

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „aqua³“

Technische Ausgestaltung und digital-gestützte Bewirtschaftung von 3 qualitäts-gesicherten Wasserkreisläufen zur langfristigen Sicherstellung der städtischen Wasserversorgung als Beitrag zur Entwicklung klimaangepasster Städte

Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster, Leibniz Universität Hannover

Julia Oberdörffer, Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband

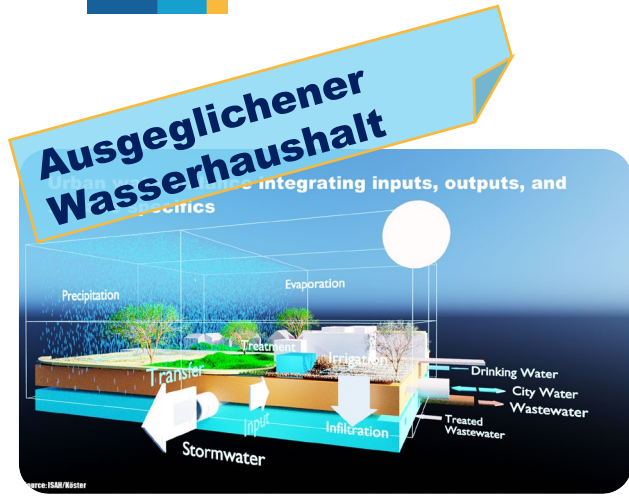


Problemrelevanz und Anwendungsbezug

1. Positives Entwicklungsziel für urbane Transformation
2. Schwammstadt als konsequenteste Form der Klimaanpassung
3. Daseinsvorsorge - Genug Wasser für alle(s) - urbane
Wasserkreislaufwirtschaft



Projektziele und Innovation – „Dreiklang“ der Wasserversorgung



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

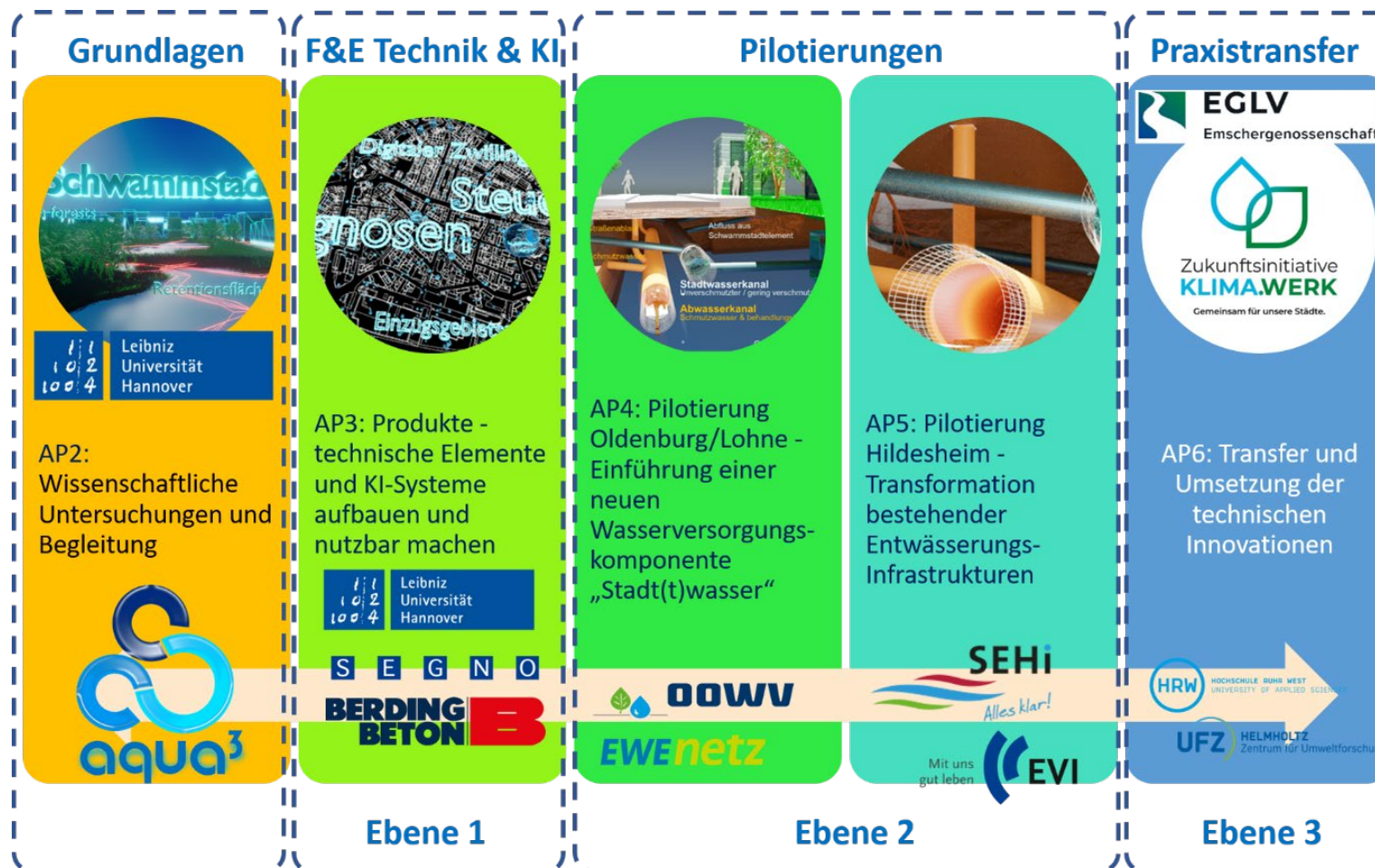
- Wissenschaft: LUH (ISAH), HRW, UFZ
- Praxispartner: OOWV, EGLV, SEHi, EWE Netz, SEGNO, BERDING BETON
- Assoziiert: RWW, EVI, Städte Oldenburg, Lohne, Hildesheim
- Enge Zusammenarbeit mit Kommunen, Behörden, Verbänden → Umsetzung & Transfer



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung



Umsetzung Hannover - Regenwasseraufbereitung



- Betrieb einer halbtechnischen Pilotanlage „City Water Hub“ (CWH) im Innenhof/Hauptgebäude
- Optimierung verfahrenstechnische Konfiguration durch modulare Regenwasseraufbereitung über Sommermonate
- Bau und Betrieb „Campus Water Hub“ mit Zisterne – Neubau Wissenschaftsreflexion der LUH



City Water Hub Pilotanlage im Innenhof – Hauptgebäude LUH



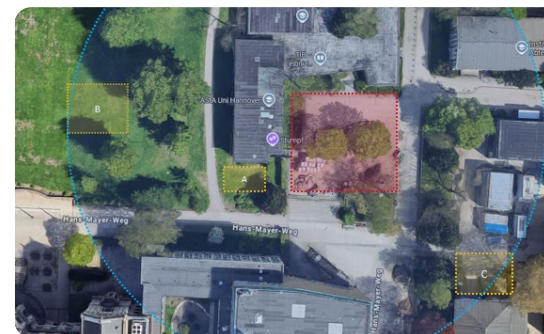
Umsetzung Hannover - Speicherbewirtschaftung



- Smarte Wasserspeicher → KI-unterstützte Systeme
- Aktive Bewirtschaftung des Bodens
- Wasserspeicherung städtische Oberflächen
 - Einrichtung eines Testfeldes mit Klimasteinen (Berding Beton) inkl. Zisterne
 - Untersuchungen/Erprobung der Erhöhung der Kühlleistung im Sommer durch Verdunstungsflächen
 - Einrichtung einer Klimakammer für Verdunstungsversuche verschiedener Stadtoberflächen: Pflaster-/Klimasteine



Standort Testfeld LUH



Umsetzung Lohne - Entwicklung eines Stadt(t)Wasserkonzepts



- „Stadt(t)Wasser“-Versorgung
 - Ermittlung des Nutzungspotenzials Regenwasser
 - Konzeption Wasserspeicherung - Integration der vorhandenen Entwässerungsinfrastruktur
 - Definition konkreter Nutzungspfade für Stadt(t)Wasser im Quartier in LOHNE
 - Erstellung einer lokalen Wasserbilanz / Planung abflussfreies Quartier

Ergänzend: Grundschule Lohne

- Regenwassernutzung/Strategieentwicklung für „Water-Wise Communities“ - Heizvorsorge in der Schule

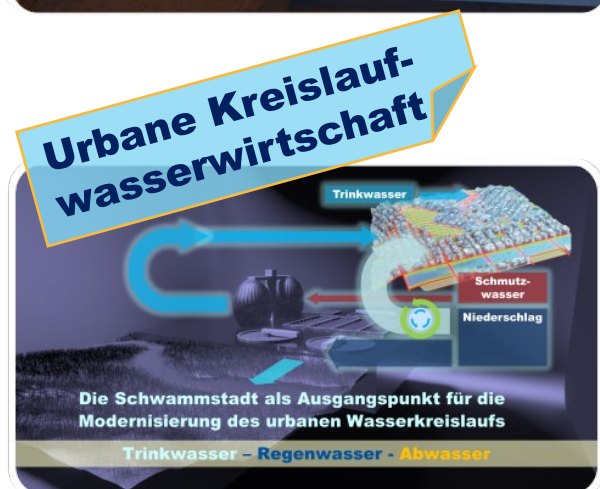


-

Umsetzung Hildesheim – qualitätsbasierte Trennentwässerung



- Entwicklung eines Implementierungs- und Betriebskonzept zur Stadt(t)Wasserbereitstellung im Quartier „Neustadt“
 - Identifikation geeigneter Dach-, Hof- und Grünflächen
 - Integration von BGI – Elementen
 - Aufbau neuer Entwässerungsstruktur – Quartiersspeicher und Retentionsräume
- Umsetzung der qbTE für industrielle Anwendungen
 - Analyse des Oberflächenabflusses (Spitzenlast und Qualitäten) industrieller Flächen
 - Nutzung von wenig belastetem Niederschlagswasser im Hafengebiet für Industrie (z. B. Flüssigboden-Herstellung).
- Regelkonzept, Auswertung & Validierung der „Abwasserweiche“ im Hafengebiet

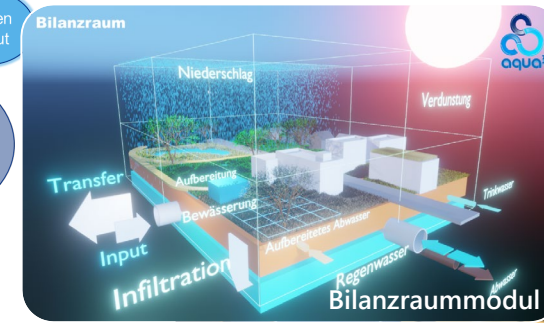
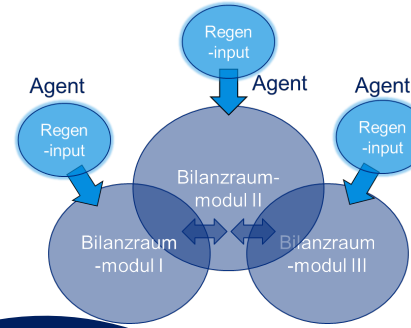


Abwasserweiche Pilotgebiet „Hafengebiet“



Produkte und Verwertung

- Dezentrale Regenwasseraufbereitung
→ Erzeugung mehrerer Qualitätsstufen
- Beton als Baustoff und Wasserspeicher
- Integration bestehender Infrastrukturen zur Regenwasserbewirtschaftung
- Bewirtschaftungsmodule
 - smarte Bewirtschaftung von urbanen Speichersystemen
 - Systemoptimierungsalgorithmen
- Bilanzraummodule
Neue Wasserversorgungskomponenten
Stadt(t)Wasser + Brauchwasser
- Einsatz auf unterschiedlichen
Skalierungsebenen
- Wissenstransfer durch Workshops



Blau-grüne Infrastruktur



„Graue“ Infrastruktur

Grundwasser

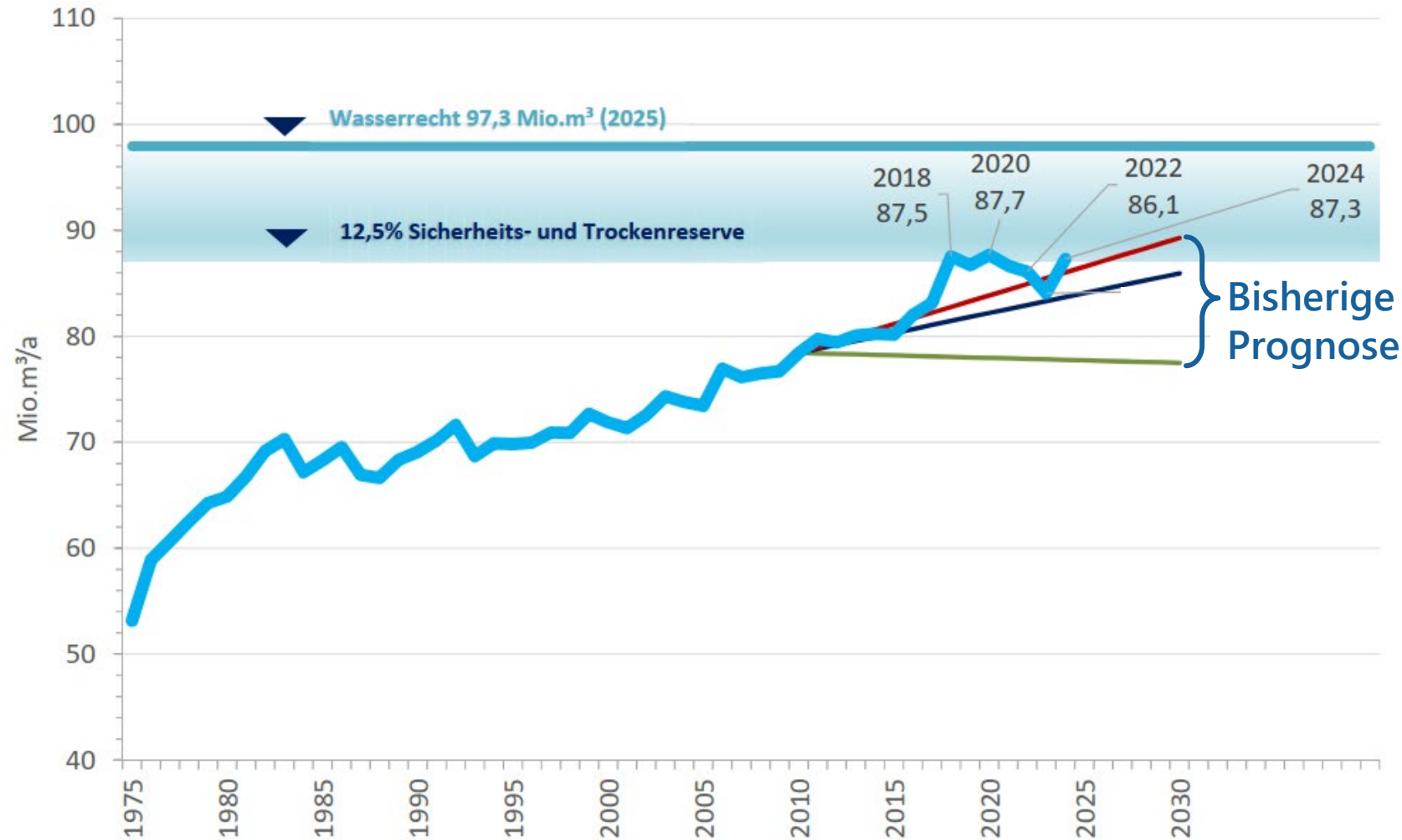
Praxis: Motivation



Business as usual ist keine Option mehr!

