr. Wolfram Seitz und Dr. Tobias Bader, LW
AP 4	Bestimmung der Zoonosen in Grundwasserökosystemen	Prof. Dr. Klaus Schwenk, RPTU
AP 5	Faunazucht	Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Goethe Universität
AP 6	Ökotoxikologische Risikoanalyse	Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Goethe Universität
AP 7	Sozial-ökologische Bewertung: Praxisdialog und Analyse von Konfliktkonstellationen	Dr. Carolin Völker und Dr. Johanna Kramm, ISOE
AP 8	Transfer und Kommunikation	Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Goethe Universität
AP 9	Projektkoordination und -management	Prof. Dr. rer. nat. Henner Hollert, Goethe Universität

NitratLurch

Stimulation von H₂/CH₄-oxidierenden Bakterien in Porengrundwasserleitern zur Reinigung von nitratbelastetem Trink- und Brauchwasser

KURZBESCHREIBUNG

Die durch den Klimawandel bewirkten Veränderungen des Wasserkreislaufs fordern eine nachhaltige Bewirtschaftung unserer Wasserressourcen. Grundwasser stellt in fast allen europäischen Ländern die wichtigste Trinkwasserressource dar. Dabei sind in der Regel nur oberflächennahe Grundwasserleiter mit hoher Grundwasserneubildung nachhaltig zu bewirtschaften. Diese weisen aber häufig hohe Belastungen an Nitrat auf. Das benötigte Selbstreinigungspotential gegenüber Schadstoffen wie Nitrat ist häufig durch das Fehlen mikrobiell verfügbarer Elektronendonoren limitiert, so dass trotz einer Verminderung von Stickstoffeinträgen über die Landwirtschaft erhöhte Nitratkonzentrationen noch über Jahrzehnte in Grundwasserleitern zu beobachten sind. Die Stimulation von denitrifizierenden Mikroorganismen mittels Zugabe von Wasserstoff (H₂) und Methan (CH₄) hat das Potential einer signifikanten Nitratreduktion im Grundwasser und könnte in einer Vielzahl von belasteten Förderbrunnen die Nitratkonzentrationen deutlich reduzieren.

Das beantragte Projekt entwickelt, optimiert und überwacht die effiziente Einbringung der Gase H₂ und CH₄ und erfasst ihr Abbaupotential gegenüber gelöstem Nitrat im Grundwasser. Zuerst wird das Abbaupotential in einem Rinnenversuch und später, in Zusammenarbeit mit einem regionalen Wasserversorger, in einer Versuchsanlage an einem Feldstandort überprüft. Das Vorhaben entwickelt damit auf Basis einer naturräumlichen Analyse der Nitratumsetzung im Grundwasser eine aktive, minimalinvasive Stimulation bestehender Ökosystemdienstleistungen und bietet die Möglichkeit einer gesellschaftlichen und wirtschaftlich relevanten Nutzung der Technologie direkt im Anschluss an das Projekt.

ZIELE

Die Erschließung und Nutzung von qualitativ hochwertigen Tiefenwässern als Trink- und Brauchwasserressource bei einer nitratbedingt eingeschränkten Nutzungsmöglichkeit von oberflächennahen Grundwassersystemen ist in Bayern (LfU-Merkblatt Nr. 1.4/6) nicht vorgesehen. Daher besteht ein großer Bedarf an neuen innovativen und günstigen Technologien, nitratbelastete oberflächennahe Grundwasserleiter für den Wasserversorger wieder nutzbar zu machen, um den stetig steigenden Bedarf an Trink- und Brauchwasser aus nachhaltiger Förderung auch zukünftig decken zu können und Nutzungskonflikte zu entschärfen.



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Prof. Dr. Florian Einsiedl
Technische Universität München (TUM), Ingenieur fakultät
Bau Geo Umwelt, Arbeitsgruppe Hydrogeologie
Arcisstr 21, 80333 München
E-Mail: f.einsiedl@tum.de

Verbundpartner

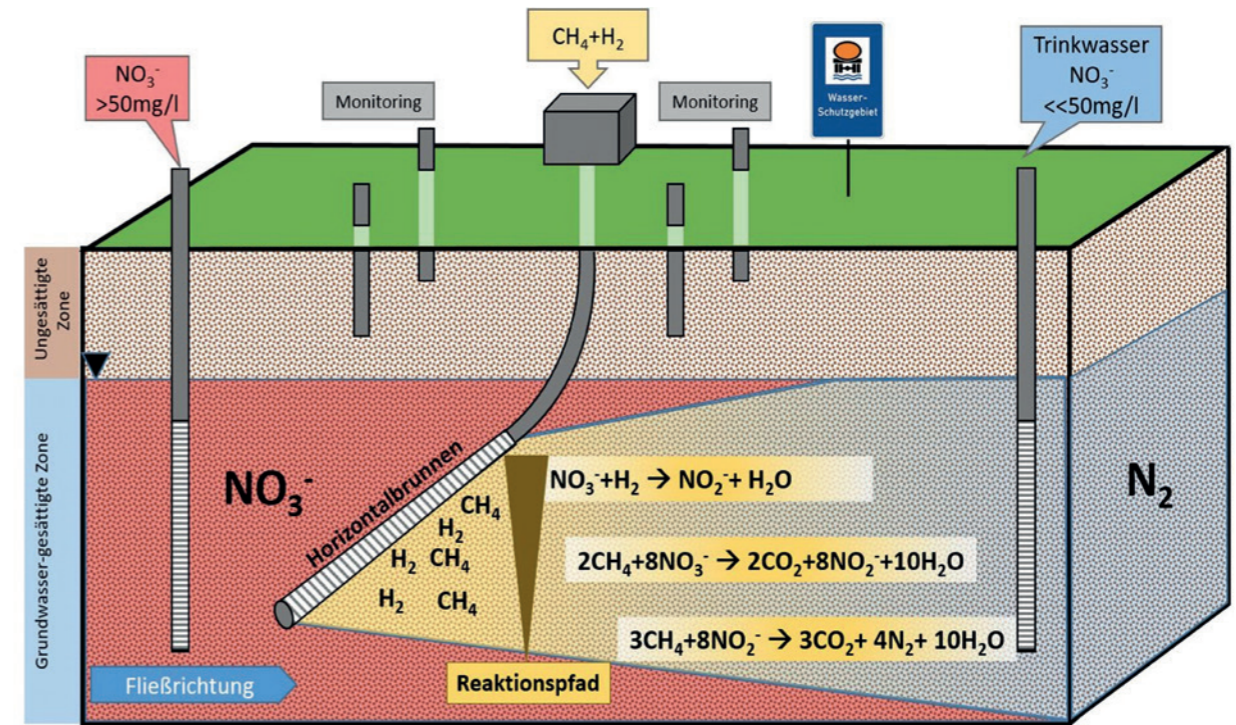
BASE TECHNOLOGIES GmbH, München
Helmholtz-Center for Environmental Research (UFZ), Leipzig
Universität Bayreuth, Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung (BayCEER)
Z-DESIGN Dipl.-Ing. Werner Zyla GmbH, Owingen am Bodensee

Ziel des Forschungsprojektes ist es, durch gleichzeitige Zugabe der Elektronendonoren Wasserstoff und Methan die im Grundwasser vorhandenen denitrifizierenden chemolithoautotrophen Mikroorganismen für eine flächige Umsetzung von Nitrat zu N₂ zu stimulieren. Im Vergleich zu gängigen Methoden wird bei Anwendung des neuen Verfahrens u.a. geringere Betriebskosten bei höheren Volumenströmen und eine höhere Reinigungsleistung bei vollständiger Umsetzung des Nitrats zu N₂ bei einer gleichzeitig gesamtheitlichen Verbesserung des qualitativen Zustandes des Ökosystems Grundwasser erwartet. Die Projektziele wollen wir mit Hilfe eines skalierten Ansatzes erreichen, der von Laborarbeiten und einem Technikumsversuch über die numerische Simulation bis hin zur technischen Planreife für eine leistungsfähige Pilotanlage führt.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Als Arbeitsschwerpunkte sind zuerst neben der konzeptionellen Auslegung der Experimente durch eine hydrogeologische, hydrogeochemische und mikrobiologische Bestandsaufnahme ein Sicherheitskonzept für den Betrieb und die Genehmigungsfähigkeit des Verfahrens und dessen breite Etablierung vorgesehen.

Es folgt die Entwicklung eines modularen Systems zur großflächigen kontrollierten Eingabe reaktiver Gase in den nitrat-



Schematische Darstellung eines Porengrundwasserleiters mit niedergebrachter Bohrung und Ausbringung der reaktiven Gase zur Stimulation der Denitrifikation über eine Horizontalbohrung. (Quelle: NitratLurch)

belasteten Grundwasserleiter über einen Horizontalbrunnen und Aufbau je einer Referenzanlage im Technikumsmaßstab und in einem Horizontalfilterbrunnen mit einer experimentellen Prüfung und Optimierung der räumlichen Homogenität der Gaszugabe und der Langzeitstabilität (lokales Fouling durch Mikrobiologie/Ausfällungen) und ökonomische Optimierung.