- Steigende Wasserbedarfe
- Steigende Spitzenbedarfe
- Auswirkungen des Klimawandels als Beschleuniger

→ Lösungen für die Transformation wasserwirtschaftlicher Infrastrukturen



Quelle: OÖWW

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung



Praxis: Verwertungsperspektiven

- **Lokal:** aqua³-Lösungen als Transformationsbeschleuniger für Anpassung von wasserwirtschaftlichen Infrastrukturen in Bestandsgebieten
- **Regional/Überregional:** aqua³-Ergebnisse als Blaupausen für Herausforderungen
- **Unternehmen:** aqua³-Produkte als Ansatzpunkte, um „Niederschlagswasser neu zu denken“



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „BioStabil“

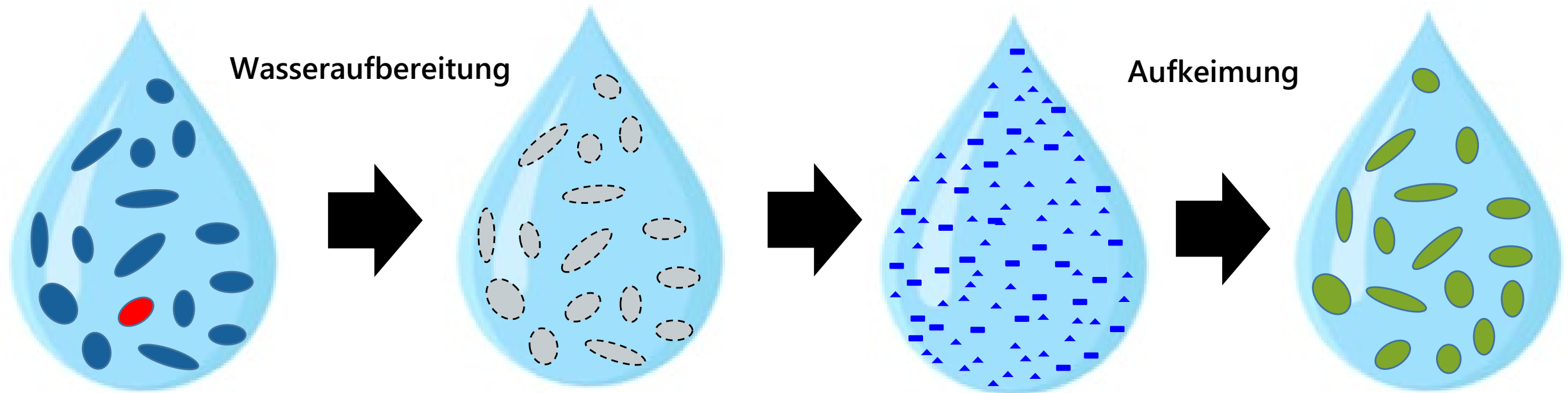
Biologische Stabilisierung von Trinkwasser zur Sicherung der hygienischen Resilienz

Dr. Andreas Nocker, IWW Institut für Wasserforschung gGmbH

Dr. Regine Fischeder, Zweckverband Landeswasserversorgung

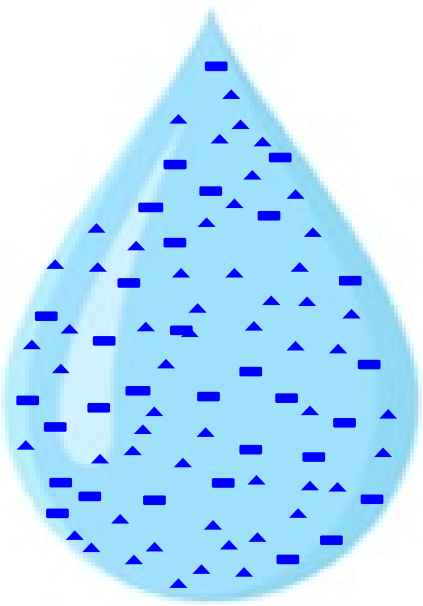


Problemrelevanz und Anwendungsbezug

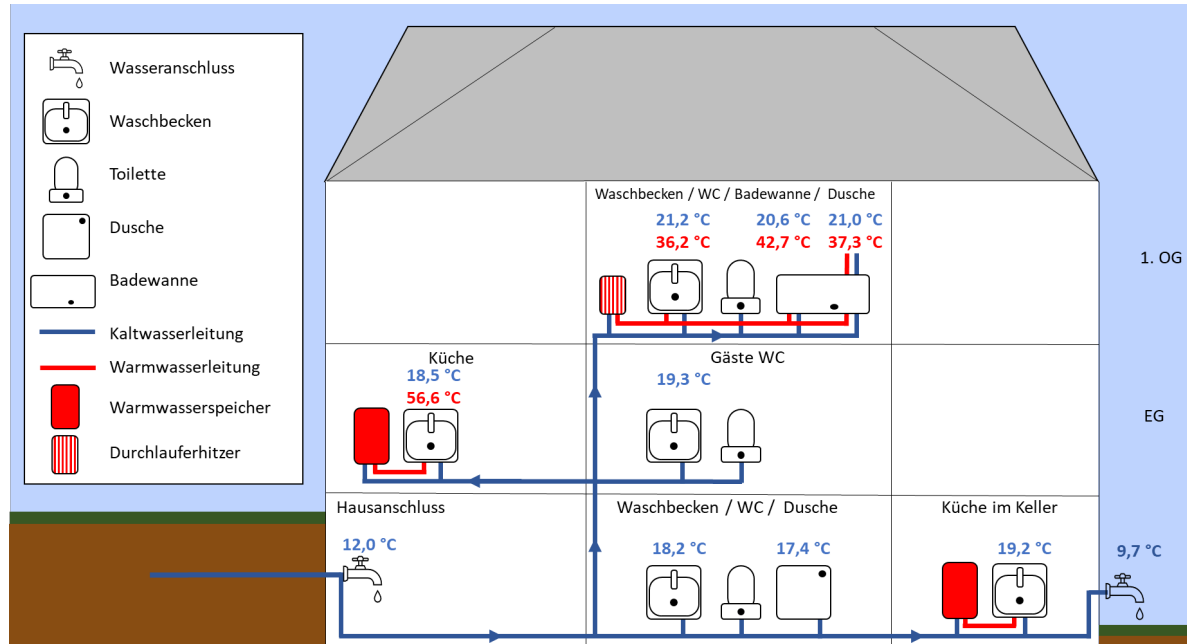
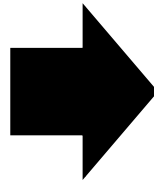


In der Aufbereitung von Oberflächenwässern werden die zuvor biologisch fixierten Nährstoffe in gelöste Nährstoffe umgewandelt. Die Nährstoffe können die Grundlage für eine spätere Aufkeimung darstellen.

Problemrelevanz und Anwendungsbezug

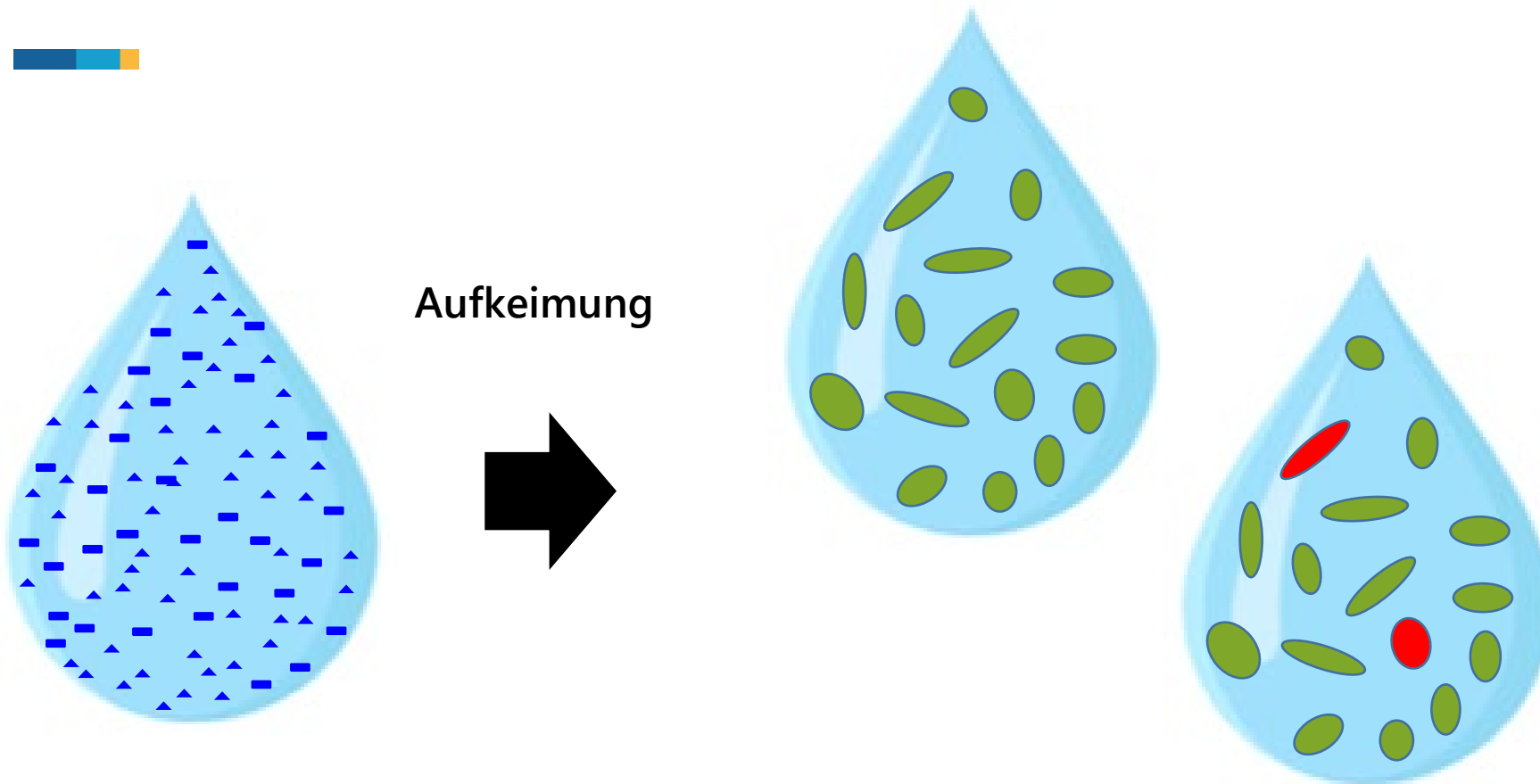


Aufkeimung



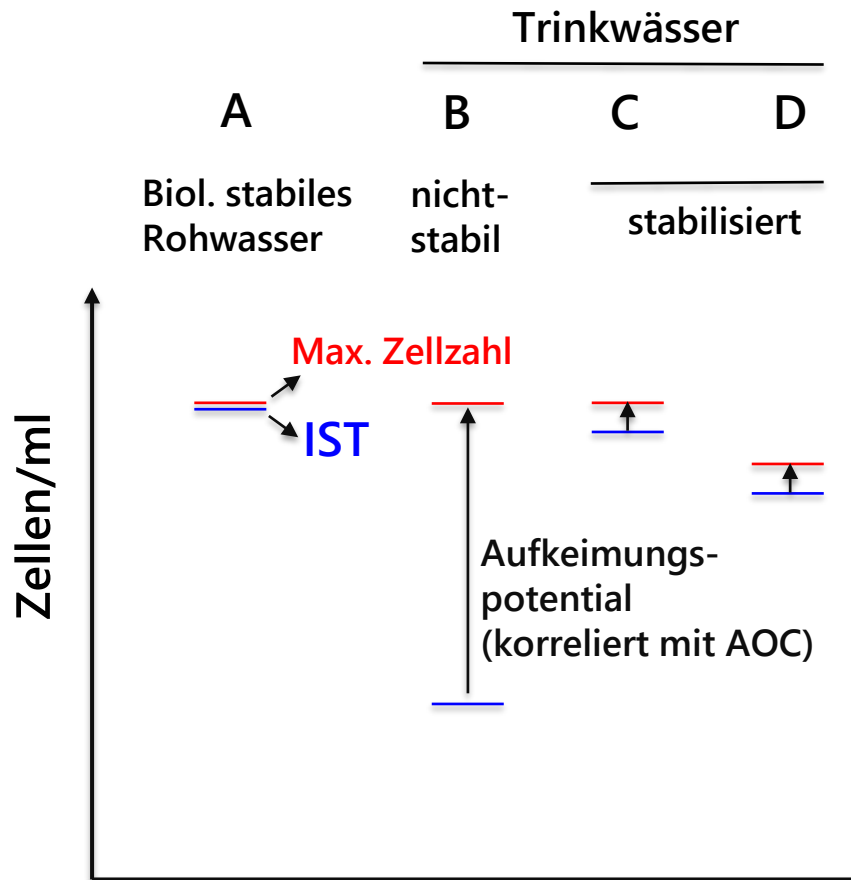
Die Aufkeimung ist in der Regel unkontrolliert. Man will es jedoch nicht dem Zufall überlassen, was sich im Wasser ansiedelt. Meist erfolgt die Aufkeimung in der Trinkwasserinstallation.

Problemrelevanz und Anwendungsbezug



Die Aufkeimung ist in der Regel unkontrolliert. Man will es jedoch nicht dem Zufall überlassen, was sich im Wasser ansiedelt. Meist erfolgt die Aufkeimung in der Trinkwasserinstallation.

Problemrelevanz und Anwendungsbezug



Projektziel ist die Etablierung des Konzeptes der biologischen Stabilisierung von Trinkwasser.

Dabei geht es nicht wie in der Vergangenheit um die Minimierung der Bakterienkonzentrationen im Wasser, sondern um die Minimierung des Aufkeimungspotentials bzw. Aufkeimungsfaktors.

Problemrelevanz und Anwendungsbezug



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Herausforderungen für die Wasserwirtschaft:
 - erhöhte Wassertemperaturen (Klimawandel)
 - veränderte Beschaffenheiten der Rohwässer
 - Hygienisierung des Rohwassers ist essenziell (d.h. Desinfektion ist notwendig), bietet aber in Zukunft voraussichtlich keine ausreichende Sicherheit bis zum Zapfhahn.
 - rückläufiger Wasserkonsum in ländlichen Gebieten, d.h. höhere Verweilzeiten des Trinkwassers

- Wissenschaftlich-technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz des Vorhabens
 - höhere Resilienz des Wassers
 - Vermeidung von häufigeren Netzspülungen
 - Minimierung des Chemikalieneinsatzes
 - Trinkwasser als „wichtigstes Lebensmittel“

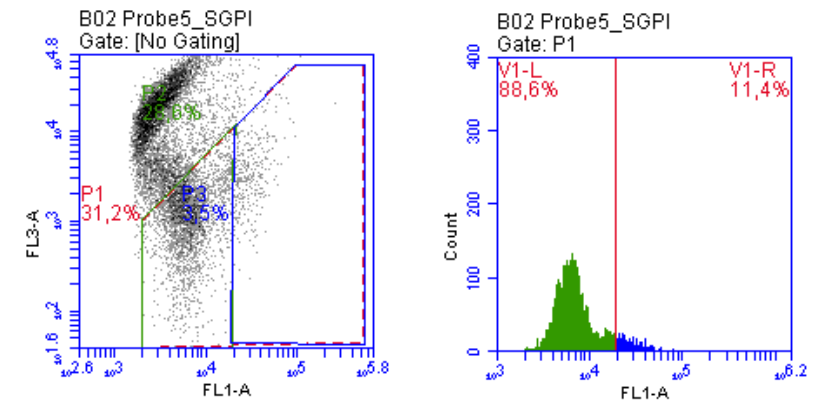
Projektziele und Innovation

■ Zielsetzung

- Erhöhung der mikrobiol. Trinkwasserresilienz gegenüber hygienischen Beeinträchtigungen
- Testung des Konzeptes der biologischen Stabilisierung bzw. des hygienischen Mehrwerts
- Innovative Monitoring-Technologie auf Basis von „Pattern-Analyse“
- Bewertung der Wirtschaftlichkeit der biologischen Stabilisierung

■ Innovation des Vorhabens

- Probiotischer Ansatz (Besetzung ökologischer Nischen)
- Umweltfreundliche Erhöhung der hygienischen Sicherheit ohne Desinfektionsmittel
- „Biologische Depotwirkung“ statt „chemischer Depotwirkung“
- Assistenztool zur Quantifizierung der biologischen Stabilität auf der Basis des mikrobiol. „Fingerprints“



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

- Partner: IWW Institut für Wasserforschung gGmbH, Zweckverband Landeswasserversorgung, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Universität Duisburg-Essen



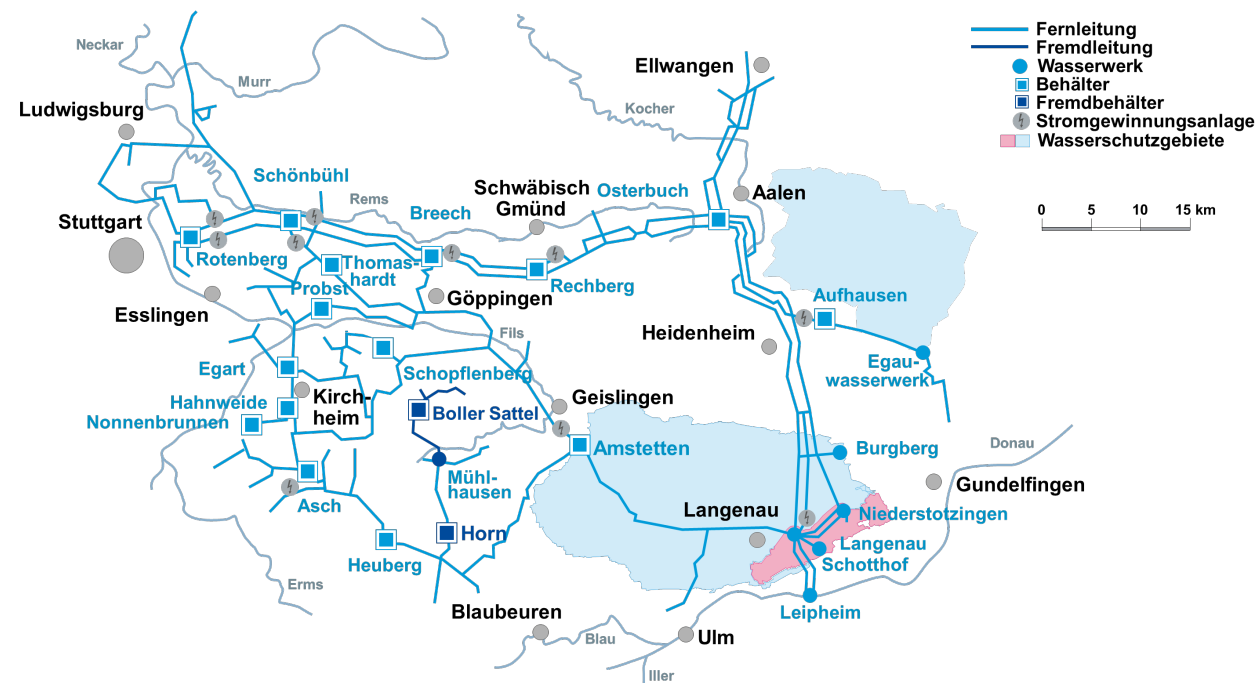
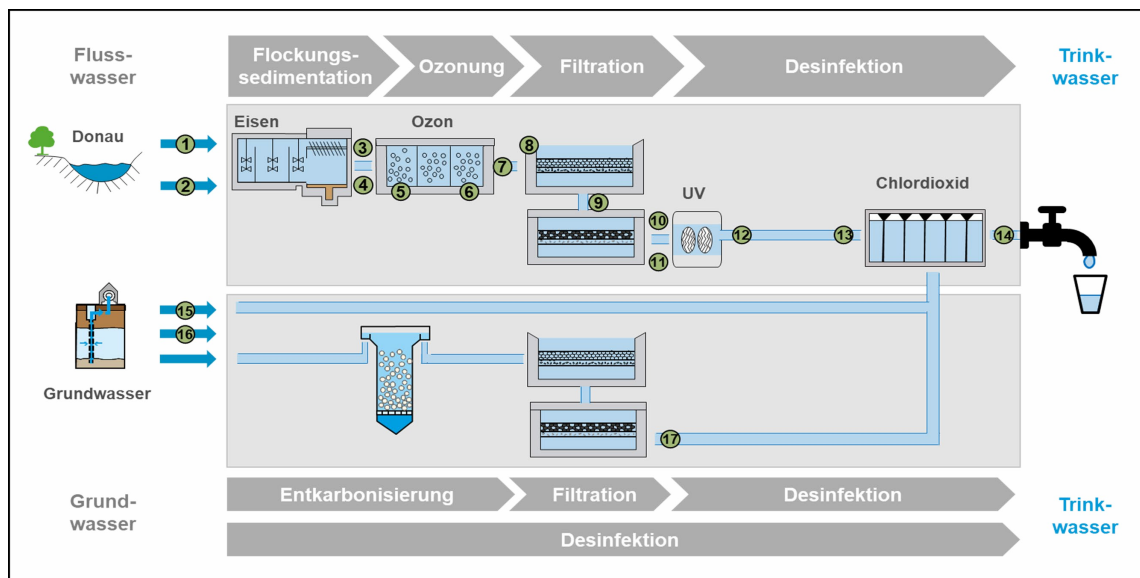
- Assoziierte Partner: Gelsenwasser AG, Avacon Wasser GmbH



- Kooperation mit Partnern: Wasserindustrie bereits stark eingebunden (auch SW Düsseldorf im Projektbegleitkreis), direkte Vernetzung mit DVGW (Projektkreise, Arbeitsgruppen), Kontakt mit UBA, Gesundheitsämtern und anderen Fachgruppen

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung

- Erhebung von Messdaten aus der Praxis (IST-Zustand): Wasserqualitätsparameter, Fingerprints, und teilweise der Mikrobiome und deren Veränderungen in der Aufbereitung und Verteilung bei drei Wasserversorgern

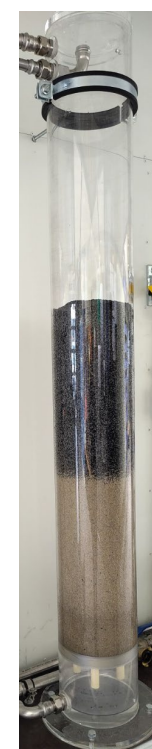


Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung

- Herstellung von biologisch stabilisiertem Trinkwasser vor Ort mithilfe einer Versuchsanlage
- Testung der Vermehrung von hygienisch relevanten Bakterien in Wässern unterschiedlicher Stabilität: welche Mikroorganismen profitieren vom Aufkeimungspotential?
- Etablierung eines neuen standardisierten Monitoringkonzeptes zur Messung und Bewertung von mikrobiol. Veränderungen und Ursache-Wirkungs-Analyse
- Ökonomisch-ökologische Bewertung adressiert die Aspekte Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit & fügt diese Ergebnisse in ein Transferkonzept zusammen
 - Ökonomisch: Kostenrechnung („Life-Cycle-Costing“)
 - Ökologisch: Nachhaltigkeitskriterien, z.B. in Anlehnung an den Ökosystemleistungs-Ansatz oder Herleitung eigener Indikatoren
 - > Ergebnis: Transferkonzept

Umsetzung am Pilotstandort Langenau

- Versuchsanlage in Langenau: Stabilisierung des Wassers am Ende der Aufbereitung



Landeswasserversorgung • Dr. Winzenbacher/Dr. Fischeder/Dr. Lucke/Çakır

- Wie kann Stabilisierung am effizientesten erreicht werden?
- Herstellung von Wasserqualitäten unterschiedlicher Stabilität
- Einspeisung in simuliertes Verteilnetz und Monitoring von Veränderungen
- Parallel zu in-line Tests mit Großfiltern

Produkte und Verwertungspotenziale



- **Produkte**
 - Konzept von biologisch stabilem Trinkwasser
 - Neuartiges Messsystem für die Quantifizierung von Veränderungen der wasserbürtigen Mikrobiologie
 - Algorithmen-basierte Bewertung der hygienischen Resilienz in Form eines Assistenztools
- **Wirtschaftliche sowie wissenschaftlich-technische Verwertung der entwickelten Lösungen und Produkte**
 - Im Erfolgsfall breite Anwendbarkeit (v.a. aufbereitete Oberflächenwässer, Water Reuse, industrielle Wasserversorgungen)
 - Wirtschaftliche Einsparungen durch Vermeidung von chemischer Desinfektion, Verminderung möglicher toxischer Effekte etc.
 - Minimierung hygienischer Auffälligkeiten
 - Kommerzielle Weiterentwicklung des bioinformatischen Tools zur Erkennung von mikrobiol. Abweichungen

Produkte und Verwertungspotenziale

- Aktivitäten zum Praxistransfer sowie zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anwender/Standorte/Regionen
 - Mitwirkung der Praxispartner in nationalen Fachkreisen der Trinkwasserwirtschaft
 - Enge Zusammenarbeit der akademischen Partner mit der Industrie
- Beiträge zu Regelsetzung, Standardisierung und Normung
 - Übertragung der Ergebnisse in Normung und technisches Regelwerk in Zusammenarbeit mit den Verbänden (DVGW) und Ämtern (UBA, Gesundheitsämter)

- Das Betriebs- und Forschungslabor der LW ist akkreditiert und befasst sich schwerpunktmäßig mit der Spurenstoffanalytik, der Trinkwasserhygiene und der klassischen Wasserchemie.
- Neben analytischen werden auch verfahrenstechnische Fragestellungen aus der Wasseraufbereitung untersucht, wobei die erarbeiteten Lösungen häufig Anwendung in der Praxis finden.
- Motivation zur Teilnahme an BioStabil: In den Sommermonaten kam es im Filtratbehälter als auch in Teilen des Verteilnetzes zu einem vermehrten Auftreten von Aeromonaden und zum Teil auch zu erhöhten Koloniezahlen bei 22 °C und 36 °C. Diese „anormalen Veränderungen“ ließen bei dem einen oder anderen Gesundheitsamt den Ruf nach Desinfektion laut werden. Seitens der Wasserversorger ist dieses Vorgehen häufig nicht erwünscht, da hygienische Probleme dadurch nur maskiert werden und die Ursachenforschung erschweren. Zusätzlich werden vermehrt Nährstoffe durch oxidative Prozesse freigesetzt, was die Biostabilität des Wassers reduziert.

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung



Das Betriebs- und Forschungslabor der LW bringt seine Erfahrungen und Kompetenzen in folgenden Aufgabenfeldern des Projekts ein:

- Konzeption, Bau und Betrieb einer halbtechnischen Versuchsfilteranlage und der Versuchsverteilstrecke (zusammen mit IWW)
- Probennahmeplanung und Durchführung der Probennahmekampagnen
- Mikrobiologische und physikalisch-chemische Untersuchungen im akkreditierten Labor
- Durchflusszytometrische Analysen
- Zusammenstellung und erste Auswertung der gesammelten Daten

Praxis: Verwertungsperspektiven

- **Ziel 1** Vertiefte Erkenntnisse zum Aufkeimungspotential von Rein- und Trinkwasser nach verschiedenen Aufbereitungsschritten
- **Ziel 2** Erhöhung der biologischen Stabilität bei der Wasseraufbereitung durch Modifizierung der Prozesse
- **Ziel 3** Aufrechterhaltung der biologischen Stabilität bzw. der hygienischen Resilienz im Verteilnetz
- **Ziel 4** Mittelfristig Verzicht auf die Sekundärdesinfektion mit Chlordioxid am Wasserwerksausgang

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „Flexilienz“

Resilienzen stärken: Flexibilisierung und Innovationen als Treiber für eine zukunftsfähige Wasserversorgung in Kassel

Prof. Dr.-Ing. Tobias Morck, Universität Kassel

Dipl.-Ing. Tobias Krohne, Bereichsleiter Wasser, Städtische Werke Netz + Service GmbH



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

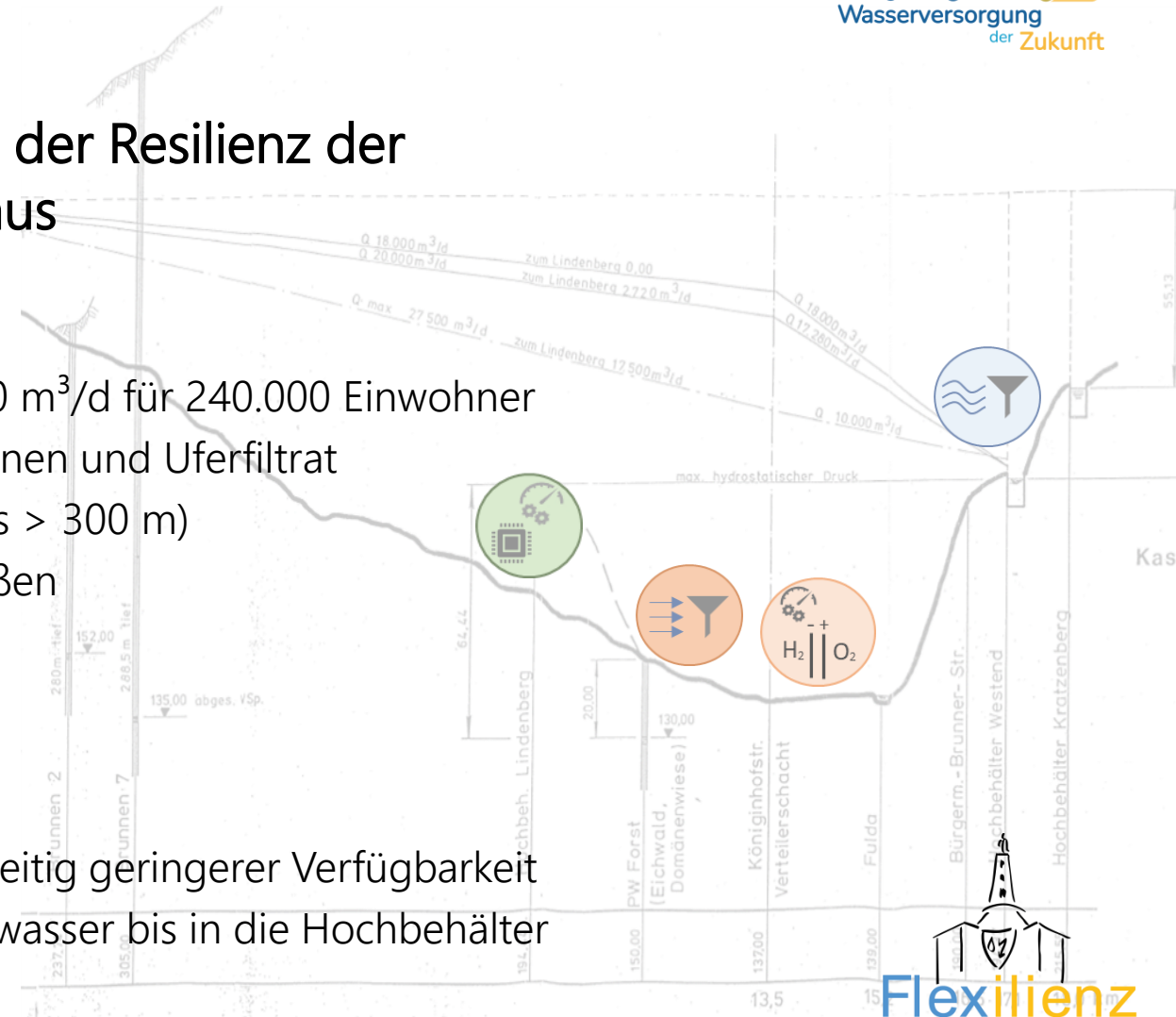
Flexilienz forscht in Reallaboren zur Erhöhung der Resilienz der Wasserversorgung in Kassel und darüber hinaus

Ausgangslage

- Großstadt in Nordhessen, Wasserbedarf im Mittel 33.000 m³/d für 240.000 Einwohner
- diverse, flexible Wassergewinnung aus Quellen, Tiefbrunnen und Uferfiltrat
- große Höhenunterschiede im Versorgungsgebiet (ΔH bis > 300 m)
- Energie- und Wärmewende wurde bereits aktiv angestoßen

Herausforderungen

- länger anhaltende und häufigere Trockenperioden
- vermehrt auftretender Starkregen
- steigender Wasserbedarf in Trockenperioden bei gleichzeitig geringerer Verfügbarkeit
- hoher Energieverbrauch für die Förderung von Brunnenwasser bis in die Hochbehälter
- schwankendes regeneratives Energieangebot



Projektziele und Innovation

Ziele

- Etablierung einer effektiven Einbindung der Quelfassungen nach Starkregen
- Wiederverwendung von Filterrückspülwasser
- Einführung, Implementierung und Testung eines dezentralen H₂-Konzepts
- Etablierung und Testung eines flexiblen Lastfahrplans

Innovation und Effekte

- Etablierung **neuer Aufbereitungstechnologien** unter realen Bedingungen bei effizienter Einbindung bestehender Infrastrukturen, um deren **Resilienz** zu erhöhen.
- Sektorübergreifende Kopplung von Energie- und Wasserversorgung zur **Flexibilisierung** des Betriebs und zur Senkung von Energiekosten.
- Darstellung des Paradigmenwechsels in der Wasserbereitstellung von „immer voll“ zu „so voll wie nötig“ im Reallabor.
- Vorbereitung einer Hochskalierung und eines **Transfers** in die Kommunen.

Kooperationspartner und Einbindung der Praxis



- Forschung: DVGW-TZW, Fraunhofer IEE, Universität Kassel
- Praxis: Städtische Werke Netz+Service, EnWaT GmbH, Oppermann GmbH
- assoziiert: DuPont GmbH & Co. KG



Städtische Werke
Netz+Service

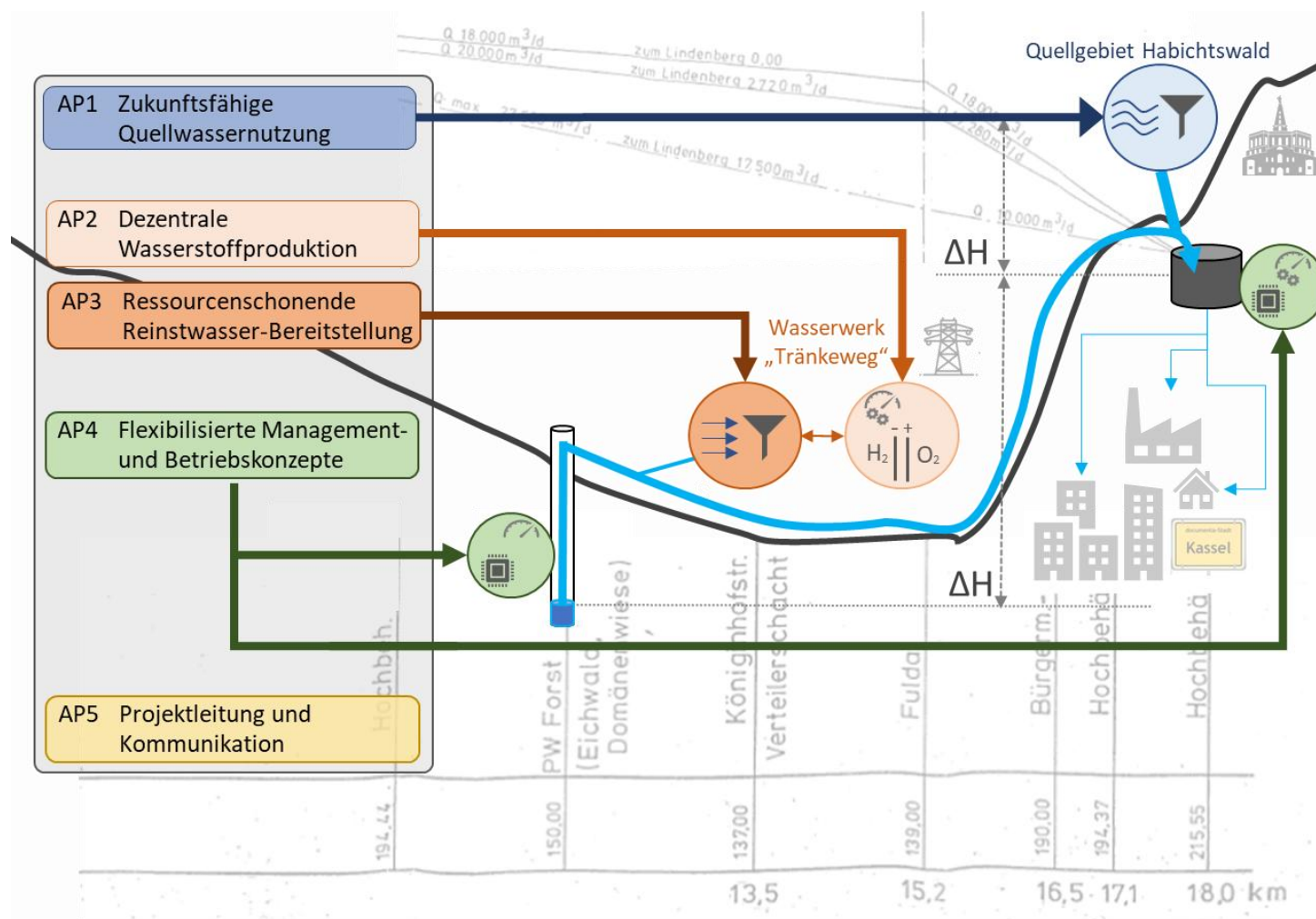


OPPERMANN GMBH
Ingenieurbüro • Beratende Ingenieure



U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

Lösungsweg - Schritte zur praktischen Umsetzung (I)