Zur Überprüfung der Effizienz der Anlage erfolgt die Entwicklung eines echtzeitfähigen Analysensystems mit hoher räumlicher Auflösung zur Quantifizierung der Gaskonzentrationen im Grundwasserleiter, in der ungesättigten Zone und am Oberboden; für die Ermittlung der naturräumlichen

Reaktionskinetiken der beteiligten Organismen und des Wirkungsbereiches des Verfahrens sind zeitlich (Stunden bis Minuten) und räumlich (Dezimeter bis Meter) aufgelöste Messungen vorgesehen.

Für die Auslegung der technischen Implementierung sowohl für den Technikumsversuch als auch für den Versuchsstandort werden numerische Szenariensimulationen (Lage der Bohrungen und Messstellen, Massenströme) durchgeführt und das Potential des Verfahrens (Richtigkeit/Sensitivität) auf weitere mögliche Standorte übertragen.

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Projektkoordination, Öffentlichkeitsarbeit, Wissenstransfer	Prof. Dr. Florian Einsiedl, Dr. rer. nat. Anja Wunderlich, TUM
AP 2	Konzeptionelle Auslegung der Experimente	Prof. Dr. Florian Einsiedl, Dr. rer. nat. Anja Wunderlich, TUM
AP 3	Sicherheitskonzept (SGU-Management)	Dr. Matthias Alte, BASE TECHNOLOGIES GmbH
AP 4	Technische Umsetzung der Stimulation des natürlichen mikrobiellen Nitratabbaus	Angela Zyla, Z-DESIGN Dipl.-Ing. Werner Zyla GmbH
AP 5	Experimentelle Kontrolle des Verfahrens: Monitoring	Prof. Dr. Florian Einsiedl, Dr. rer. nat. Anja Wunderlich, TUM
AP 6	Experimentelle Kontrolle des Verfahrens: Mikrobiologie, Prozesse;	Prof. Dr. Tillmann Lüders, BayCEER
AP 7	Numerisches Modellierung und Szenariensimulation	Prof. Dr. Jan Fleckenstein, UFZ
AP 8	Technische Implementierung des Verfahrens	Prof. Dr. Florian Einsiedl, Dr. rer. nat. Anja Wunderlich, TUM

PFClean

Innovatives modulares System zur nachhaltigen Reduzierung von PFAS-Kontaminanten aus Boden und Grundwasser

KURZBESCHREIBUNG

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) stellt derzeit eine der größten Herausforderungen für die nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung dar. Experten gehen bundesweit von mindestens 9.000 Punktquellen (hauptsächlich basierend auf Feuerlöschschäumen) und von mehreren tausend Hektar flächenhafter PFAS-Verunreinigungen aus. Sind die PFAS erst in den Wasserkreislauf gelangt, werden diese dort verbleiben („forever chemicals“) und im Grundwasser nicht, wie die meisten anderen Schadstoffe, nach und nach mikrobiell abgebaut. Grundwasserverunreinigungen enden somit ohne weitere Behandlung lediglich durch natürliche Verdünnung oder durch den Übertritt in Oberflächengewässer.

In diesem Projekt wird das Verhalten von PFAS im Untergrund, mögliche Umwandlungsprozesse sowie insbesondere die Weiterentwicklung der Sanierungsmethoden „Funnel & Gate“, „Immobilisierung“, „forcierte Mobilisierung“ und „Thermodesorption“ erforscht. Damit wird ein breites Anwendungsfeld mit typischen Charakteristiken abgedeckt: (1) hydrogeologische Standorteigenschaften in der ungesättigten und der gesättigten Zone; (2) Punktquellen (point sources) aufgrund des Einsatzes von Feuerlöschschäumen und Flächenquellen (non-point sources) am Beispiel PFAS-kontaminierter, landwirtschaftlicher Flächen; (3) typische, komplexe Schadstoffmixturen mit PFAS und deren Transformationsprodukte (TP); (4) Sanierungstechnologien, die bereits in der Anwendung sind und auf PFAS angepasst werden (Funnel & Gate) und solche, bei denen für eine PFAS-Anwendung noch Forschungsbedarf besteht (Umsatzraten von Präkursoren, forcierte Mobilisierung).

Im Vorhaben PFClean wird Wert auf in-situ Verfahren und auf die ganzheitliche Betrachtung gelegt, wobei die intermediären Transformationsprodukte, also die Langzeitfolgen von PFAS-Schäden, identifiziert und quantifiziert sowie Wege zur Ausschleusung der PFAS aus dem Untergrund, deren technische Umsetzung und ökonomische Randbedingungen aufgezeigt werden.

ZIELE

Nahezu alle sanierungsbedürftigen PFAS-Grundwasserschadensfälle werden derzeit aufgrund fehlender Alternativen wegen der besonderen PFAS-Eigenschaften (hohe Mobilität, Persistenz, Sanierungsziele mit geringen Zielkonzentrationen)



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Dr. Claus Haslauer
 Universität Stuttgart, Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS)
 Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart
 E-Mail: claus.haslauer@iws.uni-stuttgart.de

Verbundpartner

Arcadis Germany GmbH, Karlsruhe
 DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe
 Eberhard Karls Universität Tübingen, Arbeitsgruppe Umweltanalytik, Tübingen
 Geiger Entsorgung GmbH und Co KG, Waltenhofen
 IEG Industrie-Engineering GmbH, Reutlingen
 Sax + Klee GmbH Bauunternehmung, Mannheim

Webseite

<http://uni-stuttgart.de/pfclean>

nur durch Pump and Treat der Schadstofffahne gesichert. Dabei stellt sich regelmäßig die Frage der Verhältnismäßigkeit dieser Technologie, die keine aktive Dekontaminationskomponente besitzt. Es besteht der dringende Bedarf an kompakten, wirtschaftlichen Technologien zur Unterstützung der Dekontamination des Grundwasserbereichs bzw. der aktiven Ausschleusung der PFAS aus der Umwelt oder zur präventiven Verhinderung des Eintrages ins Grundwasser.

Ziel des Forschungsvorhabens PFClean ist es, Verfahren zur Sanierung und Ausschleusung von PFAS aus Boden und Grundwasser zu entwickeln.

Dadurch soll die Emission der PFAS in den Wasserkreislauf möglichst rasch unterbunden und die PFAS aus der Umwelt nachhaltig ausgeschleust werden. Diese verschiedenen Ansätze passen in ein modulares System, in dem wir etablierte Sanierungstechnologien an die besonderen Herausforderungen der PFAS und an typische Standortbedingungen (in der gesättigten und in der ungesättigten Zone) anpassen und weiterentwickeln.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Die Arbeitsschwerpunkte von PFClean sind die Adaption von Sanierungstechnologien, sodass sie an einem Feldstandort mit einer PFAS-Kontamination erprobt werden können. Dabei ist eine Herausforderung, die Prozesse, die unter definierten Bedingungen im Labor verstanden wurden, auf größere Skalen im Feld und unter natürlichen, wenig definierten Bedingungen zu erproben und so zu adaptieren, dass eine erfolgreiche reale Sanierung möglich gemacht werden kann.

Das PFClean Vorhaben erweitert und adaptiert folgende Sanierungstechnologien auf PFAS-spezifische Problemstellungen:

1. In-situ-Immobilisierung von PFAS und ihren Präkursoren (Papierchemikalien) und langkettigen TP im ungesättigten Oberboden durch Adsorptionsmedien.
2. Forcierte Mobilisierung von PFAS (Feuerlöschschäume) als Alternative zur Immobilisierung im Aquifer durch Unterstützung der mikrobiellen Transformation (Management von Temperatur, Zugabe von Elektronenakzeptoren).

3. Funnel & Gate (F&G) Systeme zur Ausschleusung mobiler PFAS und zur Abstomsicherung von Punktquellen (Grundwasserleiter; Feuerlöschmittel). Die Sorptionsmaterialien im Gate sind austauschbar. Herausforderung ist die Erhöhung der Sorptionskapazität mobiler kurzkettiger Perfluorcarbonsäuren (PFCA).

4. Thermodesorption: Umsetzung und Mobilisierung von immobilisierten Präkursoren (unterschiedliche PFAS, in der ungesättigten Zone) bei erhöhten Temperaturen. Dabei sollen thermisch-katalytische Prozesse, die zur Bildung von TP führen, charakterisiert und bezüglich einer Mobilisierung und Ausschleusung beurteilt werden.

Neben den Entwicklungen von Sanierungstechnologien werden eine Reihe von weiteren Aufgaben verfolgt, die im Bereich der Anwendung von Screening-Ansätzen, der Charakterisierung des Freisetzungspotentials von mobilen per- und polyfluorierten Substanzen und der spurenanalytischen Begleitung der Technologieanwendungen im Pilot- und Feldmaßstab liegen.



Versuchsaufbau zur PFAS-Immobilisierung (Säulenversuch). (Quelle: PD Dr. Claus Haslauer)

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Laborversuche zur Technologieentwicklung	Prof. Dr. Christian Zwiener, Eberhard Karls Universität Tübingen
AP 2	Technologieanwendung auf der Pilot- und Feldskala	Dr. Claus Haslauer, Universität Stuttgart
AP 3	Analytik und Monitoring	Dr. Frank-Thomas Lange, DVGW-Technologiezentrum Wasser
AP 4	Projektmanagement und Technologietransfer	Dr. rer. Nat. Michael Reinhard, Arcadis Germany GmbH

GW_4.0

Klimaangepasste Grundwasserbewirtschaftung durch Echtzeit-Planungs-Tools und modellbasierte Zukunftsszenarien

KURZBESCHREIBUNG

Das Projekt entwickelt Instrumente zur Unterstützung von Wasserversorgern und Behörden, um den operativen Betrieb und die langfristige Planung der Grundwasserbewirtschaftung zu optimieren. Es wird untersucht, wie sich klimabedingte Änderungen der Landbewirtschaftung auf die Grundwasserneubildung und die Sickerwasserqualität auswirken. Es werden Modelle für die Grundwasserneubildung, Stickstofffracht, Grundwasserstände, Einzugsgebiete von Fassungen und Fließzeiten entwickelt, mit denen Szenarien des Klima- und Landnutzungswandels berechnet und Bewirtschaftungsstrategien inklusive Priorisierungen der Grundwassernutzung simuliert werden. Durch Datenassimilation wird ein stets aktuelles Modell mit Web-Interface für kurzfristige bis saisonale Planungen bereitgestellt. Die Ergebnisse der Szenarioanalysen und das Planungswerkzeug geben den Versorgern und Behörden nutzerfreundliche Hilfen an die Hand, um Entscheidungen in einem Umfeld zunehmender Konflikte und Extremwetterlagen auf wissenschaftlich fundierten Grundlagen zu treffen. Der Untersuchungsraum umfasst einen Karst- und einen Kiesgrundwasserleiter im Umfeld von Tübingen mit jeweils mehreren Versorgungsunternehmen. Das Vorhaben bildet unterschiedliche Standortverhältnisse (Geologie/Landnutzung), Bewirtschaftungsfragen und Nutzungskonflikte ab. Nach erfolgreicher Demonstration kann das Vorgehen auf andere Grundwasserbewirtschaftungsräume übertragen werden.

ZIELE

GW_4.0 soll modellhafte Planungs- und Entscheidungshilfen für die saisonale bis langfristige Grundwasserbewirtschaftung des Oberen Gäus und des Neckartals bei Tübingen entwickeln. Es sollen langfristige Trends des Grundwasserangebots und der Nachfrage abgeschätzt werden, damit der Wasserbedarf von Haushalten, Industrie und Landwirtschaft nachhaltig gedeckt werden kann. Ein online-Echtzeit-Planungswerkzeug soll mittelfristige Planungen wie eine saisonale Priorisierung der Grundwassernutzung und die Optimierung des operationellen Betriebs ermöglichen.

Die Projektionen der voraussichtlichen Entwicklung maßgebender Faktoren für das Grundwasserangebot und die Grundwasserqualität und das online-Echtzeit-Planungswerkzeug sollen den Behörden und Wasserversorgern nutzerfreundliche Entscheidungshilfen an die Hand geben, um Bewilligungsver-



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka
Eberhard Karls Universität Tübingen,
Fachbereich Geowissenschaften, Geo- und Umwelt-
forschungszentrum, Arbeitsgruppe Hydrogeologie
Schnarrenbergstr. 94-96, 72076 Tübingen
E-Mail: olaf.cirpka@uni-tuebingen.de

Verbundpartner

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (KUP), Leinfelden Echterdingen
Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe
Universität Hohenheim
Zweckverband Ammertal-Schönbuchgruppe (ASG), Holzgerlingen

Assoziierte Partner

GIT HydroS Consult GmbH, Freiburg im Breisgau
Regierungspräsidium Freiburg
Universität Kassel

Webseite

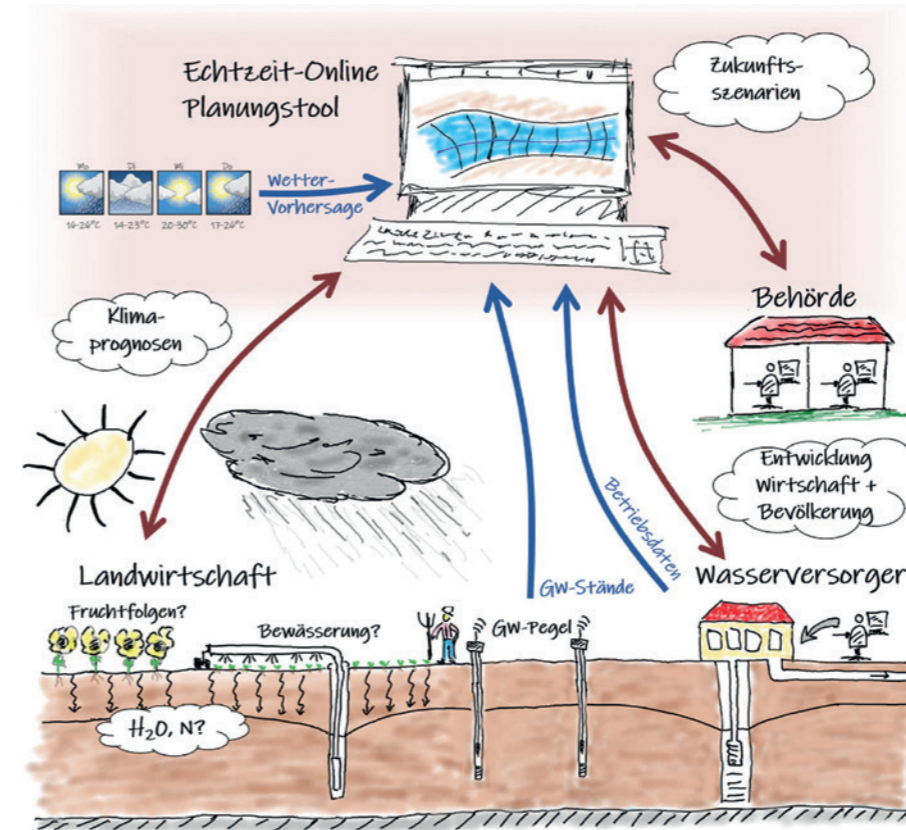
<https://uni-tuebingen.de/de/244405>

fahren zu unterstützen und den Betrieb auf Grundlage wissenschaftlich fundierter Prognosen zu steuern.

GW_4.0 ist eng mit den lokalen für die Grundwasserbewirtschaftung verantwortlichen Akteuren abgestimmt und soll das vorhandene Instrumentarium zur mengenmäßigen Beurteilung und Planung der Bewirtschaftung (Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW, bestehende Grundwasserströmungsmodelle, etc.) weiterentwickeln.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Zu Beginn des Projektes werden Szenarien der künftigen Entwicklung aller planungsrelevanten Parameter (bzgl. Klima, Wasserbedarf, Landwirtschaft) im Untersuchungsgebiet (Oberes Gäu und Neckartal bei Tübingen) entwickelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der verbesserten Abschätzung



Prinzipalskizze zu GW_4.0. Blaue Pfeile: Datenflüsse, um das Echtzeit-Online-Planungstool aktuell zu halten; rote Pfeile: "Was-wäre-wenn"-Anfragen der Akteure an das Planungstool über Internet-Schnittstelle; Wolken: Einflussfaktoren (Klima, Landnutzung, Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung) und Zielgrößen (Grundwasserangebot, Nitrat) für die Zukunftsszenarien. (Quelle: GW_4.0)

nen der Stickstoffbilanz durchgeführt, um die Entwicklung der Nitratausträge räumlich differenziert für die Zukunftsszenarien abzuschätzen.

Für das Untersuchungsgebiet wird ein datengetriebenes gekoppeltes Bodenwasser- und Grundwasserhaushaltsmodell (GWN-BW/MODFLOW) erstellt und – darauf aufbauend – ein Verweil-/Expositionszeiten-basiertes Modell für den Stofftransport. Das Modell wird durch Datenassimilation fort-

während an Messdaten angepasst (Echtzeitmodell) und über ein Webinterface als Entscheidungshilfe für Behörden und Wasserversorger zur Verfügung gestellt, die ausgehend vom aktuellen Stand Berechnungen für die Grundwasserbewirtschaftung und die Bewertung von Nutzungskonflikten durchführen können. Dieses online-Planungsinstrument wird für die Bewirtschaftung der Grundwasserleiter im Muschelkalk und im Neckartal im Praxiseinsatz erprobt und als Best-Practice Beispiel für den Aufbau von online-Planungsinstrumenten an anderen Standorten dokumentiert.

der Grundwasserneubildung. Hierzu soll das Berechnungssystem GWN-BW (Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt) weiterentwickelt und mit dem aufwändigeren Berechnungssystem Expert-N verglichen werden. Für die wichtigsten Feldfrüchte wird die Bewässerungsbedürftigkeit unter den Bedingungen des Klimawandels berechnet und die (ökonomische) Bewässerungswürdigkeit abgeschätzt. Hiermit können Projektionen der Grundwasserneubildung für Zukunftsszenarien vorgenommen werden. Mit Expert-N werden darüber hinaus boden- und feldfrucht-abhängige Simulatio-