Lösungsweg - Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

AP1 Zukunftsfähige Quellwassernutzung

- Vorhersagemodelle für Verunreinigungen
- angepasste autarke Aufbereitungskonzepte für Quellwasser



Bildquelle: EnWaT

AP2 Dezentrales Wasserstoffkonzept

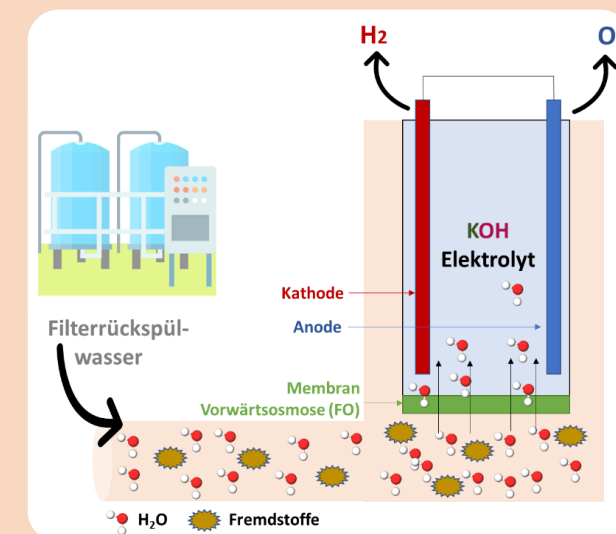
- Nutzungskonzepte für H_2 , O_2 , Abwärme
- Netzintegration von Elektrolyseuren



Bildquelle: Enapter

AP3 Ressourcenschonende Reinstwasserproduktion

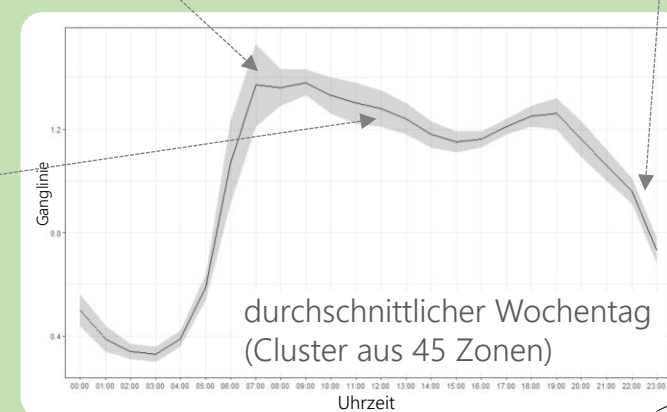
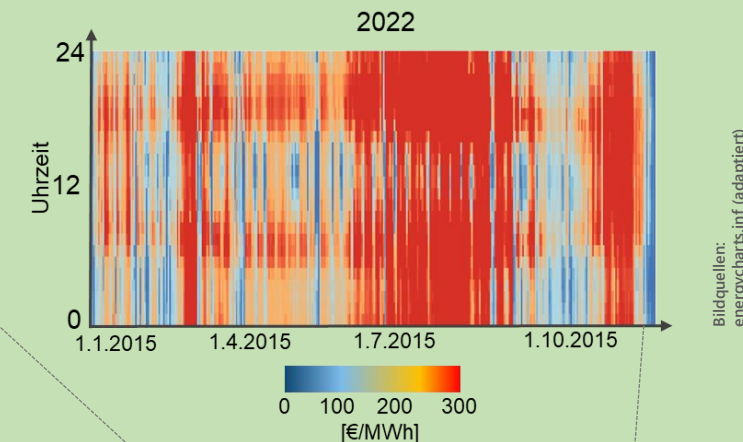
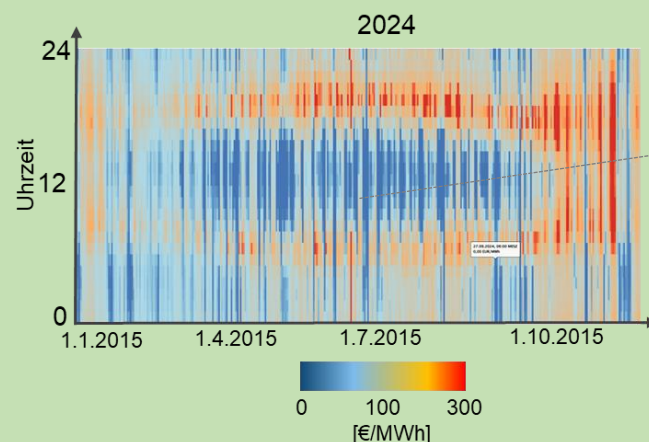
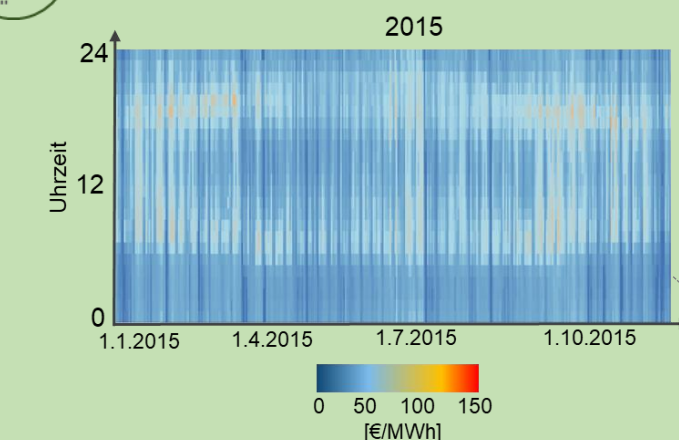
- Aufbereitung von Filtrerrückspülwasser
- Entwicklung eines osmotischen Membranprozesses zur Elektrolyse



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (III)

AP4 Flexibilisierte Management- und Betriebskonzepte

- Modellentwicklung und -erprobung
 - zur Vorhersage des Wasserbedarfs
 - für ein Energie- und Kostenmanagement
- Ermittlung des Lastverschiebepotenzials
- Implementierung und Analyse der Modellentwicklungen im Reallabor
- Analyse der Potenziale und Hemmnisse
- Erarbeitung von Empfehlungen



Bildquellen:
energycharts.inf (adaptiert)

Umsetzung im Reallabor Kassel

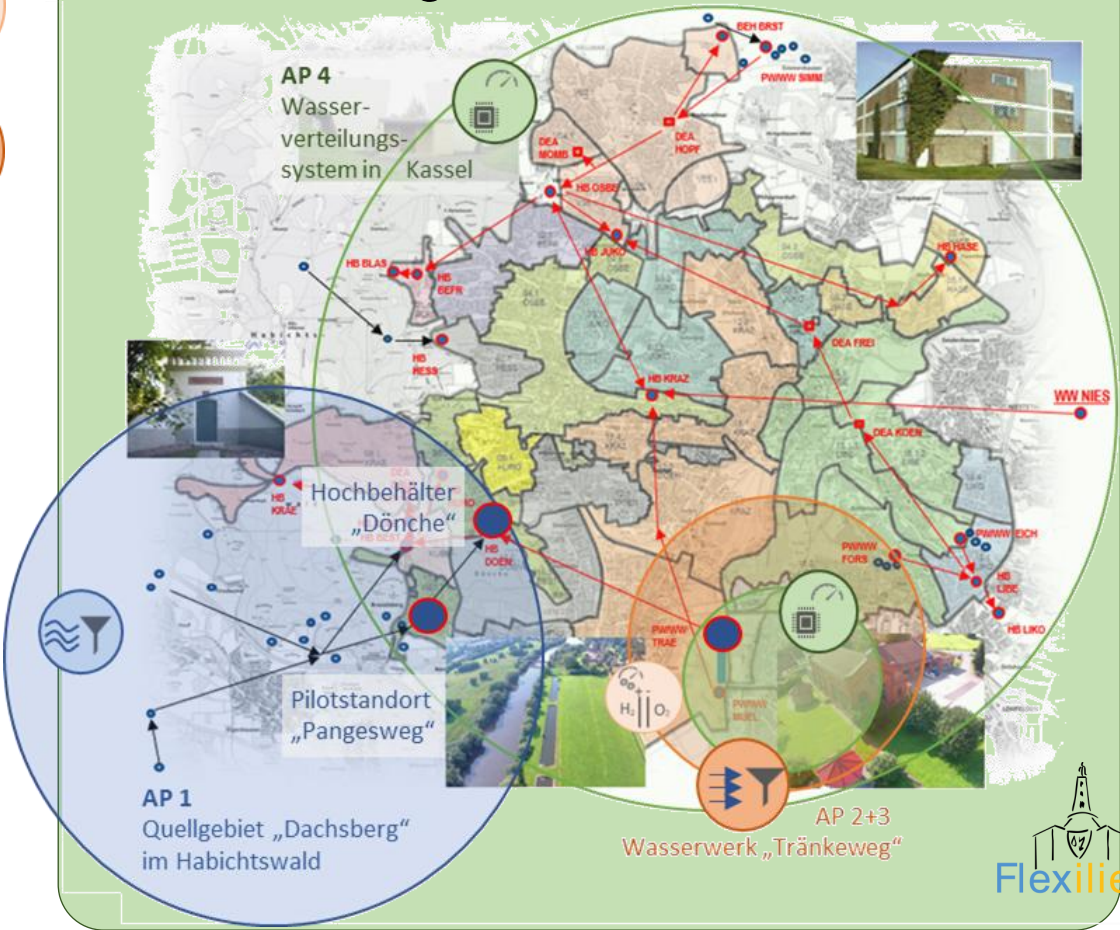
Sammelstube Dachsberg
und Messstation Pangesweg
(Quellwasserfiltration)



Wasserwerk Tränkeweg
(Reinstwasser und H_2)



Wasserverteilung NSG



Produkte und Verwertungspotenziale

- Welche Produkte werden im Vorhaben entwickelt?
 - schwerkraftbetriebene, chemikalienfreie UF-Quellwasserfiltration für Wasserversorger
 - Tool zur Entscheidungsunterstützung für die Quellwasserbewirtschaftung
 - Aufbereitungstechnologien zur Nutzbarmachung von Restwasserströmen
 - Online-Tool zur Wasserbedarfsprognose und zum strommarktoptimierten Anlageneinsatz
- Wie erfolgt die Verwertung der entwickelten Lösungen und Produkte?
 - durch Steigerung der Wasserverfügbarkeit aus den Quellgebieten
 - über weiterentwickelte, optimierte Produkte (Prog^WEAU)
 - mit Erhöhung der Netzdienlichkeit durch Flexibilisierung des Anlagenbetriebs
- Welche Aktivitäten zum Praxistransfer und zur Übertragbarkeit finden statt?
 - reale Pilotierungen zur Quellwasserfiltration und Wasserstofferzeugung in Kassel
 - Erörterung bestehender Standardisierungen und Normungen
 - Vorbereitung einer Integration flexibler Lastpläne, um Hemmnisse und Skepsis abzubauen



Praxis: Motivation

- Warum beteiligen Sie sich als Praxispartner am Vorhaben?
 - Wasserversorgung anpassen an wachsende Anforderungen (Klimawandel)
- Welche Herausforderungen sind zu bewältigen?
 - klimatische Einflüsse
 - langanhaltende Trockenperioden führen zu zurückgehenden Wasserressourcen
 - Starkregen und Schneeschmelze führen zu verunreinigtem Quellwasser
 - weitere Einflüsse
 - Kurve Kassel
- Welche (unternehmens-)spezifischen Interessen stehen im Vordergrund?
 - langfristige Sicherung der Wasserversorgung ohne Fremdbezug
 - Kontakt zu Wissenschaft und Kooperationspartnern in der Region
 - Nutzungsoptionen für Wasserstoff
 - Nutzung regenerativer Energien

Startseite > Kassel

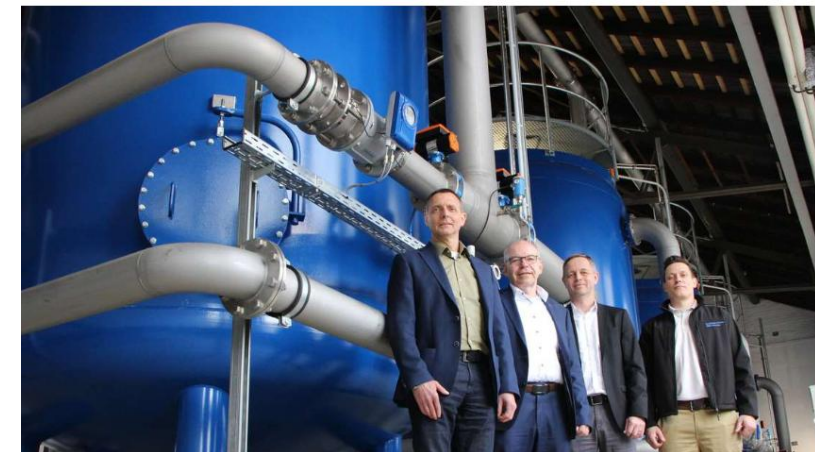
Wasserversorgung in Kassel: Stadt bereitet sich auf den Klimawandel vor

22.03.2024, 10:30 Uhr

Von: Bastian Ludwig

Kommentare

Drucken Teilen



Neue Filtertechnik für Wasserwerk „Neue Mühle“: Kasselwasser-Betriebsleiter Frank Koch (von links), Andreas Kreher (Geschäftsführer Städtische Werke NSG), Tobias Krohne, NSG-Bereichsleiter Wasser und Roy Fischer, Meister Wassergewinnung bei der NSG vor der Anlage, die dem Wasser Eisen und Mangan entzieht. © Bastian Ludwig

*Viele Großstädte litten in den vergangenen Jahren unter Wassermangel.
Wie gut ist Kassel bei der Wasserversorgung auf den Klimawandel
vorbereitet?*

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Welche Rolle haben Sie im Vorhaben und welche Forschungsaufgaben werden von Ihnen übernommen?
 - NSG ist Begleiter und Unterstützer der Forschungsaufgaben
- Wie unterstützen Sie die Umsetzung der Projektziele konkret?
 - Bereitstellung der Pilotstandorte (Quellwasserfassungen (Panges), WW Tränkeweg, etc.)
 - Infrastruktur und Daten
 - technisches Personal
- Welche Ressourcen, Vorkenntnisse, Daten und Infrastrukturen bringen Sie ein?
 - Verfügbarkeit der historischen Daten (Training Vorhersagemodell)
 - Erläuterungen zu Infrastrukturen und Anpassung an den Projektbedarf
 - Steuerung und Durchführung von Baumaßnahmen



Praxis: Verwertungsperspektiven

- Welche Vorteile, Erkenntnisse oder Entwicklungen erwarten Sie für das eigene Unternehmen bzw. die eigene Organisation?
 - neuer Spielraum in der Beschaffung von Rohwasser → größere Flexibilität
 - exakte Wasserbedarfsprognosen für das Versorgungsgebiet
 - Erkenntnisse über das Verschiebungspotenzial und möglicher Kosteneinsparungen
 - Erhöhung der Nutzung regenerativer Energien
- Wie sollen die Projektergebnisse bei Ihnen in der Praxis genutzt werden?
 - Bei positivem Ergebnis der Pilotanlagen ist eine Übernahme in den Regelbetrieb mit Anlagen größerer Skalierung angedacht (insb. UF zur Quellfiltration).
 - Das Lastverschiebungspotenzial kann schrittweise in realen Betrieb integriert werden.
- Ist eine Vermarktung vorgesehen?
 - Bei uns sollen die Produkte eingesetzt werden. Das Konsortium prüft die Übertragbarkeit und den Transfer in andere Regionen und damit die Vermarktung.

Vielen Dank!

Kontakt und Koordination:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Morck; Dr.-Ing. Philipp Otter
Universität Kassel
Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft
morck@uni-kassel.de; otter@uni-kassel.de

Projekthomepage:
www.uni-kassel.de/go/flexilienz

Gefördert durch:



Gefördert durch:



Verbundprojekt „OPTALS“

Optimale Steuerung von Talsperrensystemen unter sich ändernden Bedingungen im globalen Wandel

Prof. Dr.-Ing. Uwe Haberlandt, Leibniz Universität Hannover

Dr.-Ing. Alexander Hutwalker, Harzwasserwerke GmbH



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Mit der zunehmenden Wahrscheinlichkeit von Wassermangelsituation in der Zukunft gewinnt eine optimale Steuerung von Talsperrensystemen zur Wasserversorgung an Bedeutung
- In Deutschland erfolgt die Steuerung von TS-Systemen für Fragen der Wasserbereitstellung bisher weitgehend ohne Berücksichtigung von mittel- und langfristigen Echtzeit-Vorhersagen.
- Internationale Untersuchungen haben gezeigt, dass mit einer dynamischen Steuerung unter Einbeziehung von Mittel- und Langfristvorhersagen eine Verbesserung der Steuerung erreicht werden kann.
- Am Beispiel des Talsperrensystems im Westharz sollen Möglichkeiten einer dynamischen Steuerung untersucht und bei Erfolg implementiert werden.
- Im Harz hat neben der Wassermenge auch die Wasserqualität eine besondere Bedeutung für die Steuerung bedingt durch Waldsterben, Waldumbau und Moore in den Einzugsgebieten.