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Entwicklung der Zukunftsszenarien	Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka, Eberhard Karls Universität Tübingen
AP 2	Grundwasserneubildung und Bewässerungsbedürftigkeit	Thomas Gudera, LUBW; Andreas Morhard, GIT HydroS Consult GmbH
AP 3	Stickstoffumsatz und Nitrataustrag aus der Bodenzone	Prof. Dr. Thilo Streck, Universität Hohenheim; Tobias Weber, Universität Kassel
AP 4	Grundwasserhaushaltsmodell und Quantifizierung von Verweilzeiten, Herkunftsgebieten und Stoffabbaupotenzialen	Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka, Eberhard Karls Universität Tübingen
AP 5	Langfristige Managementstrategien	Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka, Eberhard Karls Universität Tübingen
AP 6	Online-Echtzeit-Planungsinstrument	Dr. Alexander Kissinger, KUP
AP 7	Kurzfristige und saisonale Optimierung der Grundwasserbewirtschaftung	Ralf Götttsche, ASG
AP 8	Projektmanagement und Wissensvermittlung	Prof. Dr.-Ing. Olaf A. Cirpka, Eberhard Karls Universität Tübingen

KIMoDIs

KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung

KURZBESCHREIBUNG

Der Klimawandel hat unmittelbare Auswirkungen auf die Grundwasserressourcen in Deutschland. Um diese optimal und nachhaltig zu nutzen, wird im KIMoDIs Projekt ein Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung basierend auf Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) entwickelt. Die Ergebnisse werden in einem nutzerspezifischen Entscheidungshilfe-Tool zusammengeführt, welches mittels verschiedener Klima- und Nutzungsszenarien standortspezifisch eine intelligente Planung von Gegenmaßnahmen ermöglichen soll.

Dafür werden alle verfügbaren Bewirtschaftungsdaten der Wasserversorger sowie des klassischen Grundwassermonitorings zusammengeführt und mit fernerkundlichen Echtzeit-Analysen der Bewässerungslandwirtschaft kombiniert. Zum Einsatz kommen Methoden der KI zur gekoppelten Vorhersage von Grundwasserständen und Versalzung, zur Messnetzoptimierung und zur Frühwarnung vor kritischen Zuständen hinsichtlich Trinkwasserversorgung und grundwasserabhängiger Ökosysteme. Das entwickelte Planungsinstrument dient so zur Sicherung der Trinkwasserressourcen hinsichtlich Quantität und Qualität (Versalzung) und leistet damit einen Beitrag zur Erfüllung der Ziele der nationalen Wasserstrategie.

ZIELE

Ziel des Projekts KIMoDIs ist die Entwicklung eines auf KI basierenden Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystems zur kurz- (saisonal), mittel- (1 bis 10 Jahre) und langfristigen (bis 2100) Vorhersage von Grundwasserständen und -versalzung. Darüber hinaus soll das anwenderspezifische Entscheidungs-Unterstützungssystem bereits frühzeitig vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung sowie den damit verbundenen Schäden warnen. Verschiedene Nutzungsszenarien sollen zudem standortspezifisch eine intelligente Planung von Gegenmaßnahmen ermöglichen und somit ein nachhaltiges Grundwassermanagement sicherstellen.

Die methodische Entwicklung und Demonstration des Ansatzes erfolgt überregional im Land Brandenburg, unter großräumiger Betrachtung aller Aspekte wie den Entnahmen für Trinkwasserversorgung, Industrie und Landwirtschaft, zeit-



Laufzeit
01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:
Dr. Stefan Broda
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Wilhelmstr. 25-30, 13593 Berlin
E-Mail: stefan.broda@bgr.de

Verbundpartner
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG), Hannover
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Cottbus
Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, Potsdam
Orbica UG, Berlin
Technische Universität München (TUM)

Webseite
www.bgr.bund.de/kimodis

lich hochaufgelöstem Monitoring der Bewässerungslandwirtschaft sowie der Gefahr durch Tiefenversalzung infolge von Übernutzung. Der entwickelte Ansatz wird in der Folge übertragen und getestet.

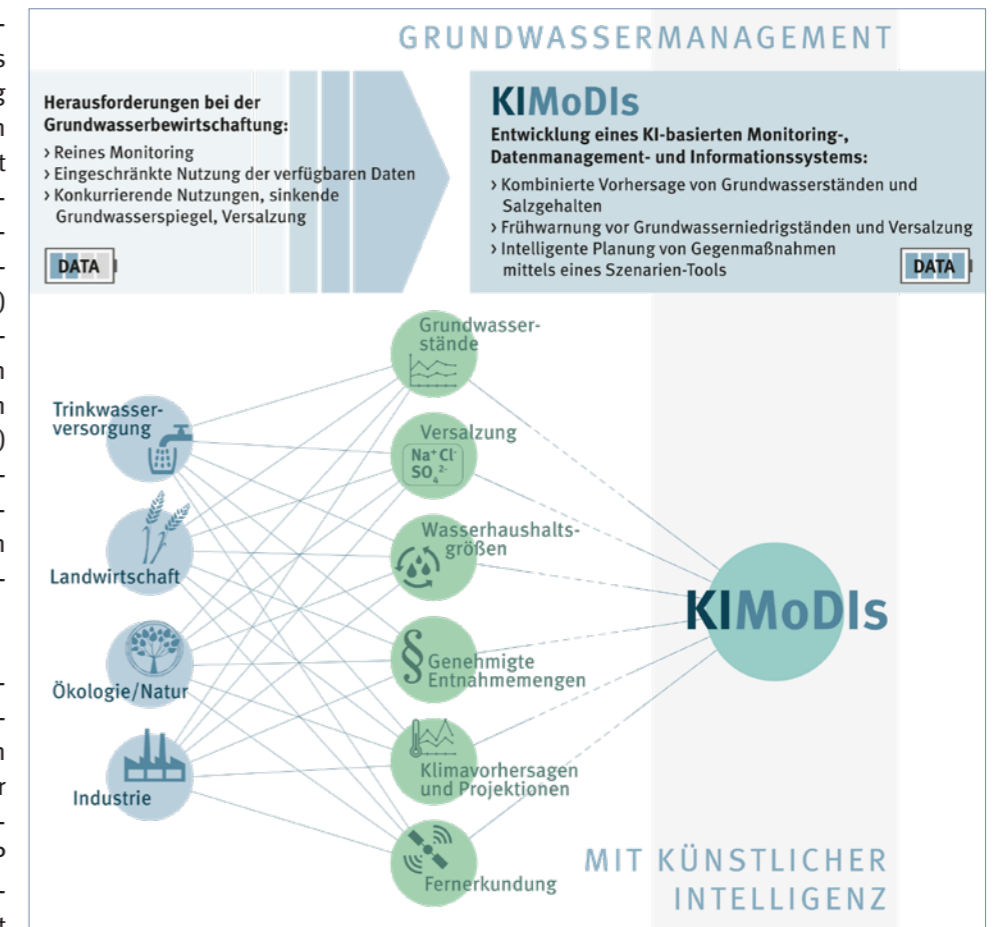
ARBEITSSCHWERPUNKTE

Im KIMoDIs-Projekt kommen State-of-the-Art KI-Methoden mit unterschiedlichen grundwasserspezifischen Schwerpunkten zum Einsatz, um verfügbare Grundwasserressourcen nachhaltig zu nutzen. Grundlage für datenbasierte Modelle ist eine intelligente Datenmanagementplattform (AP 1), welche im Rahmen des Projektes aufgebaut wird und sowohl alle vorhandenen als auch neu generierten Daten automatisiert zusammenführen soll. Die Datenbasis umfasst unter anderem hydrologische Eingangsdaten aus Grundwasserstands- und Salinarmessnetzen (AP 2), aber auch meteorologische Modellvariablen, die basierend auf Klimavorhersagen und Klimaprojektionen für die Modellregionen bestimmt werden (AP 3).

Die KI-basierte integrative und fachübergreifende Kernforschung umfasst vier spezifische Themenbereiche: I) die KI-gestützte Wasserhaushaltsmodellierung (AP 4) zur Bestimmung der flächendetaillierten Grundwasserneubildung, des Abflusses sowie des Wasserstandes II) ein hochaufgelöstes Monitoring der phänologischen Dynamiken und Bewässerungslandwirtschaft (AP 5), mittels automatisierter Auswertung von Satelliten-Erdbeobachtungsdaten (multi- und hyperspektral, gravimetrisch, Radar). III) eine KI-gestützte gekoppelte Vorhersage von Grundwasserständen und -versalzung (AP 6) über einen kurz- (saisonal), mittel- (1-10 Jahre) und langfristigen (bis 2100) Zeitraum. IV) Die kombinierte, multivariate Optimierung der bestehenden Grundwasserstands- und Salinarmessnetze (AP 7).

Zudem werden für die Pilotregionen eine Bandbreite repräsentativer Nutzungs- und Klimaszenarien definiert (AP 8), welche unmittelbar in das zu entwickelnde Entscheidungsunterstützungssystem (AP 9) integriert und auf die Ergebnisübertragbarkeit (AP 10) geprüft werden. Das interaktive Werkzeug soll möglichen Anwendern (Land-

desbehörden, Wasserversorger, Land- und Forstwirtschaft) als Planungsinstrument zur Sicherung der Grundwasserressourcen dienen.



Die visuelle Zusammenfassung des Projektansatzes zeigt die Integration und Analyse aller vorhandenen Daten in einem KI-basierten System für ein nachhaltiges Grundwassermanagement. (Quelle: BGR)

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Zusammenführung aller vorhandenen Daten in einem System zum intelligenten Datenmanagement	Stefan Broda, BGR
AP 2	Aufbau, Anbindung und Optimierung relevanter Echtzeit-Monitoring-Systeme	Angela Hermsdorf, LfU
AP 3	Extraktion atmosphärischer Modellgrößen	Andreas Paxian, DWD
AP 4	KI-gestützte Wasserhaushaltsmodellierung	Peter Krahe, BfG
AP 5	Intelligente Monitoring-Algorithmen zur automatisierten Datenauswertung und plausibilisierung	Marco Körner, TUM
AP 6	KI-gestützte Algorithmen zur Modellierung und Prognose von Grundwasserständen und versalzung	Tanja Liesch, KIT
AP 7	Intelligente Algorithmen zur Messnetzoptimierung	Tanja Liesch, KIT
AP 8	Definition künftiger Nutzungs- und Klimaszenarien	Stefan Broda, BGR
AP 9	Operatives, anwenderspezifisches Entscheidungsunterstützungssystem	Peter Rose, Orbica UG, Berlin
AP 10	Pilotregionen und Übertragbarkeit	Peter Rose, Orbica UG, Berlin
AP 11	Projektkoordination	Stefan Broda, BGR

StressRes

Monitoring- und Modellsystem zur Beurteilung von Stress auf Grundwasserressourcen und Trinkwassermanagement

KURZBESCHREIBUNG

Trinkwasser wird in Deutschland zu über 70 Prozent aus Grundwasser gewonnen. Die Grundwasserbewirtschaftung und damit das Trinkwassermanagement ist einer Reihe von Stressoren ausgesetzt, insbesondere Dürre, Nutzungskonkurrenzen und Stoffbelastungen. Zudem muss es auf ökonomische und regulatorische Anforderungen und Veränderungen reagieren. Daten und Modelle liefern wichtige Grundlagen für Entscheidungen in der Bewirtschaftung, sind jedoch oft nicht ausreichend aktuell verfügbar, zu wenig verknüpft und somit insbesondere für die Anpassung an neue klimatische oder regulatorische Situationen nur bedingt geeignet. Deshalb entwickelt StressRes ein digitales Echtzeit-Monitoring und ein integriertes Modellsystem für landwirtschaftlich genutzte Trinkwassergewinnungsgebiete, das mittels Stresstestszenarien die Resilienz des Trinkwassermanagements sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht unterstützen und verbessern kann. Dieses Monitoring- und Modellsystem wird eng verknüpft mit einer Analyse der politisch-regulativen und ökonomischen Rahmenbedingungen und Herausforderungen an das Trinkwassermanagement in landwirtschaftlich genutzten Gebieten einbettet.

ZIELE

Zusammen mit dem regionalen Wasserversorger wird ein Monitoring- und Modellsystem in zwei verschiedenen Trinkwassergewinnungsgebieten im Umfeld von Freiburg i. Br. installiert und getestet. Neben dem erschlossenen Grundwasserleiter wird dabei auch das gesamte Einzugsgebiet der zufließenden Oberflächengewässer berücksichtigt. Das Projekt setzt sich dabei zum Ziel, das Systemverständnis hinsichtlich der Bedeutung von indirekter Grundwasserneubildung über die Oberflächen-Grundwasser-Interaktion zu verbessern. Parallel dazu werden fernabfragbare Messsysteme entwickelt, die in Echtzeit GW-Neubildung und Nitratkonzentration in der ungesättigten Zone erfassen und damit eine Digitalisierungslücke schließen, deren Mehrwert für Modellsysteme der Wasser- und Nitratbilanz getestet wird. StressRes zielt auch darauf ab, ein vertieftes Verständnis von politischen und gesetzlichen Regelungen, sowie den Nutzungskonflikten und Herausforderungen der nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung zu entwickeln. Darauf aufbauend sollen Einflussfaktoren für ein erfolgreiches Grundwassermanagement anhand einer vergleichenden Fallanalyse in Deutschland identifiziert werden. Die Erkenntnisse dieser Analysen sollen in verallgemeinerba-



Laufzeit
01.04.2023 – 31.03.2026

Koordination:
Prof. Dr. Kerstin Stahl
Universität Freiburg,
Professur für Umwelthydrosysteme (UHyS)
Friedrichstr. 39, 79098 Freiburg
E-Mail: kerstin.stahl@hydrology.uni-freiburg.de

Verbundpartner
TRUEBNER GmbH, Neustadt
Universität Freiburg, Professur für Forst- und Umweltpolitik (FUP)
Universität Freiburg, Professur für Hydrologie (HF)
Universität Hohenheim
WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR, Bad Krozingen

re digitale Stresstest-„Ereignisszenarien“ übersetzt werden, die neben hydroklimatischen Ereignissen auch landwirtschaftliche Bewirtschaftung und konkurrierende Wassernutzungen in Dürrephasen sowie ökonomische Faktoren und politische Regulierungen abbilden können. Schließlich sollen daraus Erfolgsfaktoren identifiziert und Anreize für eine verstärkte Nutzung innovativer digitaler Lösungen in der Grundwasserbewirtschaftung erarbeitet werden, die eine Basis für Maßnahmen und Strategien zur Erhöhung der Resilienz von Trinkwassermanagement – regional im Studiengebiet sowie darüber hinaus – bieten. StressRes soll damit ein ganzheitliches Systemverständnis und belastbare Entscheidungswerkzeuge für grundwasserfördernde Trinkwasserversorgungen liefern und so deren Resilienz gegenüber vielfältigen Stressoren stärken.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Die Arbeitsschwerpunkte von StressRes sind methodisch divers und integrieren dabei disziplinübergreifend vielfältige Aspekte der nachhaltigen Grundwassernutzung. In Zusammenarbeit mit einer Messtechnik-Spezialfirma wird ein innovatives in-situ Messsystem („Echtzeitlysimeter“) entwickelt, das sowohl die Menge als auch die Qualität von Sickerwasser direkt im Boden erfassen kann. Drohnengestützte Multispektralsensoren ermöglichen die Detektion und die Erforschung von Austauschprozessen zwischen Oberflächenwasser und

Grundwasser. Eine Politikfeldanalyse identifiziert die politischen Rahmenbedingungen und politisch-regulatorischen Stressoren für die Resilienz des Trinkwassermanagements. Für die Analyse der Nutzungskonflikte und Herausforderungen der Grundwasserbewirtschaftung werden Interviews mit Wasserversorgern, Unteren Wasserbehörden sowie landwirtschaftlichen Akteuren im Umfeld von Freiburg i. Br. und den Fallstudiengebieten geführt. Mit Stakeholdern werden

Rahmenbedingungen für ein agrarökonomisches Modell erstellt. Die Entwicklung des StressRes-Gesamtmodells gelingt dann durch eine Kopplung verschiedener wichtiger Modellkomponenten wie Landnutzung, direkte und indirekte Grundwasserneubildung, Grundwasserströmung, Stoffeintrag und Stofftransport. Bei der Entwicklung eines generalisierten Stresstest-Demonstrators erfolgt eine Synthese der bearbeiteten Fallstudien mit dem Ziel eines Transfers auf andere Systeme.



Arbeitschema des LURCH-Verbundprojektes StressRes. (Quelle: StressRes)

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Situation der oberflächennahen Trinkwasserressourcen	Dr. Sylvia Kruse; FUP, Freiburg Dr. Elisabeth Angenendt; Universität Hohenheim
AP 2	Quantitatives integriertes Monitoring- und Modellsystem	Prof. Dr. Kerstin Stahl UHyS, Freiburg WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR; Dr. Elisabeth Angenendt, Universität Hohenheim Prof. Dr. Markus Weiler, HF
AP 3	Qualitatives integriertes Monitoring- und Modellsystem	Christof Hübner, TRUEBNER GmbH; Prof. Dr. Markus Weiler, HF
AP 4	Stresstest - Szenarien	Prof. Dr. Kerstin Stahl UHyS; Dr. Elisabeth Angenendt, Universität Hohenheim
AP 5	Stress-Res Demonstrator	Prof. Dr. Kerstin Stahl UHyS; Dr. Elisabeth Angenendt, Universität Hohenheim
AP 6	Koordination, Meetings, Kommunikation	Prof. Dr. Kerstin Stahl UHyS

CHARMANT

Charakterisierung, Bewertung und Management von urbanen Grundwasserleitern

KURZBESCHREIBUNG

Das Ziel des Vorhabens CHARMANT ist die Entwicklung eines Verfahrens für integratives Grundwassermanagement und Planung von Grundwassernutzungen in urbanen Gebieten unter Berücksichtigung von thermischen Einflüssen auf das Ökosystem Grundwasser. Während die Ökosystemleistungen der Grundwasserfauna wichtig für die Grundwasserqualität sind, gibt es bisher keine ökologischen Bewertungs- oder Modellansätze, welche die urbanen Stressfaktoren (z.B. thermische Einflüsse aufgrund geothermischer Nutzung des Untergrundes) mitberücksichtigen. Auf Basis langjähriger Datensätze werden am Beispiel Berlin Methoden zur ganzheitlichen Standortcharakterisierung, ein neuartiger Multi-Skalen-Modellansatz sowie ökologische Bewertungsansätze unter Berücksichtigung thermischer, hydraulischer, chemischer und biologischer (THCB) Prozesse im Grundwasser entwickelt. Berlin bietet aufgrund seiner vielfältigen hydrogeologischen Bedingungen die Möglichkeit, in einem hochurbanen Raum Konfliktfelder von Grundwassernutzung und -schutz zu analysieren. Diese werden durch die Erarbeitung eines automatisierten Monitoringkonzeptes für die dynamischen Bedingungen in urbanem Grundwasser und dessen Integration in digitale Überwachungssysteme unterstützt. Unter Berücksichtigung von Aspekten der Raum- und Umweltplanung wird ein Verfahren zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung entwickelt, das digitale Anwendungen, online-Messnetze und Handlungsempfehlungen umfassen wird. Validiert wird das Verfahren durch Anwendung auf realitätsnahe Fragestellungen in Berlin sowie Karlsruhe. Begleitet wird die Verfahrensentwicklung durch Aktivitäten der Umweltkommunikation, um Bürger:innen für das Ökosystem Grundwasser zu sensibilisieren und in Entscheidungs- und Planungsprozesse miteinzubinden.