Projektziele und Innovation



Ziel:

Entwicklung von innovativen Instrumenten und Managementstrategien zur optimalen Steuerung von Talsperren (TS)-Systemen und Wasserwerken unter Nutzung von Echtzeitvorhersagen

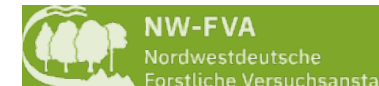
Innovative Forschungsfragen:

- Wie gut ist die **Qualität von** meteorologischen, hydrologischen und Wassergüte-**Vorhersagen** in Abhängigkeit vom Vorhersagezeitvorsprung und welchen **Wert** haben sie für die **Steuerung**?
- Welche Rolle spielt der aktuelle **Waldzustand** des Harzes für die **Wasserqualität** im **Zustrom** und in den **Stauseen**?
- Wie ändert sich der **Wasserbedarf** kurzfristig in Abhängigkeit von Jahreszeit, Wetter, Kalenderfaktoren etc. und langfristig in Abhängigkeit von Klima und sozioökonomischen Bedingungen?
- Wie können Wasserentnahmen in Abhängigkeit von der Wassergüte gesteuert werden? Wie lassen sich dementsprechend die **Wasserwerke effizienter steuern**?

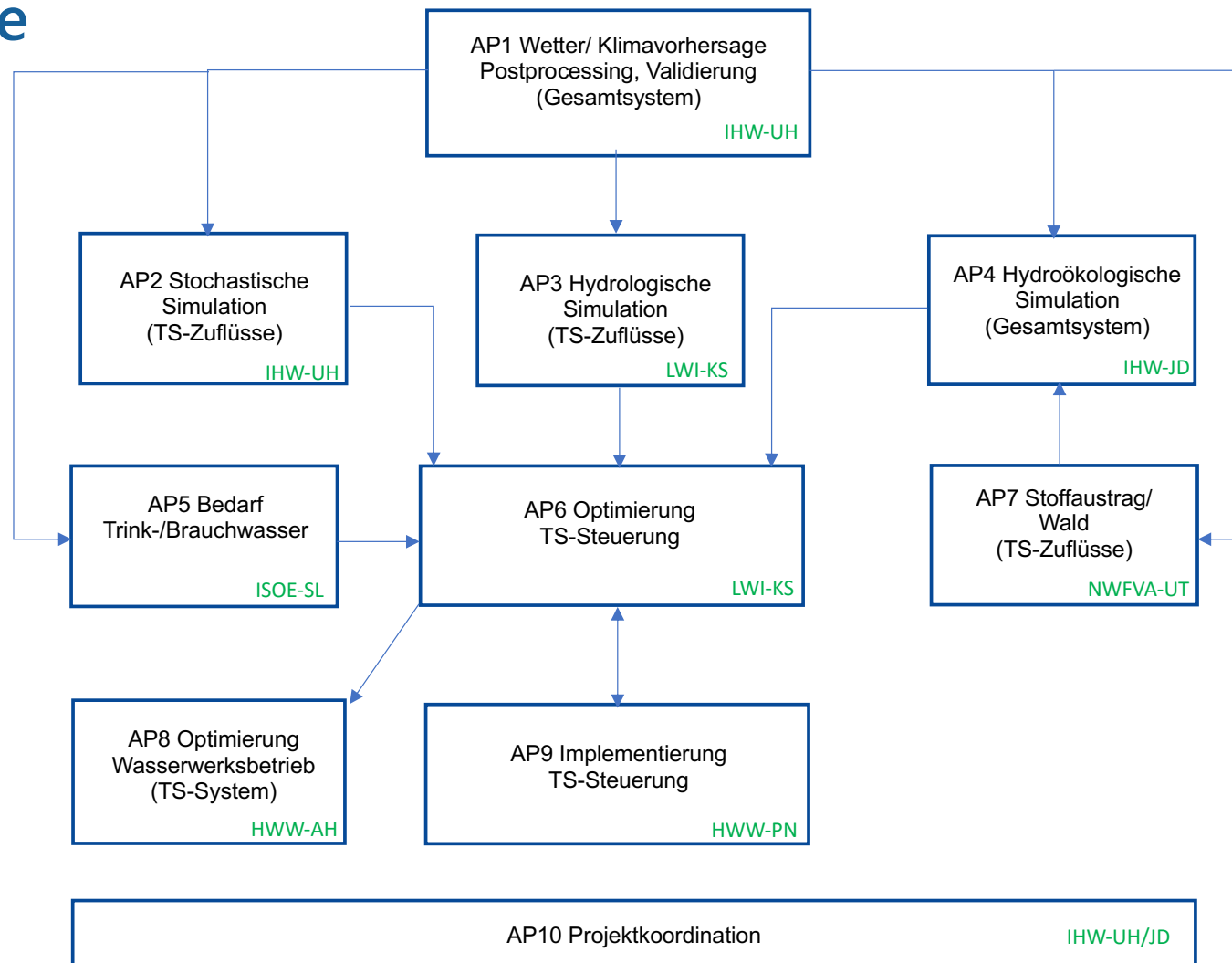
Kooperationspartner und Einbindung der Praxis



- 1) Leibniz Universität Hannover, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft (IHW), PI's: Prof. Uwe Haberlandt, Dr. Jörg Dietrich
- 2) Technische Universität Braunschweig, Leichtweiß Institut (LWI), PI: Prof. Kai Schröter
- 3) Harzwasserwerke GmbH (HWW), PI: Dr. Alexander Hutwalker → Praxispartner
- 4) Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), PI: Dr. Ulrike Talkner
- 5) Institut für sozial-ökologische Forschung GmbH (ISOE), PI: Dr. Stefan Liehr



Arbeitspakete



Methoden

- Postprozessing & Validierung von Wetter- und Klimavorhersagen, Biaskorrekturen, Downscaling [AP1]
- Abflussvorhersage für die TS-Zuflüsse mit nicht parametrischen Verfahren wie knn-Bootstrap, Simulated Annealing und ggf. mit KI Ansätzen [AP2]
- Abflussvorhersage der TS-Zuflüsse mit dem hydrologischen Simulationsmodell PANTA-RHEI [AP3]
- Vorhersage von Abflüssen und Wasserqualität mit dem hydroökologischen Modell SWAT und KI basiert [AP4]
- Vorhersage des Wasserbedarfs mit statistischen Verfahren (Regressionen) und KI-Methoden (ANN) [AP5]
- TS-Steuerung und Wasserwerksoptimierung basierend auf diversen konzeptionellen Optimierungstechniken und alternativ mit KI basierten Ersatzmodellen [Ap6,8,9]
- Entwicklung eines konzeptionellen Simulationsmodells zur Walddynamik [AP7]
- Monitoring der Wasserqualität in den Talsperren, in den TS-Zuflüssen und im Wald [AP4,7,8]

Umsetzung für den TS-Verbund Westharz



Betrachtete Talsperren (TS) & Wasserwerke (WW):

- 1) Innerste – Grane - Oker TS Verbund mit WW
- 2) Ecker-TS mit WW
- 3) Söse-TS mit WW

Funktionen der Talsperren:

- Trinkwasserbereitstellung
- Hochwasserschutz
- Niedrigwasseraufhöhung
- Wasserkraft
- Naherholung

Produkte und Verwertungspotenziale



Produkte:

- Vorhersagemodelle Abfluss, Wassergüte, Wasserbedarf, Walddynamik
- Optimierungsverfahren und Betriebskonzepte für Steuerung von TS-Verbundsystemen

Verwertung wissenschaftlich und übergreifend:

- Publikation von entwickelten Modellen in Softwarerepositorien
- Forschungsergebnisse werden national und international publiziert
- Projektergebnisse können in der Hochschullehre genutzt werden
- Methoden sind übertragbar auf andere TS-Systeme im Mittelgebirge

Verwertung praktisch: → siehe Praxisteil

Praxis: Motivation

Unsere Motivation: Sichere Trinkwasserversorgung trotz unsicherer Klimafolgen



Was wir dazu brauchen:

1. Zuverlässiges **Prognosemodell Quantität** Rohwasser als Basis für Modell zur dynamischen **Talsperrensteuerung**
2. Zuverlässiges **Prognosemodell Qualität** Rohwasser als Basis für Modell zur dynamischen **Wasserwerkssteuerung**



Optimale Nutzung der
Ressourcen Rohwasser, Energie
und Aufbereitungschemikalien

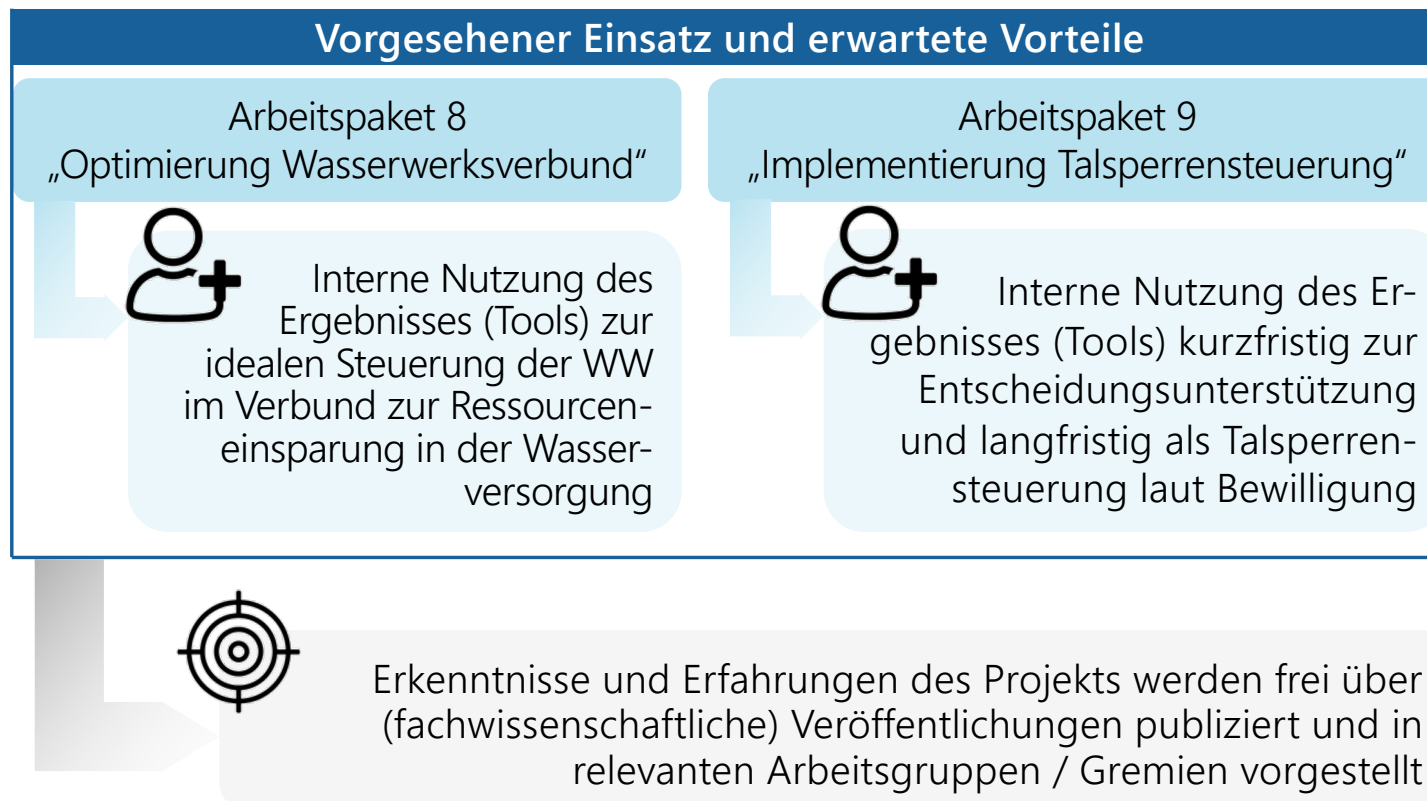
Hinweis nach EU 2024/1689: Piktogramm wurde KI-gestützt erzeugt

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung



TP	Leitung Arbeitspaket 8 „Optimierung Wasserwerksverbund“	Leitung Arbeitspaket 9 „Implementierung Talsperrensteuerung“
Unser Beitrag zum Verbundprojekt	<p>Projektgebiet</p>  <p>Talsperren gesamt: 182 Mio. m³ Speichervolumen</p>	<p>Unterstützung des Monitorings und Wasseranalysen durch das Zentrallabor der Harzwasserwerke</p>
		<p>Einbringen von langjährigen Datenreihen aus dem Projektgebiet</p>
		<p>Infrastruktur zur Online-Qualität- und Quantitätserfassung an Pegelstationen</p>
		<p>Behördenkontakte, um genehmigungsfähiges Steuerungsmodell zu entwickeln</p>

Praxis: Verwertungsperspektiven



Hinweis nach EU 2024/1689: Piktogramme wurden KI-gestützt erzeugt

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „SAFERWATER“

Sicheres KI-Framework für verbesserte Wassereffizienz und
Widerstandsfähigkeit

Dr.-Ing. Martin Hoppen, RWTH Aachen University

Marvin Faber, STAWAG – Stadt- und Städteregionswerke Aachen AG

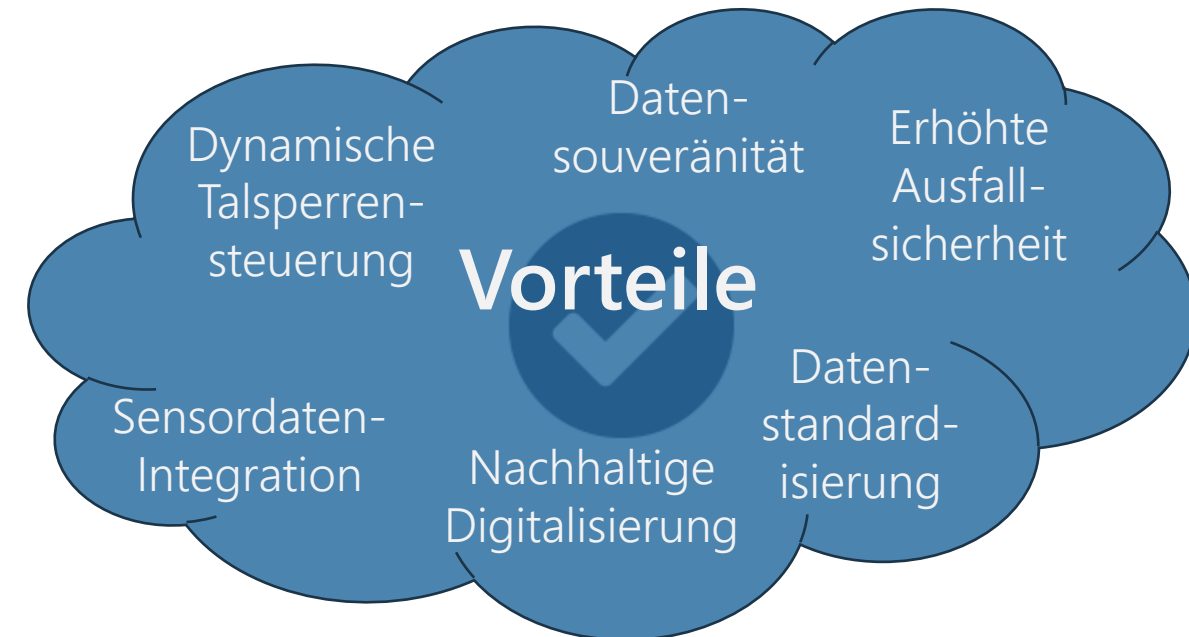
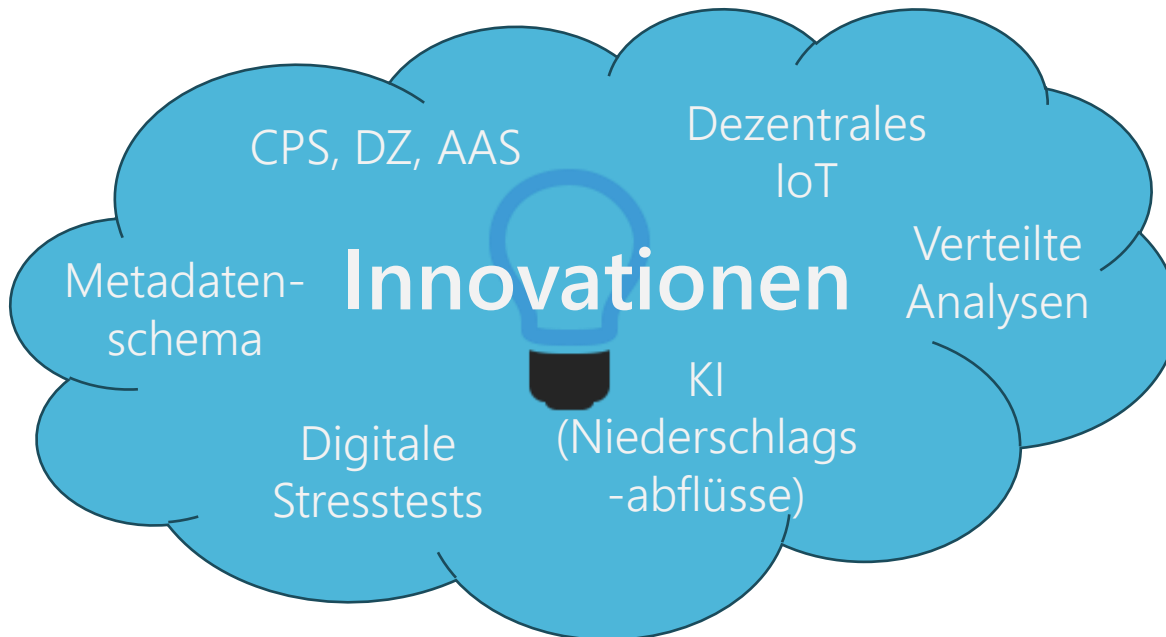


Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Klimawandel, Bevölkerungswachstum und Extremwetter → intelligentere, dynamischere Warn- und Steuerungssysteme
- Zunahme von Cyberangriffen ↔ wachsende Digitalisierung
- EU-Richtlinie 2022/2555: Forderung hoher IT-Sicherheitsstandards und Ausfallsicherheit für Wasserversorger
- Relevanz
 - Wirtschaftlich: Veraltete Infrastrukturen ohne Vernetzung und standardisierte Datennutzung behindern effiziente Bewirtschaftung
 - Gesellschaftlich: Versorgungssicherheit
 - Wissenschaftlich-technisch: aktuelle Technologien für komplexe wasserwirtschaftliche Systeme gewinnbringend und sicher nutzen

Projektziele und Innovation

- **Ziel:** KI-gestütztes Vorhersage- und Entscheidungsunterstützungssystem für verbessertes Talsperrenmanagement
 - Effizienz und Anpassungsfähigkeit der Wasserversorgung sowie die Resilienz der eingesetzten IT verbessern



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis



- Wissenschaft:
 - MMI (RWTH) - IoT-Orchestrierung, Systemsimulation, Projektkoordination
 - IWW (RWTH) - Hydrologische Modellierung, Extremwetterszenarien
 - DBIS (RWTH) - Verteilte Datenanalyse, Metadatenharmonisierung
 - FH Aachen - IT-Sicherheit, Cyber-Forensik, Zero-Trust-Konzepte
- Wirtschaft:
 - FloodWaive - KI-Algorithmen für Hochwasservorhersage und Entscheidungsunterstützung
- Praxis:
 - WAG/STAWAG - Pilotanwendung, Validierung, Nutzerfeedback
- Kooperation mit potenziellen Anwendern insb. über Fachworkshops innerhalb der Wasserwirtschaft und Talsperrenkonferenzen (z.B. Deutsches Talsperrenkomitee)



FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

- **Dezentrales IoT-System mit Digitalen Zwillingen**

- I4.0-Verwaltungsschalen für standardisierte Datenbereitstellung und Interoperabilität
- Vernetzte Things als Cyber-Physische Systeme für Talsperren, Sensoren und Steuerungsanlagen
- Retrofitting-Fähigkeit zur Integration bestehender Systemkomponenten ohne Systemwechsel



- **KI-gestützte Vorhersage und Entscheidungsunterstützung**

- Hybride Modelle kombinieren hydraulisch-hydrologische Simulationen mit KI-Algorithmen
- Probabilistische Prognosen für Hochwasser/Niedrigwasser mit Echtzeit-Sensordatenintegration
- Sekundenschnelle Vorhersagen für optimierte Talsperrensteuerung und Rohwasserweiterleitung



- **Mehrstufiges Cybersicherheitskonzept**

- Zero-Trust-Architektur mit Authentifizierung und Autorisierung zwischen allen Komponenten
- Zonierung und Segmentierung zur Begrenzung von Angriffsauswirkungen
- KI-unterstützte Angriffserkennung für frühzeitige Identifikation von IT-Sicherheitsvorfällen



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

- **Verteilte Datenanalyse ("Code-to-Data")**
 - Datensouveränität bleibt bei jeweiligen Institutionen/Sicherheitsbereichen
 - Inkrementelles/Föderiertes Lernen ermöglicht übergreifende Analysen ohne Datentransfer
 - Globales (Meta-)Datenschema für einheitliche Abfragesprachen (RDF/SPARQL)
- **Resilienz durch digitale Stresstests**
 - Simulationsbasierte Experimente für Knoten- und Verbindungsausfälle im Gesamtsystem
 - Drei Testebenen: IT-Sicherheit, Komponentenausfälle, Blackout-Ereignisse
 - Fail-Safe-Mechanismen und Redundanzkonzepte für kritische Systemkomponenten
- **Iterative Praxisvalidierung**
 - Drei Entwicklungszyklen mit kontinuierlicher Optimierung basierend auf Nutzerfeedback
 - Reale Betriebsbedingungen bei WAG-Talsperrenverbund (4 Talsperren, 600.000 Versorgte)
 - Transferkonzept für Skalierung auf weitere Wasserversorger



Umsetzung am Pilotstandort

- **Pilotstandort und Umsetzung:**
 - Dreilägerbachtalsperre im WAG-Talsperrenverbund (Dreilägerbach, Kall, Rur, Urft), 600.000 Versorgte
 - Installation Sensoren im Einzugsgebiet (→ KI-Methoden)
 - Drei Entwicklungszyklen mit iterativer Optimierung über die dreijährige Projektlaufzeit
 - Parallel dazu: Umsetzung eines virtuellen Demonstrators
- **Demonstrationsschwerpunkte:**
 - Use Case 1: Trinkwasserqualität
 - Use Case 2: Hochwasserschutz
- **Schwierigkeiten / Risiken:**
 - Keine unmittelbare Integration in Echtssysteme der WAG
 - → Gesamtsystemsimulation integriert emulierte Komponenten und historische Daten
- **Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit:**
 - Iterative Erprobung durch WAG und Dissemination in Fachworkshops etc.
 - Wirtschaftlichkeit: IoT-Baukastenprinzip, erhöhte IT-Sicherheit, effizienterer Betrieb

Produkte und Verwertungspotenziale

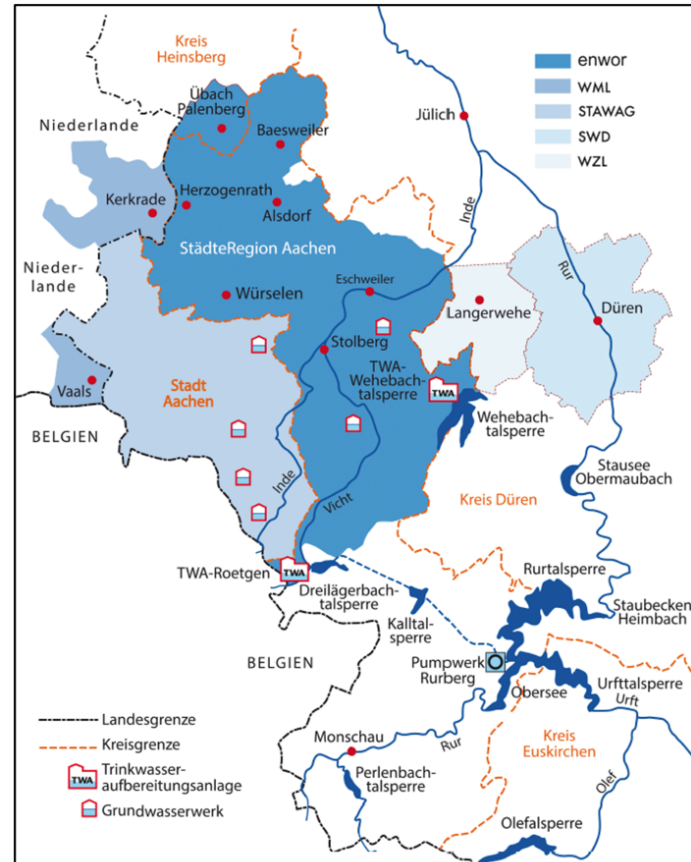
- **Innovative Technologien und Prototypen**
 - KI-gestütztes Vorhersage- und Entscheidungsunterstützungssystem für verbessertes Talsperrenmanagement
 - IoT-Simulationsplattform für digitale Stresstests kritischer Wasserinfrastrukturen
- **Wirtschaftliche & wissenschaftlich-technische Verwertung**
 - Ausgründungen (Digitalisierung der Wasserwirtschaft, Datenanalyse in verteilten Systemen)
 - Nutzung des Modells für Pilotprojekte mit Industrie- und Kommunalpartnern
 - Einsatz des physikalisch-basierten Modells zur Validierung von KI-Methoden in der Hydrologie
 - Publikationen, wissenschaftliche Qualifikationsmaßnahmen
 - Erkenntnisgewinn (Technologie-Kombination, Einsatz in Wasserwirtschaft, IT-Sicherheit)
- **Praxistransfer, Übertragbarkeit**
 - Fachworkshops und Tagungen
 - Generischer, modularer IoT-Ansatz, Baukastenprinzip ohne Lock-in-Effekte
- **Regelsetzung, Standardisierung und Normung**
 - Globales Metadatenschema zur Beschreibung von Talsperrensystemen
 - I4.0-Submodell-Templates für wasserwirtschaftliche Anwendungen

Praxis: Motivation

- Klimawandel
 - Anpassung der Anlage an Zunahme hydro-meteorologischer Extremwetterereignisse
- Trinkwasserqualität
 - Gewährleistung einer einwandfreien Trinkwasserqualität auch in Zukunft
- Sicherung der IT-Systeme
 - Abgleich unserer IT-Systeme mit dem aktuellen "State of the Art" im Falle von Cyberangriffen

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Als Praxispartner bringt die WAG ihre Erfahrung für die Anforderungsanalyse ein, indem sie die Bedürfnisse der Wasserwirtschaft aufzeigt und unterstützt im weiteren Verlauf die Praxiserprobung sowie Evaluation.
- Das vorhandene Talsperrenverbundssystem inkl. vorhandener Daten aus der Historie (beispielsweise Niederschlags- und Zuflussdaten) werden hierfür zur Verfügung gestellt.



Wasseraufbereitung 2023

TWA Roetgen 30,0 Mio. m³ (72%)
6,2 Mio. m³ Dreilägerbachtalsperre (15%)
13,2 Mio. m³ Kalltalsperre (32%)
10,6 Mio. m³ Obersee (25%)

TWA Wehe 6,7 Mio. m³ (16%)

GW-Werke 5,0 Mio. m³ (12%)

Summe **41,7 Mio. m³**

Praxis: Verwertungsperspektiven

- Ziel ist ein Vorhersage- und Entscheidungsunterstützungssystem, welches zur Verbesserung der Trinkwasserqualität beitragen kann.
- Im Zuge dessen: Härtung des IT-Systems gegen Cyberangriffe
- Eine Vermarktung durch die STAWAG ist nicht vorgesehen



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „SOWEKI“

Synergetische Optimierung von Wasser- und Energieressourcen mittels Künstlicher Intelligenz

Dr. Maximilian Hoffmann, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

Patrick Haas, Zweckverband Wasserversorgung Eifel-Mosel



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Ausgangslage:
 - Große Herausforderungen in der modernen Wasserversorgung
 - Klimawandel schränkt Wasserverfügbarkeit ein
 - Energiewende erfordert Verzahnung von Energieverfügbarkeit und –nutzung
- Herausforderungen für Versorger:
 - Begrenzte Ressourcen, niedriger Digitalisierungsgrad, Fachkräftemangel
 - Gleichzeitig hoher Energieverbrauch
- Beiträge:
 - Einsatz von KI durch Prognose- und Optimierungsmethoden
 - Senkung von Energie- und Betriebskosten, neue Geschäftsmodelle
 - Nachhaltige Wasserversorgung, Preisstabilität

Projektziele und Innovation

- Ziele:
 - Entwicklung und Pilotierung einer KI-basierten Flexibilitätsplattform für Trinkwasserinfrastrukturen
 - Intelligente Steuerung von Energie- und Wasserprozessen
 - Verknüpfung des Wasser- und Energiesektors
- Innovation:
 - Generische Plattform zum Einsatz in diversen Infrastrukturen
 - Kombination aus Energieprognose und intelligenter Steuerung
 - Kopplung interner Wasserprozesse mit externen Energiemarktprozessen
- Vorteile:
 - Höhere Energieeffizienz und Kostenersparnisse
 - Blaupause zum Einsatz von KI-Methoden in anderen Anwendungsfällen

Kooperationspartner und Einbindung der Praxis (I)

Forschung



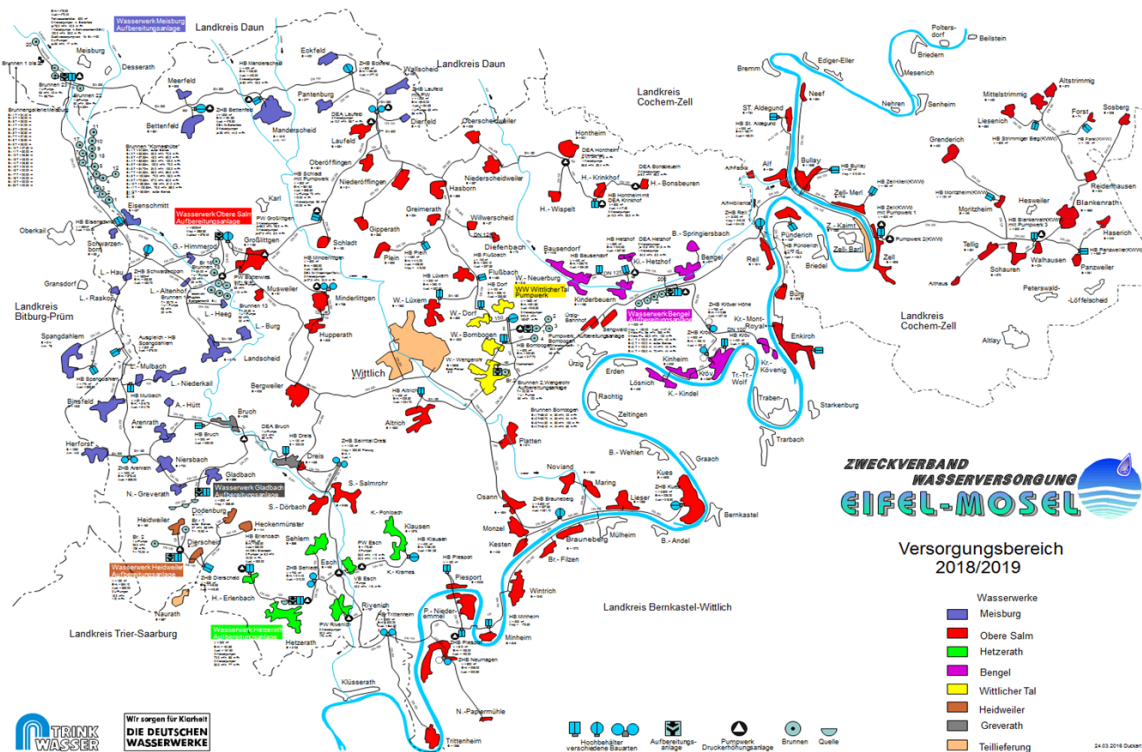
Industrie



Versorger



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis (II)



- 99 Ortsgemeinden mit ca. 88000 Einwohnern
- 56 Wassergewinnungsanlagen (Brunnen und Quellen)
- 7 Trinkwasseraufbereitungsanlagen
- 48 Hochbehälter
- 360 km Rohrnetz
- 19 feste Mitarbeiter
- 5.200.000 m³ Fördermenge pro Jahr bei 3.000.000 kWh Stromverbrauch pro Jahr

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

- Acht Arbeitspakete mit drei wesentlichen Phasen:
 - Anforderungserhebung, Spezifikation und Betriebskonzept
 - Entwicklung der Plattform mit Prognosemethoden, Optimierungsalgorithmik und intelligenter Steuerung
 - Pilotierung und Evaluation der Plattform

- Anforderungserhebung und Spezifikation:
 - Istzustandserhebung bei den Versorgern
 - Ausarbeitung eines Betriebskonzepts der Flexibilitätsplattform
 - Erhebung von Entwicklungsanforderungen und Spezifikation der Plattform

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

- Entwicklung der Plattform:
 - Aufbau der Systemarchitektur (Frameworks, Schnittstellen, Deployment)
 - Entwicklung der Prognosemethoden
 - Entwicklung der Optimierungsalgorithmen
 - Entwicklung der Steuerungskomponente (mit Zugriff auf interne Systeme der Versorger)

- Pilotierung und Evaluation der Plattform:
 - Prototypische Inbetriebnahme der Plattform
 - Simulierte Steuerungssignale
 - Potenzialanalyse

Umsetzung an den Pilotstandorten



- Pilotumsetzungen konfrontiert mit individuellen Infrastrukturen:
 - Stadtwerke Bad Kreuznach: (kleines) städtisches Gebiet
 - Zweckverband Wasserversorgung Eifel-Mosel: ländliches Gebiet
 - Zweckverband Rhein-Hunsrück Wasser: große Versorgungsleitungen mit stetigem Pumpbetrieb
 - Unterschiedliche Digitalisierungsgrade, Leitsysteme und Steuerungen
- Fokus der Pilotanwendung:
 - Tests der Prognosen und Steuerungsvorschläge
 - Ermittlung von Einsparpotenzialen
 - Analyse der Nutzerakzeptanz
 - KRITIS-Anforderungen

Produkte und Verwertungspotenziale

- SOWEKI-Plattform als Produkt:
 - Prognose relevanter Kenngrößen (Wasserbedarf, Energieproduktion)
 - Optimierung von Steuerungsgrößen (Pumpenfahrplan)
 - Steuerungssignale
- Verwertungspotenziale:
 - Wirtschaftlich: Energiekosteneinsparungen, Anbindung an flexible Strommärkte
 - Wissenschaftlich: Publikationen, Open Source Software
 - Praxis: Übertragbarkeit auf andere Versorger und Sektoren

Warum beteiligen wir uns?