ZIELE

Das übergeordnete Ziel von CHARMANT ist die Entwicklung eines Verfahrens, das ein integratives Grundwassermanagement und die Planung hydraulischer sowie thermischer Grundwassernutzungen für die komplexen Bedingungen in urbanen Gebieten unter Erhalt der Ökosystemleistungen ermöglicht. Als Grundlage dafür werden Methoden entwickelt, welche die Aufnahme und Auswertung der für verschiedene Fragestellungen wichtigen Parameter und damit eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Charakterisierung dynamischer Grundwasserleiter ermöglichen. Zudem wird

Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Dr. Kathrin Menberg
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
 Institut für Angewandte Geowissenschaften,
 Arbeitsgruppe Ingenieurgeologie
 Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
 E-Mail: menberg@kit.edu

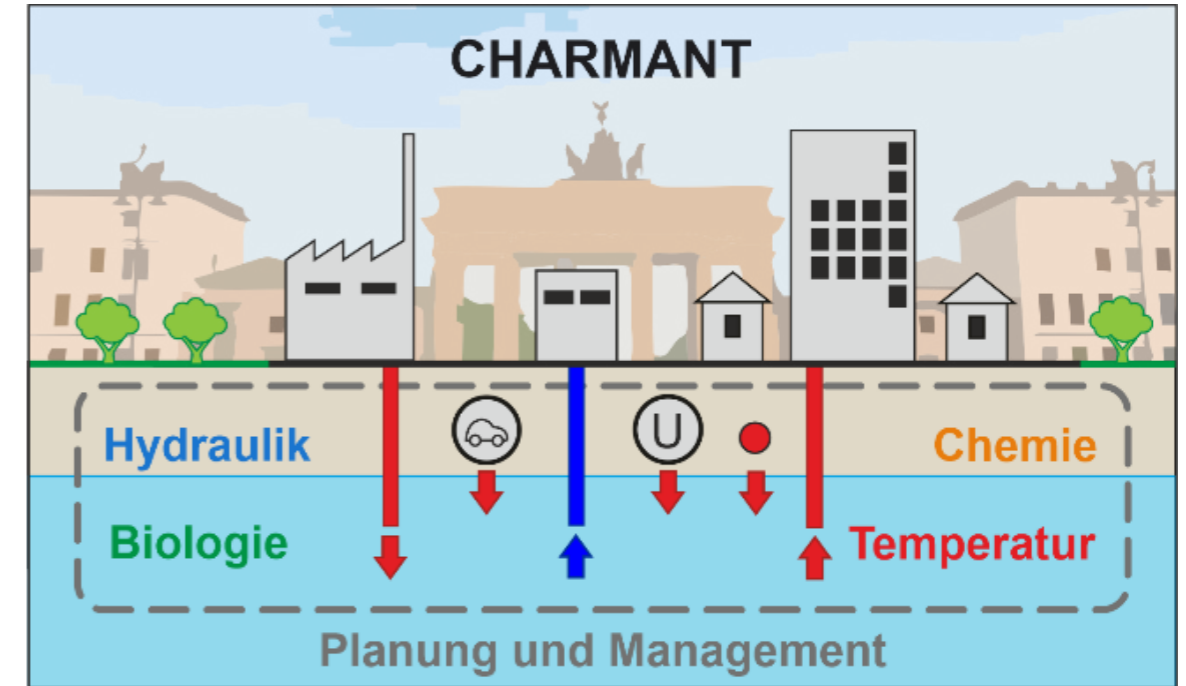
Verbundpartner

Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verkehr und Klimaschutz, Berlin
 SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG
 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 Universität Stuttgart
 Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
 Landesverband Berlin e.V.
 Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.

ein prozessbasiertes Modellwerkzeug geschaffen, das basierend auf diesen Daten die Simulation von thermisch-hydraulischen, chemischen und biologischen Veränderungen im Grundwasser auf unterschiedlichen, räumlich-zeitlichen Skalen ermöglicht. Um den ökologischen Zustand urbaner Grundwasserleiter im Hinblick auf Grundwasserfauna und -mikrobiologie in ein solches Verfahren einzubinden, werden zudem existierende, multikriterielle Bewertungsansätze an die dynamischen und urban-gestressten Verhältnisse angepasst, weiterentwickelt und validiert.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Das Vorhaben CHARMANT gliedert sich in sieben Arbeitspakete. Zunächst werden die bestehenden Datensätze zur GIS-gestützten Generierung der räumlichen Verteilung von hydrogeologischen Standortwerten und weiteren Umweltinformationen aufbereitet. Dabei werden auch bestehende Messnetze berücksichtigt, die als Grundlage für die Entwicklung von Multi-Level-Monitoringkonzepten für ein online Grundwassermonitoring zur verbesserten Erfassung und Überwachung des physikalischen und ökologischen Grundwasserzustands dienen. Besonderes Augenmerk wird auf die Kartierung der Grundwasserökologie gelegt, um geeignete Indikatorarten zu identifizieren, die eine Analyse der Dynamik der Grundwasserfauna und Mikrobiologie erlauben.



Konzept des Vorhabens CHARMANT: Grundwassermanagement und Bewirtschaftungsplanung von urbanen Grundwasserleitern basierend auf thermisch-hydraulisch-chemisch und biologischen (THCB) Prozessen. (Quelle: K. Menberg)

Basierend auf den Daten wird eine Abgrenzung ähnlicher Grundwasserräume in sogenannte Archetypen vorgenommen, die als Grundlage für die Modellierung der Prozesse im Grundwasser dienen. Grundwasserökologische Prozesse auf Messstellenskala werden dabei über kausale Modellierungsansätze basierend auf Kaskadeneffekten und Umschlagpunkten modelliert. Schließlich wird mit Hilfe des Multi-Skalen-Modellansatzes eine Prognose der Entwicklung des ökologischen Zustands und eine Ableitung der Resilienz gegenüber verschiedenen Klima- und Nutzungsszenarien durchgeführt.

wertungsverfahren werden bestehende Planungsgrundlagen sowie Konzepte zur Nutzung von Grundwasserinformationen systematisiert. Daran anschließend erfolgt die Untersuchung der rechtlichen Absicherung von entsprechenden Zielen und Planungsvorgaben sowie die Erprobung des Management- und Planungsverfahrens durch beispielhafte Anwendung auf konkrete Fragestellungen der Grundwasser- und Untergrundnutzung in Berlin. Zu diesen Fragestellungen werden im Rahmen der Umweltkommunikation öffentliche Dialogveranstaltungen sowie Beteiligungswerkstätten mit faunistischen Grundwasserbeprobungen durchgeführt.

Für die Ableitung konkreter räumlicher Ziele im Grundwassermanagement und -schutz basierend auf ökologischen Be-

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Standortcharakterisierung	Dr. Johannes Birner, Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verkehr und Klimaschutz
AP 2	Automatisierte Messnetze	Felix Grimmeisen, SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG
AP 3	Multi-Skalen Modellierung	Dr. Kathrin Menberg, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
AP 4	Bewertung und Prognose	Prof. Dr. Peter Bayer, Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg
AP 5	Raum- und Umweltplanung	Prof. Dr. Jörn Birkmann, Universität Stuttgart, Prof. Dr. Gerold Janssen, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.
AP 6	Anwendung und Transfer	Dr. Johannes Birner, Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verkehr und Klimaschutz
AP 7	Umweltkommunikation	Christian Schweer, BUND Berlin

WaRM

Nachhaltige, flexible Grundwasserbewirtschaftung in Ballungszentren auf Basis eines Wassersystemmodells am Beispiel der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main – Modellierung, Maßnahmen, Governance

KURZBESCHREIBUNG

Sich ändernde Rahmenbedingungen verschärfen die Nutzungskonflikte um die zur Verfügung stehenden Wasserressourcen und verlangen umfassende Lösungskonzepte für ein nachhaltiges und flexibles Grundwassermanagement. Ein Gebiet mit besonders hohem Handlungsdruck aufgrund eines steigenden Wasserbedarfs (Wachstumsregion, Landwirtschaft) sowie knapper und auch hinsichtlich der Qualität gefährdeter Wasserressourcen ist die stark grundwasserabhängige Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main. Im Verbund von Forschungseinrichtungen und den relevanten regionalen Akteuren wird ein Wassersystemmodell („WaRM“) erarbeitet, welches einen Wasser- (Menge und Qualität) mit einem Policy-Modellierungsansatz verbindet. Die Basis bilden umfassende Vorarbeiten, die erstmalig zu einem Gesamtansatz erweitert und verknüpft werden. Ausgehend von einer Konfliktanalyse und unter ergebnisorientierter Einbindung von Stakeholdern werden zeit- und skalendifferenzierende Maßnahmenoptionen herausgearbeitet und deren Einfluss auf das Grundwasser und den Wasserbedarf unter Einwirkung von Wandelszenarien modelltechnisch quantifiziert. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf Transport- und Stoffumsetzungsprozessen (u.a. Nitrat) in ungesättigter und gesättigter Zone mit Modellerweiterungen auf Basis von Feld- und Laborarbeiten. Eine multikriterielle Bewertung betrachtet die vielschichtigen Aspekte (u.a. Ökologie, Ökonomie, Stakeholder, Governance), die auch der Komplexität zeit- und skalendifferenzierender Maßnahmen gerecht werden. Der zu erarbeitende integrierte Maßnahmenplan wird konkrete, direkt nutzbare Bewirtschaftungsoptionen mit Instrumenten und Governance-Strukturen zur Verfügung stellen. Der integrierte Lösungsansatz ist auf andere Regionen übertragbar.

ZIELE

Das Projekt zielt darauf ab, das Konfliktpotenzial um die Wasserressourcen zu verringern. Untersucht werden geeignete Maßnahmen zur Steigerung von Wasserdargebot und -qualität und zur Verbesserung der Wassernutzungseffizienz. Dazu integriert das Wassersystemmodell numerische Modellierungsansätze mit wasserwirtschaftlich-technischen und politisch-administrativen Maßnahmenwirkungen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Zukunftsszenarien.

Die vorhandenen hydrologischen und hydrochemischen Modellbetrachtungen im Gebiet sollen zu einem Gesamtansatz



Laufzeit

01.03.2023 – 28.02.2026

Koordination:

Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
E-Mail: thomas.hillenbrand@isi.fraunhofer.de

Verbundpartner

BGD Ecosax GmbH, Dresden
BGS Umwelt, Darmstadt
Hessenwasser GmbH & Co. KG, Gross-Gerau/Dornheim
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt, Geologie (HLNUG); Wiesbaden
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt NW-FVA
Technische Universität Darmstadt (TuDa), Institut für angewandte Geowissenschaften

Assoziierte Partner

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV)
Abteilung Wasser & Boden, und Landwirtschaft
Kreis Groß-Gerau
Stadt Frankfurt, Umweltamt
Stadt Frankfurt, Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde

Webseite

www.w-rm.de

(teils numerisch, teils bilanziell) ergänzt werden (Wasserdargebot). Darüber werden die Nutzungen mit ihren Bedarfen abgebildet. Beide werden durch große Wandelprozesse (Klima, Demografie, Landnutzung, sozio-technologische Entwicklungen) beeinflusst, die über Szenarien dargestellt werden. Den durch den Klimawandel sich weiter verschärfenden Nutzungskonflikten muss mit Maßnahmen begegnet werden, die in einem Geflecht von Wirkungen, Interessen, Governance-Strukturen, Nutzenabwägungen etc. bewertet, priorisiert und im Rahmen eines integrierten Maßnahmenplans zusammengeführt werden müssen.

Das „Wassersystemmodell RheinMain (WaRM)“ soll – aufbauend auf der Integration der hydrologisch-hydrochemischen

Modelle mit einem Policy-Modellierungs-Ansatz – das Zusammenspiel von Wasserdargebot, Nutzungen und Maßnahmen unter verschiedenen Wandel-Szenarien abbilden und so eine Grundlage für umfassende Lösungsansätze bilden.

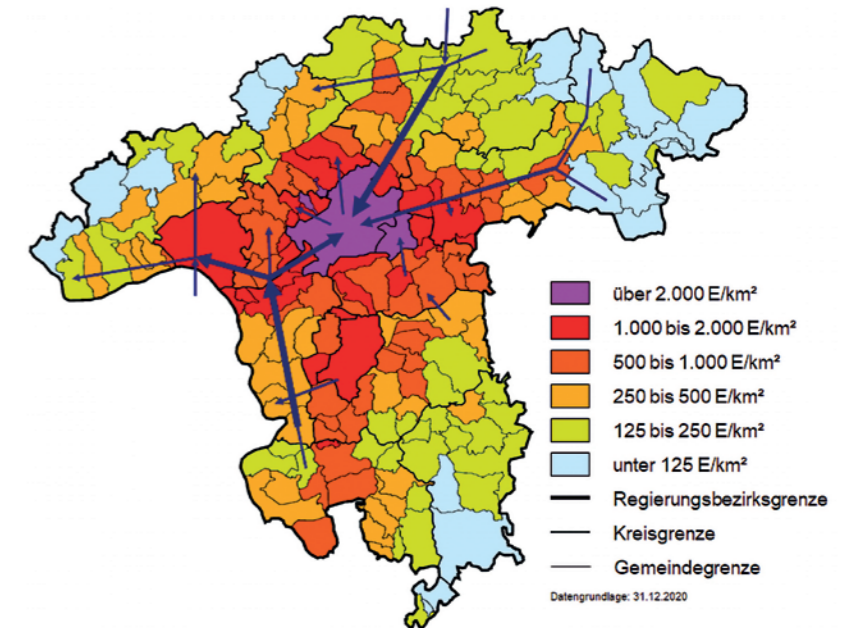
ARBEITSSCHWERPUNKTE

Die Arbeitsschwerpunkte liegen in der Erweiterung des Verständnisses um die Stoffumsetzungs- und Transportprozesse in gesättigter und ungesättigter Bodenzone, in der Erweiterung und Integration der bestehenden Modelle zur Grundwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung des Klimawandels und in der Bewertung von Maßnahmen unter Einbindung der Stakeholder und Berücksichtigung verschiedener Wandelprozesse in Szenarien.

Wichtige Labor- und Feld-Untersuchungen umfassen die Bestimmung von Denitrifikationsraten in der ungesättigten Zone an repräsentativen Modellstandorten und deren Übertragung in die Fläche. Gleiches betrifft die exemplarische Bestimmung von Abbauraten ausgewählter Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in der ungesättigten Zone. Die Aufklärung der Ursachen der im Hessischen Ried vorhandenen, teilweise hohen Ammoniumkonzentrationen in den Grundwässern ist von großer Bedeutung für die Entwicklung von Verminderungsstrategien. Die Ergebnisse der Feld-Untersuchungen fließen ein in die Erweiterung und Integration vorhandener Modelle und Tools sowie in bestehende, Grundwasserbezogene Beratungsstrukturen in der Modellregion.

Eine Umfeldanalyse hinsichtlich der relevanten Stakeholder, ihrer Interessen, vorhandener Konfliktlinien sowie ihrer möglichen Einbindung bildet die

Grundlage für die Stakeholderbeteiligung und politische Willensbildung. Erarbeitet werden soll eine Übersicht über qualitäts- und quantitätsbezogene Handlungsoptionen zur Verbesserung des Grundwassermanagements in Ballungsräumen mit Informationen zur Bewertung, zu möglichen Wechselwirkungen (Synergien, Konkurrenzen) zwischen den Optionen, zu zeitlichen und räumlichen Beschränkungen, etc. Dazu ist u. a. die Entwicklung eines praktikablen Bewertungsinstrumentariums erforderlich, das neben den projektimpliziten Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales auch die Ebene politischer und administrativer Umsetzungsmöglichkeiten und -logiken umfasst.



Politische Gliederung des Regierungsbezirks Darmstadt. Bevölkerungsdichte und Haupt-Lieferströme im Leitungsverbund Wasserversorgung Rhein-Main. (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main, bearbeitet Dr. Ulrich Roth, Beratender Ingenieur, Bad Ems, 2022)

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Grundwasserquantität: bewirtschaftungsbezogene Bestandsaufnahme und künftige Entwicklungen	Dr.-Ing. Markus Kämpf, Dr. Heike Pflutschinger-Pfaff; BGS
AP 2	Grundwasserqualität: Bestandsaufnahme und künftige Entwicklungen	Dr. Stephan Schulz, Prof. Dr. Christoph Schüth, TuDa; Dr. Christoph Kludt, HLNUG
AP 3	Modellintegration	Dr. Stephan Schulz, Prof. Dr. Christoph Schüth, TuDa
AP 4	Nutzungskonflikte und bisherige Konfliktlösungsansätze	Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 5	Maßnahmenoptionen	Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 6	Stakeholderintegration	Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 7	Wassersystemmodell Rhein-Main	Dr. Stephan Schulz, Prof. Dr. Christoph Schüth, TuDa; Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 8	Integrierter Maßnahmenplan	Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 9	Übertragbarkeit	Prof. Dr. Christoph Schüth, TuDa; Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, ISI
AP 10	Dissemination	Alle Projekte

IsoGW

Grundwasser-Isoscapes für Deutschland – Wasserisotope als innovatives Werkzeug für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung

KURZBESCHREIBUNG

Das Projekt „IsoGW“ erstellt eine interpolierte und dynamisch anpassbare Verteilungsübersicht von stabilen Wasserisotopen und Tritiumkonzentrationen des Grundwassers für ganz Deutschland.