- Smarte & flexible Wasserversorgung
- Hohe IT-Durchdringung -> Zukunftssicherheit
- Nächster Schritt: Einsatz von KI in Bezug auf Resilienz - Personal – Energie – Kosten

Herausforderungen

- Anpassung Messtechnik & Kommunikation
- Schnittstellen & Datenerfassung
- Personal schulen & Akzeptanz schaffen
- Datensicherheit
- Bürokratische Hürden (z. B. Bilanzkreis, NIS2)

Unternehmensspezifische Interessen

- Kosten senken (Energie & Personal)
- Autarkiegrad erhöhen, Wissenserhalt
- Resilienz durch KI-Prognosen im Havariefall

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

Rolle & Forschungsaufgaben

- Personal, Anlagen & Daten für Testumgebung bereitstellen
- Anforderungsprofil & Betriebskonzept mitgestalten

Umsetzung der Projektziele

- Betriebspersonal zur Einbindung bereitstellen
- Schnittstellen zum Prozessleitsystem schaffen
- Anlagen & Steuerungen anpassen
- Testbetrieb überwachen und Evaluation unterstützen

Ressourcen & Vorkenntnisse

- Einsatz zweier Automatisierungstechniker für Anpassung von IT- & Prozessleitsystem
- Teilversorgungsgebiet als Testumgebung bereitstellen
- Mehrjährige historische Verbrauchsdaten liefern

Praxis: Verwertungsperspektiven

Vorteile & Erkenntnisse

- Energiekosten senken
- Resilienz erhöhen
- Autarkiegrad steigern (Bilanzkreis, PV-Eigennutzung)
- Möglichkeit schaffen, flexibel auf den zukünftigen Strommarkt zu reagieren

Nutzung in der Praxis

- Ergebnisse auf alle Versorgungsgebiete & Anlagen ausrollen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „SpeicherLand“

Resilienz der Wasserversorgung und -speicherung im ländlichen Raum

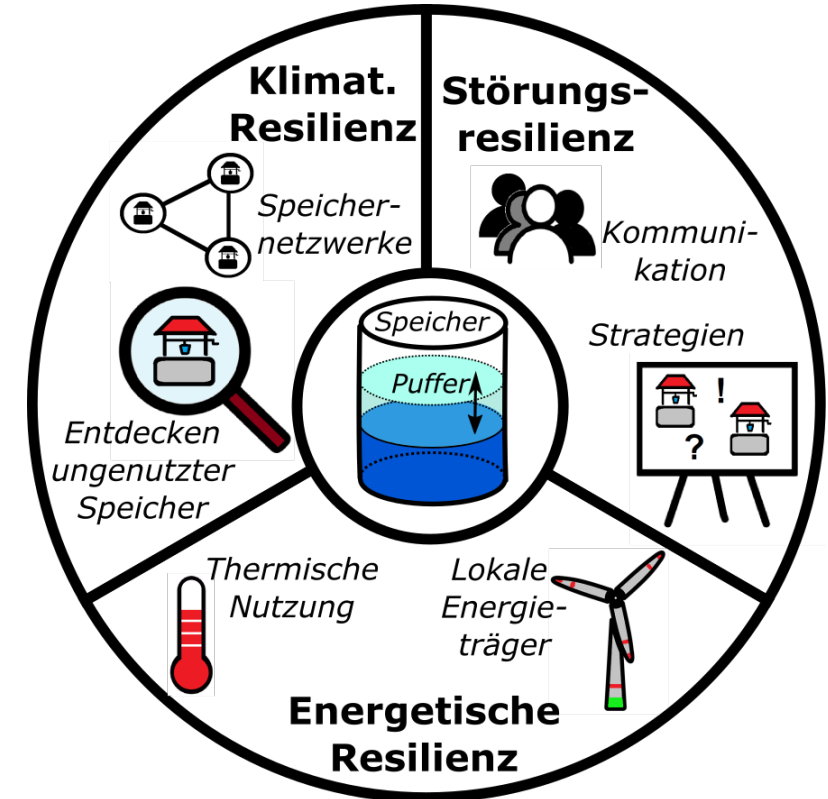
Dr.-Ing. Falk Händel, TU Bergakademie Freiberg

Dr.-Ing. Philipp Dost, GICON Resources GmbH



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Wasserversorgung unterliegt verschiedenen Risiken aus klimatischen Veränderungen, notwendiger energetischer Versorgung und störungsfreien Versorgungsbetrieb
- oftmals nicht zusammen oder zumindest nicht versorgerübergreifend und sektorenübergreifend betrachtet
- Wasserwirtschaftliche Verknüpfungen und gegenseitige Abhängigkeiten der Wasser- und Energieversorgung müssen gemeinsam betrachtet werden
- Resilienz der Wasserversorgung ist gefährdet durch sich veränderte Rahmenbedingungen und damit verbundene Aufwendungen
- Pilotregion Landkreis Mittelsachsen im Freistaat Sachsen mit großen Teilen an Oberflächenwassernutzung und teilweise temporär von Übernutzung bedrohten Grundwasserressourcen



TUBAF, Binder (2025)

Projektziele und Innovation

- Übergeordnete, strategische Betrachtung Wasserspeicher als sicherheitsbildender, zeitlicher und räumlicher Puffer, und somit zentrales Bewirtschaftungselement der Wasserwirtschaft bzw. Wasserversorgung
- Gewinnbringende Vernetzung der Speicher verschiedener Kompartimente des Wasserkreislaufs, technischer Speicher, um einschränkende, lokale Betrachtung der Speicher zu überwinden
- Erstellung einer umfassenden Zustands- und Prozessbeschreibung der wesentlichen Wasserkreislauf- sowie Wasser- und Energieversorgungs-komponenten für ein Modellgebiet in Hinblick auf Wassermenge, zeitliche Verfügbarkeit, räumliche Verfügbarkeit und Vulnerabilität
- Innovation gestaltet sich durch fachliche und modellhafte Kopplung zwischen den Sektoren Wasserwirtschaft und Energieinfrastruktur
- Stärkung der Resilienz der Wasserversorgung am Beispiel des Landkreises Mittelsachsen mittels Szenarienanalyse und -auswertung



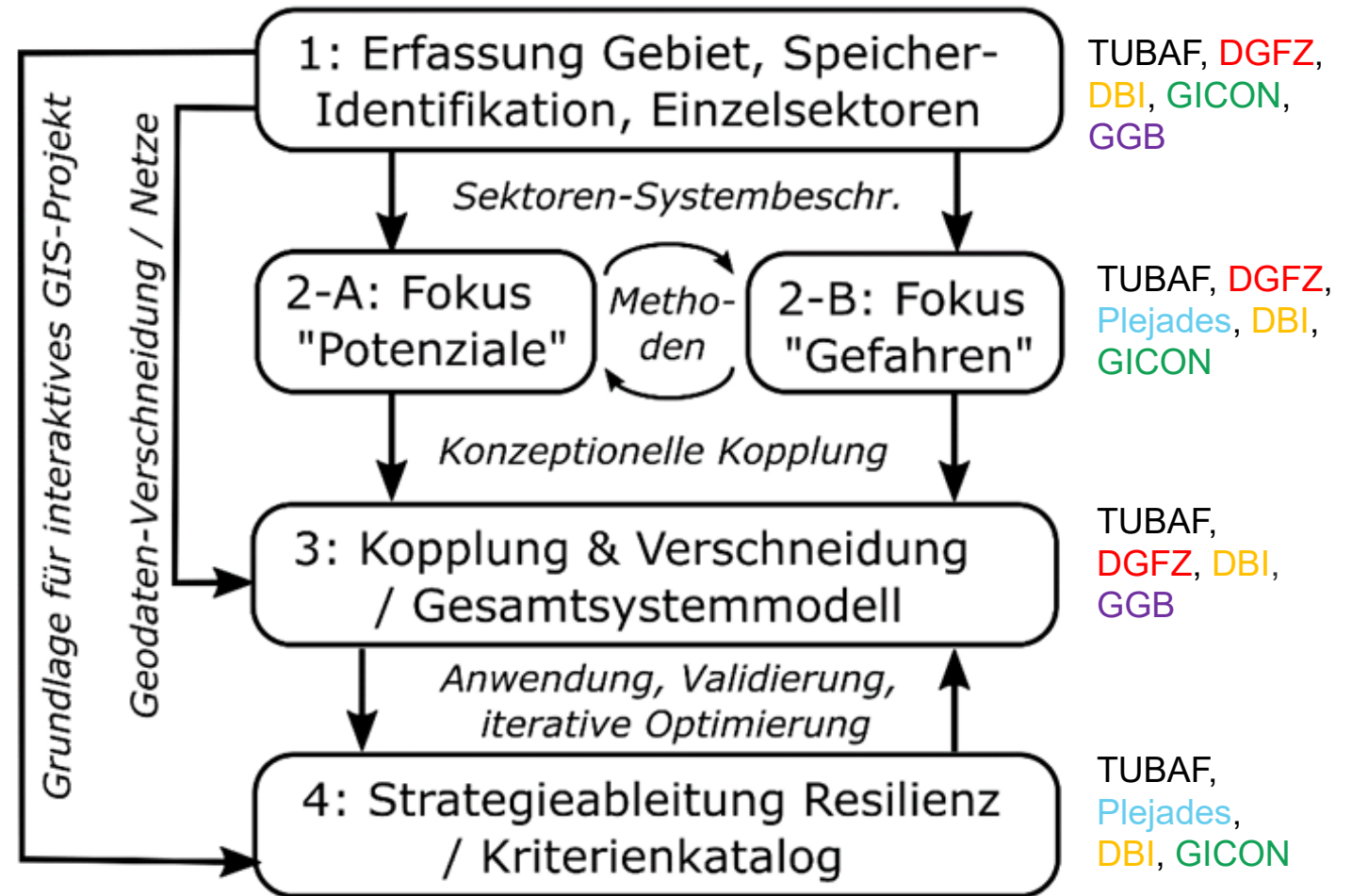
Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

- Geförderte Partner aus Wissenschaft sowie Wirtschaft und Consulting aus den Bereichen Wasser und Energie
- Assoziierte Partner aus Behörden, Fachämter, Bewirtschafter und Wasserversorger
- Akteursanalyse mit verschiedenen Behörden, Bewirtschaftern und Wasserversorgern zur optimalen Einpassung der praktischen Bedarfe in die Vorgehensweise und Lösungsfindung



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

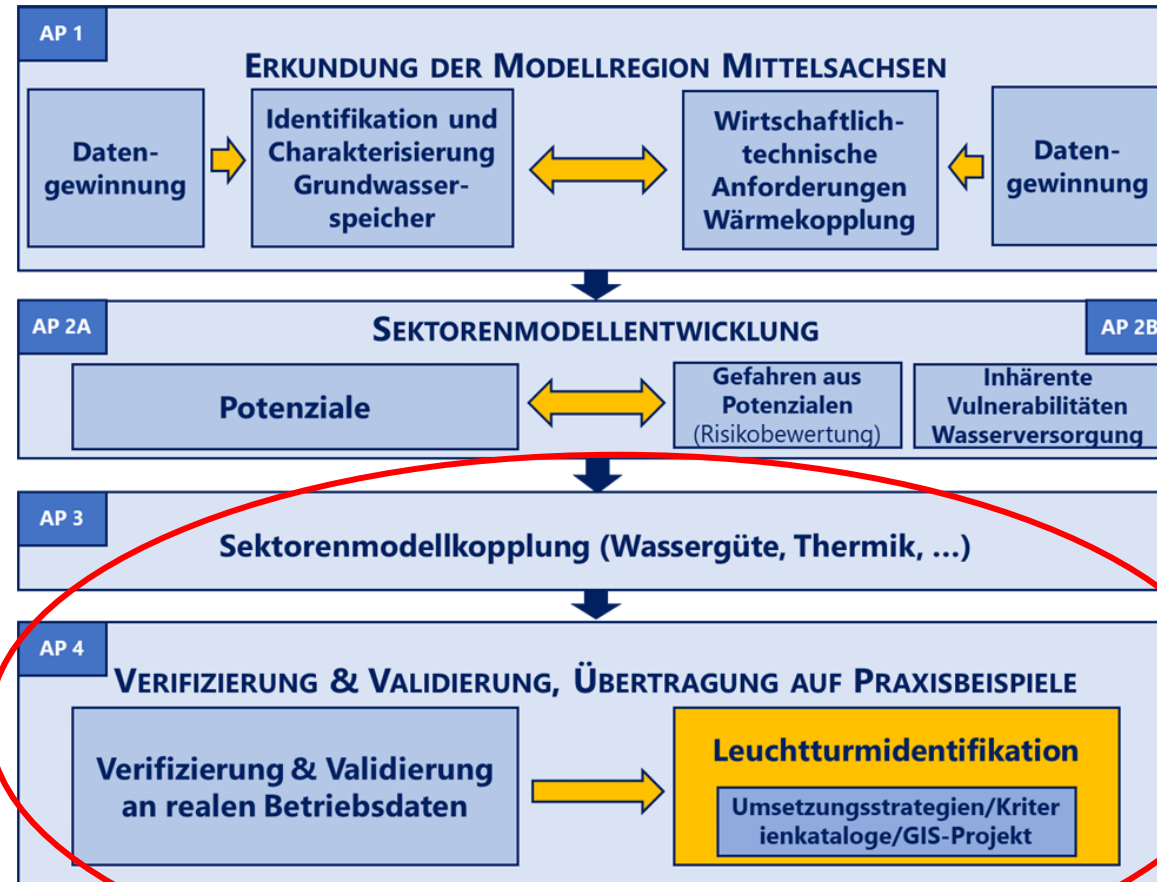
- Datenermittlung, systemische und risikobasierte Analyse, sektorale und übersektorale Modellbildung (Wasser-Energie-Modellkopplung), sowie die Ableitung von Praxis-Handlungsempfehlungen und Empfehlungen für einen Kriterienkatalog zur Maßnahmenumsetzung
- Zusammenarbeit der Partner nicht AP-bezogen, sondern gemeinsam an den APs über ein Lead-System



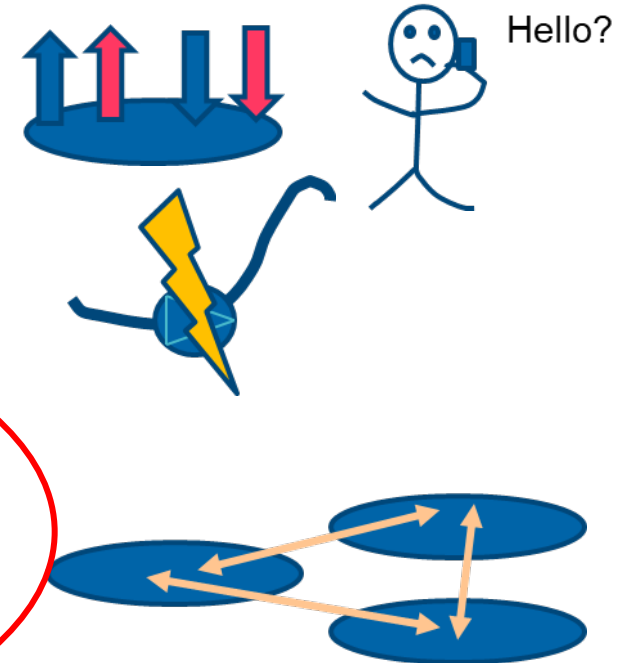
Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

Zentrale gemeinsame Schritte in AP 3 und AP 4:

- Zusammenführung in ein Sektorenkopplungsmodell
- belastbare Potenziale der Wasserversorgung (inkl. Thermik und Energieversorgung abschätzen und den jeweiligen Anwenderkreisen gezielt zur Verfügung stellen

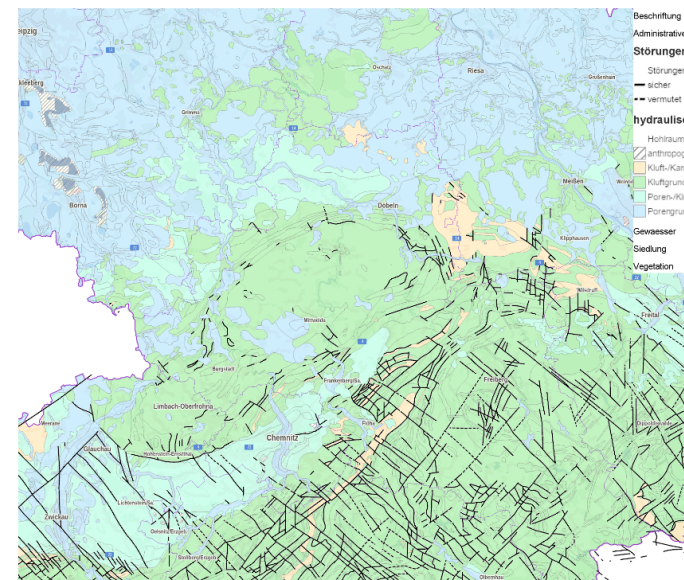


TUBAF, BMBF-Antrag SpeicherLand (2024)



Umsetzung am Pilotstandort

- Pilotstandort ist Landkreis Mittelsachsen, Freistaat Sachsen
- Besondere Herausforderung ist die Heterogenität des Landkreises in hydrologischer (Flachland und Gebirgsregionen), hydrogeologischer (Festgesteins- und Lockergesteinsgrundwasserleiter) und versorgungstechnischer Struktur (Fernwasserversorgung und lokale Wasserfassungen)
- Eine weitere Herausforderung ist die Verknüpfung modellhafter Strukturen für verschiedene Kompartimente des Wasserkreislaufs und zusätzlich weiterer Sektoren
- Die Anwendbarkeit der Lösungen wird durch die Akteursanalyse mit den Stakeholdern und mittels beispielhafter Anwendung an 3 Pilotstandorten erprobt und gewährleistet