Diese Form der Darstellung ist auch als ‚Isoscape‘ bekannt und ist für Deutschland bislang nicht verfügbar. In Verbindung mit den bekannten Isotopenverteilungen von Niederschlag und Oberflächengewässern lassen sich hydrologische Prozesse wie beispielsweise Grundwasserneubildungsgebiete gezielt identifizieren oder Fragestellungen bei der Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat beantworten. Die neue Grundwasser Isoscape und die ihr zu Grunde liegende Datenbank bieten somit Werkzeuge, auf deren Grundlage eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung in Deutschland erfolgen kann.

Bei sich ändernden Landnutzungen und dem Klimawandel werden solche neuen Instrumente wichtig sein. Die Grundwasser-Kartierung der Isotope erfolgt aus vorhanden Daten der Landesämter, aus der Literatur, von Firmen sowie über neue Messkampagnen. Die neue Isoscape und Datenbank werden Nutzern frei, interaktiv, langfristig und ausbaufähig zur Verfügung gestellt. Die öffentliche Bereitstellung aller Daten sowie deren Visualisierung soll über eine Internetanwendung an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) stattfinden. Das System soll über historische Daten sowie zukünftige Messungen nach Projekt-Laufzeiten- de erweiterbar sein.

ZIELE

Das übergeordnete Ziel des Verbundprojektes ist es, für Deutschland erstmalig eine erweiterbare flächendeckende Isoscape für stabile Wasserisotope ($\delta^{18}O$ und δ^2H) und Tritiumkonzentrationen (3H) im Grundwasser zu erstellen.

Grundlage hierfür ist die Erstellung einer öffentlichen Datenbank, die als Isoscape visualisiert und über Web-Services zur Verfügung gestellt werden soll. Anhand von ausgewählten Pilotstandorten werden Best Practice Anleitungen erstellt. Dabei wird die Praxistauglichkeit der Isotopenanwendungen für unterschiedliche Fragestellungen erprobt und aufgezeigt, wie beispielsweise klimabedingte Änderungen der Grundwasserneubildung oder Quantifizierungen bei Uferfiltration. Dazu dienen die Pilotstandorte, welche intensiv beprobt werden.



Laufzeit

01.03.2023 – 01.03.2026

Koordination:

PD Dr. Robert van Geldern
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg (FAU),
GeoZentrum Nordbayern (GZN), Lehrstuhl für angewandte
Geologie
Schlossgarten 5, 91054 Erlangen
E-Mail: robert.van.geldern@fau.de

Verbundpartner

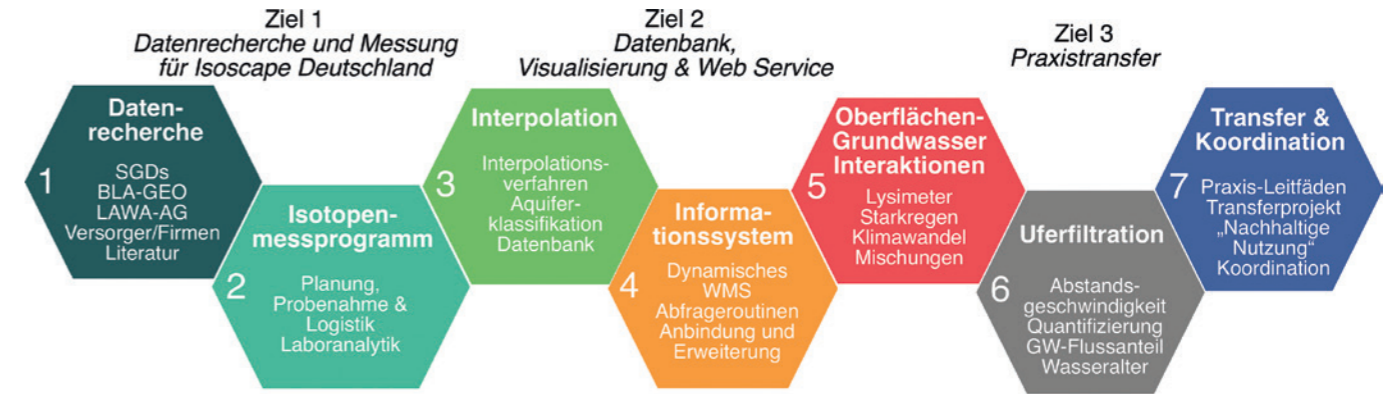
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR),
Berlin
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz
CDM Smith Consult GmbH, Geschäftsbereich Wasser, Berlin
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU),
Institut für Geographie, Arbeitsgruppe Digital Humanities
and Social Studies, Erlangen
Hydroisotop GmbH, Schweitenkirchen
Isodetect GmbH, Leipzig

Assoziierte Partner

Fernwasserversorgung Franken (FWF), Uffenheim
Landesamt für Umwelt (LfU) Bayern, Hof/Saale

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Ein erster Arbeitsschwerpunkt von IsoGW wird die Datenrecherche sein, die sowohl aus den bereits vorhandenen Daten der Landesämter als auch aus der Literatur kompiliert wird. Darüber hinaus sind Neubeprobungen in Regionen mit fehlenden Daten oder einer zu geringen Datendichte geplant. Diese Datensätze bilden die Grundlage einer Datenbank, die einerseits die historischen Isotopendaten des Grundwassers enthält und andererseits fortlaufend mit neuen Daten ergänzt wird. Das erklärte Ziel des Projektes ist es, diese Daten langfristig kostenlos und frei zugänglich der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts ist die darauf aufbauende Interpolierung der Punktdaten und Visualisierung als Isoscape für ganz Deutschland. Ein fortlaufendes und kontinuierliches Arbeitspaket umfasst



Arbeitspakete des Verbundantrages IsoGW. Die Arbeitspakete sind dabei den Zielen des FuE-Vorhabens zugeordnet und werden jeweils von mehreren Projektpartnern bearbeitet. (Quelle: IsoGW)

dynamische Anpassungen des elektronischen Grundwasser-Isoscape. Das Projekt wird auch die Interaktion des Grundwassers mit den hydrologischen Kompartimenten Oberflächenwasser und Niederschlag an verschiedenen Standorten untersuchen. Dazu werden an Pilotstandorten zeitlich und räumlich höher aufgelöste Messungen durchgeführt. Diese Best-Practice Projekte zur Anwendung von Isotopenmethoden befassen sich mit Uferfiltration zur Trinkwassergewinnung, der Oberflächenwasser-/Grundwasser-Interaktion entlang von Flüssen, dem Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung mithilfe von Lysimetermessungen und der Abschätzung des Einflusses von Starkniederschlägen auf Trinkwasserbrunnen. Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Best-Practice Projekten werden abschließend in Form von Leitfäden für die Anwendung von Isotopenmethoden im Bereich der Grundwasserbewirtschaftung für die Praxis kommuniziert.

UNTERSUCHUNGSSTANDORTE

Die Untersuchungen an den Pilotstandorten werden durch die assoziierten Partner Fernwasserversorgung Franken (FWF) und Landesamt für Umwelt (LfU) Bayern unterstützt.

Folgende Aspekte werden untersucht:

- (1) Charakterisierung und quantitativen Bewertung klimatischer Effekte auf die Grundwasserneubildung an sechs Lysimeter-Standorten in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern.
- (2) Auswirkung von Starkregenniederschlägen in Wackersberg (LKR Bad Tölz-Wolfratshausen)
- (3) Mischungsverhältnisse von Oberflächen- und Grundwasser in Lehmen an der Mosel (LKR Mayen-Koblenz)
- (4) Quantifizierung von Uferfiltration an der Iller, am Main und an der Havel

AP Nr.	Titel des AP	Leiter des AP (Name, Organisation)
AP 1	Datenrecherche	Dr. Robert van Geldern und Prof. Johannes Barth, Geozentrum Nordbayern, FAU; Dr. Paul Königer, BGR
AP 2	Isotopenmessprogramm	Dr. Axel Schmidt, BfG
AP 3	Flächige Interpolation – Isoscape	Prof. Dr. Blake Walker und Dr. Dominik Kremer, Institut für Geographie, FAU
AP 4	Informationssystem ‚Isotope im Grundwasser‘ (IsoGW)	Dr. Paul Königer, BGR; Prof. Dr. Blake Walker und Dr. Dominik Kremer, Institut für Geographie, FAU
AP 5	Oberflächen-Grundwasser Interaktionen	Michael Heidinger, Hydroisotop GmbH
AP 6	Uferfiltration	Dr. Heinrich Eisenmann, Isodetect GmbH
AP 7	Transfer und Koordination	Dr. Philip Schuler, CDM Smith Consult GmbH



www-bmbf-lurch.de