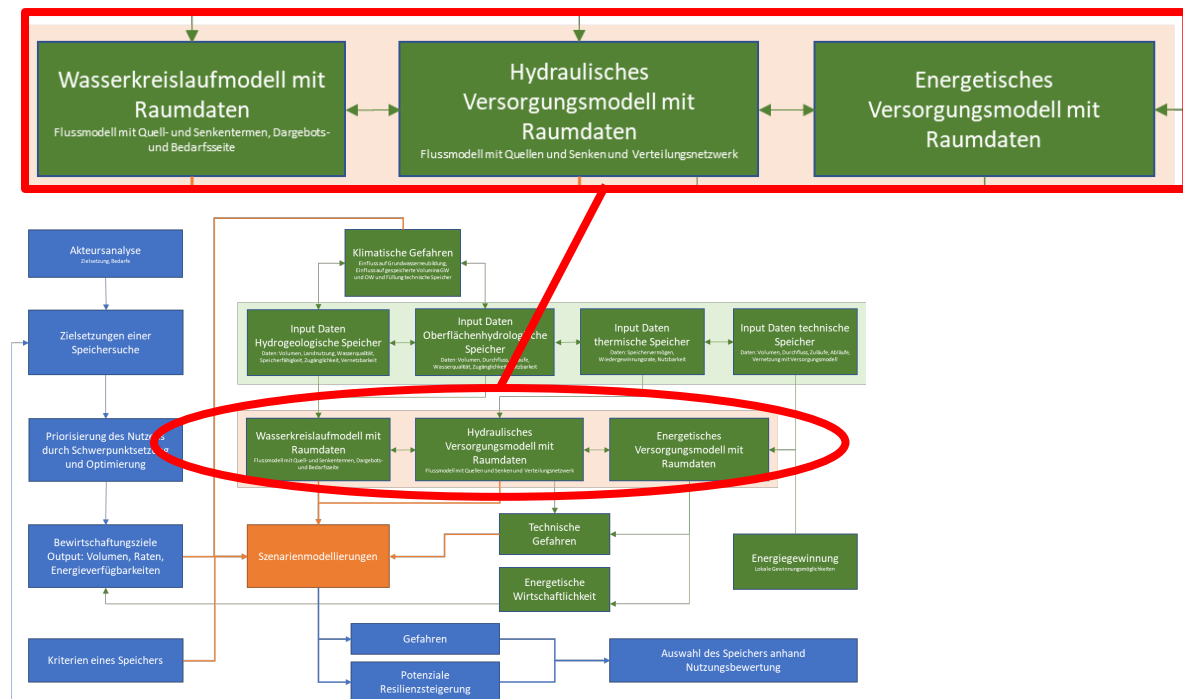
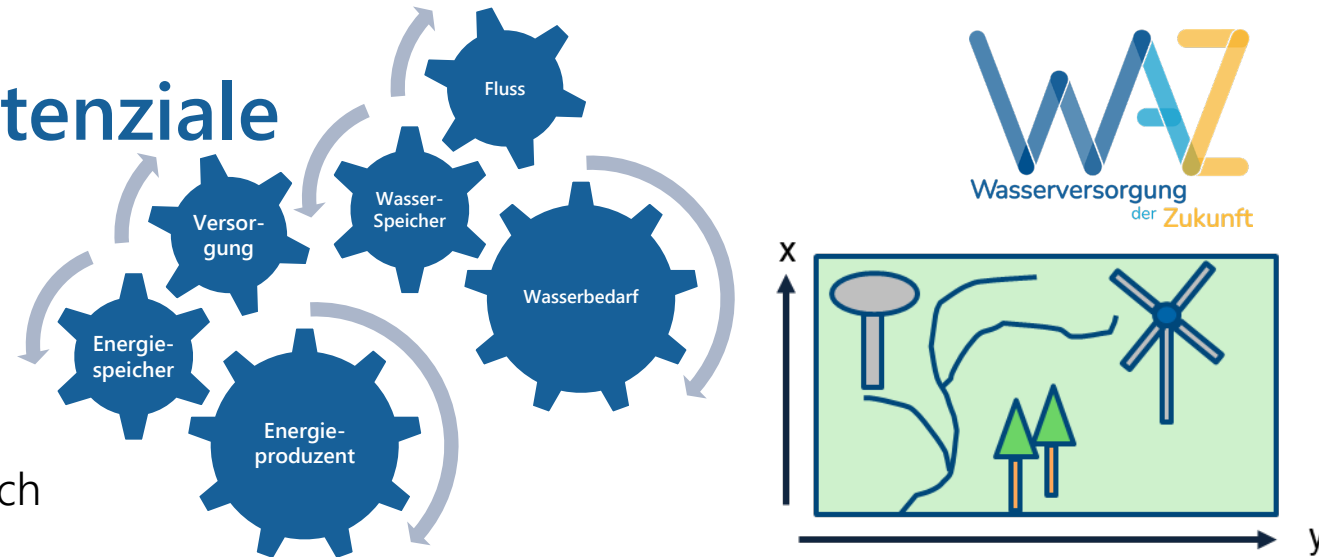
HÜK250 von
<https://www.umwelt.sachsen.de>,
iDA-Portal des Freistaats Sachsen,
24.08.2025



Quelle: Grundsatzkonzeption Wasserversorgung: [Grundsatzkonzeption Wasserversorgung - Wasser - sachsen.de](#), LfULG, 2025

Produkte und Verwertungspotenziale

- Produkte und Ergebnisse sind:
 - Innovative sektorengekoppelte Modelle für Wasser- und Energieversorgung
 - GIS-Projekt zum Transfer in die Anwendung durch Wasserversorger
 - Managementrichtlinien und Betriebskonzepte zur Stärkung der genannten Resilienzen
- Wirtschaftliche Verwertung → Methoden, technische sowie Management-Lösungen, Erweiterung von Geschäftsfeldern z.B. im Bereich Datenmanagement, Modellierung und Potenzialanalysen für Anwender
- Wissenschaftlich-technische Verwertung durch Publikationen, wissenschaftliche Ausbildung, Gewinnung von weiteren Fördermitteln für Anschlussprojekte
- Einbindung assoziierter Partner (u.a. Geokompetenzzentrum Freiberg, lokale Wasserversorger) und weiterer Akteure (Behörden) zur Stärkung des Transfers und Beitrag zur Regelsetzung (z.B. in DVGW, VDI)



- Trotz des im Mittel ausreichenden Wasserdargebotes herrscht in Deutschland durch den hohen Nutzungsgrad ein fast flächendeckender Optimierungsbedarf der Wassernutzung
- Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels besteht ein sehr hoher Handlungsdruck zur Stärkung der Resilienz potenzieller Speicher, es existiert eine sehr große gesellschaftliche Bedeutung und es müssen Strategien zum Umgang mit Wassernutzungskonflikten gefunden werden
- „SpeicherLand“ kann hierfür eine Vorlage bieten, denn die hier zu betrachtenden Konfliktlinien aus den Bereichen Qualität, Quantität, Ökologie, Ökonomie und Nachhaltigkeit finden sich in ähnlicher Form in fast allen Regionen Deutschlands und auf europäischer Ebene.
- Ziel des Vorhabens ist es, durch die Entwicklung und Nutzung innovativer Methoden zur Prozessidentifikation eine umfassende Zustands- und Prozessbeschreibung der wesentlichen Kreislauf- und Versorgungskomponenten für das Modellgebiet Mittelsachsen im Hinblick auf Wassermenge, zeitliche Verfügbarkeit, räumliche Verfügbarkeit und Vulnerabilität zu erstellen
- Nach erfolgreicher Projektdurchführung ist die Durchführung eines Transferprojektes geplant, in welchem die gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis überführt werden. Damit können den Wasserversorgern Werkzeuge an die Hand gegeben werden, um ihre Versorgungskonzeptionen essentiell zu verbessern.

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Für die GICON Resources stehen besonders die natürlichen und technischen Oberflächenspeicher im Vordergrund, es erfolgt eine sektorenübergreifende, systematische Erfassung, Bewertung, Klassifizierung, und Verifizierung von – die Wasserwirtschaft als Ganzes und speziell die Wasserversorgung beeinflussenden – Informationen
- Dies fordert eine umfassende Akteurs- und Gebietsanalyse und unsere praktische Expertise in die Themenfelder wird eingebracht
- Zielerreichung durch:
 - Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs auf Basis der Potenzialidentifikation eines Oberflächenwasserspeichers
 - Anwendung einer zu entwickelnden Bewertungsmatrix hinsichtlich Gefahren und Risiken für die nachfolgende Entwicklung eines Kriterienkatalogs mit Handlungsempfehlungen
 - Sektorenmodellentwicklung sowie Identifikation von Leuchttürmen für eine spätere Überführung in ein Transferprojekt
- Ressourcen und Vorkenntnisse
 - intensive Vorarbeiten der GICON Resources
 - z. B. Landesniedrigwasserkonzept Brandenburg (2021 bis 2026),
 - Leitfaden „Dargebotsnachweise für Grundwasserentnahmen“ sowie Ermittlung nutzbarer Grundwasserdarangebote für das Modellgebiet Nordsachsen (2021 bis 2023) oder
 - LURCH – Verbundprojekt WaRM (2023 bis 2026): Nachhaltige, flexible Grundwasserbewirtschaftung in Ballungszentren auf Basis eines Wassersystemmodells am Beispiel der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main – Modellierung, Maßnahmen, Governance

Praxis: Verwertungsperspektiven

- Verwertung hinsichtlich natürlicher Speicher:
 - Anwendung des entwickelten Sektorenmodells im Rahmen des zukünftig anvisierten Niedrigwasser-/Dürreprogramm für das Land Sachsen sowie des laufenden Projektes Landesniedrigwasserkonzept Brandenburg
- Verwertung hinsichtlich technischer Speicher:
 - Anwendung im Bereich der Standortentwicklung in Bezug auf neue Industriegebiete, z. B.: Starkniederschläge in der Fläche halten (Speicher, wasserbauliche Ansprüche)
 - Anwendung im Bereich des Wohnungsbaus/Wohnraumentwicklung: z. B. Regenwasserhandling oder Versickerung
- Kontakte bestehen zu öffentlichen Auftraggebern, Industriekunden und privaten Auftraggebern
- Interne und fachbereichsübergreifende Anwendung innerhalb der GICON-Firmengruppe als Vermarktungsplattform
- Transferprojekt wird nach Projektende anvisiert

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „SUBmarine“

Selbstständige Unterwasser-Bauwerksinspektion durch Roboter zur Optimierung der Schadstellendetektion durch Taucher bei Inspektionsprozessen (01.03.2025 bis 29.02.2028)

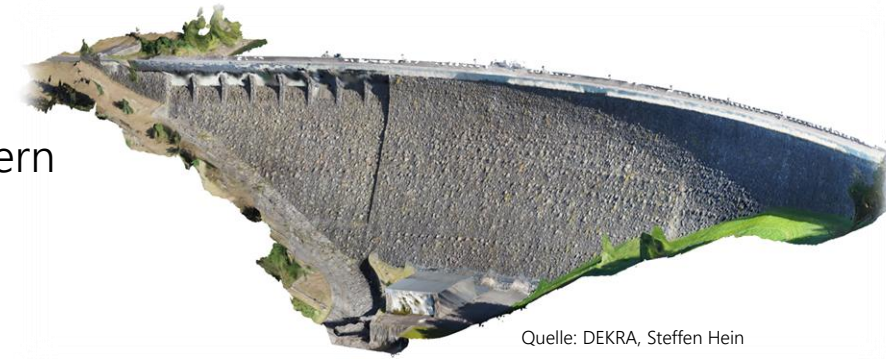
Dr. Thomas Grab, Prof. Dr. Sebastian Zug, TU Bergakademie Freiberg

Dr. Richard Stanulla, GeoWiD GmbH



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Deutschlandweit gibt es 371² gr. Talsperren, 56 davon in Sachsen
- Vielzahl an Bauwerken unterwasser (Brückenpfeiler, etc.)
- Bauwerke müssen **regelmäßig auf Schäden überprüft werden**, z.B. Staumauern
- **Stand der Technik** → handnahe Bauwerksprüfung nach DIN 1076
- Vollständige Inspektion von Unterwasserbauwerken
 - Ablassen des Wasserkörpers → zeitlicher Aufwand ↑, Kosten ↑, Versorgungsausfall
 - Einsatz von geschulten Tauchern → zeitlicher Aufwand ↑, Kosten ↑, geeignetes Personal/Firmen nötig
- Oft zu **hohe Kosten** für Betreiber → Überprüfungen können nur sehr selten durchgeführt werden
- nicht ausreichende Informationen über Zustand der Bauwerke
- Instandsetzungsmaßnahmen evtl. nicht zeitlich optimiert (zu spät → Kosten ↑)



Quelle: DEKRA, Steffen Hein

² <https://www.talsperrenkomitee.de/de/talsperren-in-deutschland.html>

Projektziele und Innovation

- **Ziel des Projektes:**

Entwicklung einer kostengünstigen Methode zur wasserseitigen Prüfung von Bauwerken im laufenden Betrieb, um eine regelmäßige, vollständige Inspektion zu erleichtern

- **Innovation des Vorhabens:**

- Erfassung der Bauwerke erfolgt optisch per autonomen Tauchroboter (UAV) mit nachgeschalteter automatisierter Erkennung potentieller Schadstellen (Normkonform mit DIN 1076)
- Kombination aus autonomen Unterwasserroboter + Sensoreinheit
- Erstellung eines 3D Modells von Bereichen mit Schadstellen/Bauwerksteilen
→ Überprüfung relevanter Schadstellen durch Gutachter und ggf. Taucher

- **Vorteile für die Wasserwirtschaft:**

- Optimierung Einsatzzeit von Gutachtern/Tauchern → nur noch ausgewählte Bereiche (handnah)
- Werterhaltung/Reduzierung der Kosten für Bauwerksuntersuchungen → regelmäßige Untersuchung möglich
- Bessere Planbarkeit von Sanierungsvorhaben
- Resilienz der öffentlichen Wasserversorgung



Quelle: <https://bluerobotics.com/store/rov/bluerov2/>

Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

- **Projektkonsortium TU Bergakademie Freiberg:**
 - Dr. Thomas Grab – (Projektleiter) Scientific Diving Center, ZeWaF
 - Richard Gruhn - Scientific Diving Center
 - Prof. Dr. Sebastian Zug (Lehrstuhlinhaber) - Softwaretechnologie und Robotik
 - Gero Licht - Softwaretechnologie und Robotik
- **Praxispartner:**
 - Dr. Richard Stanulla (Geschäftsführer, Taucheinsatzleiter) – GeoWiD GmbH
 - Kevin Schmelzer - GeoWiD GmbH
- **assoziierte Partner:**
 - Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen
 - DEKRA Automobil GmbH, Niederlassung Dresden (Ansprechpartnern: Steffen Hein)



GeoWissenschaftliche Dienste



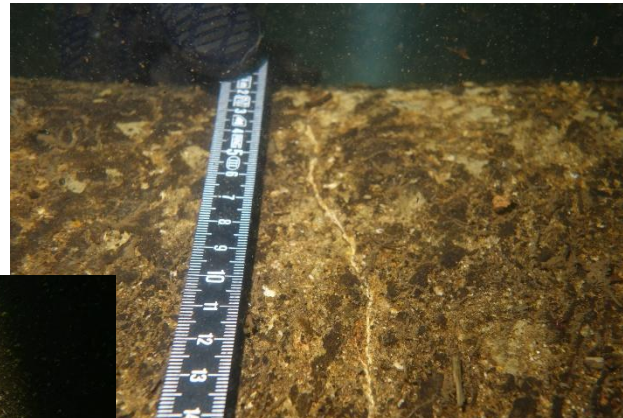
Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

Oberstes Ziel: Objekt- und bauwerksbezogene Schadenskartierung als Planungsgrundlage für handnahe Prüfung

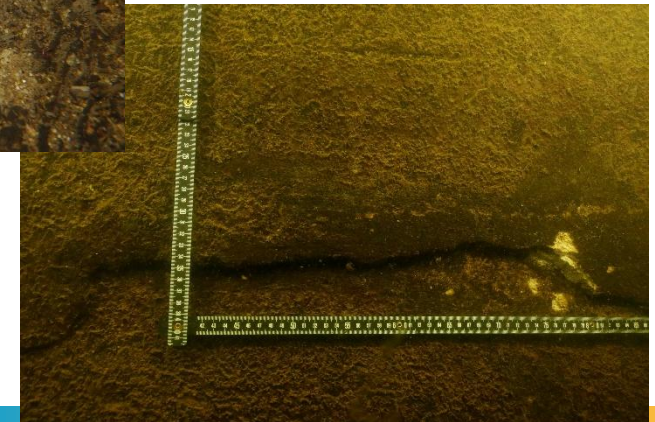
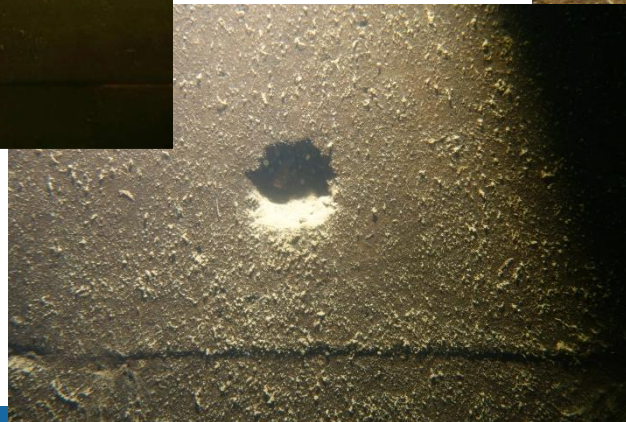
- Schadstellenerfassung der Bauwerke durch eigenentwickeltes Sensormodul, bestehend aus:
 - Stereokamerasystem → Erkennung von Rissen und Abplatzungen
 - Projektionssystem (Liniengitterlaser) → Detektion von Absätzen oder Wölbungen



© GeoWiD



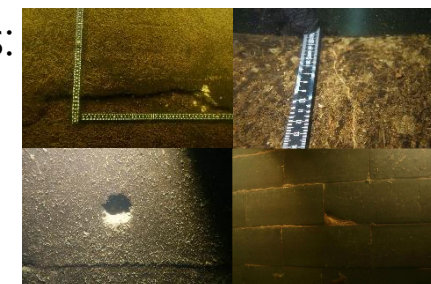
© GeoWiD



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

Oberstes Ziel: Objekt- und bauwerksbezogene Schadenskartierung als Planungsgrundlage für handnahe Prüfung

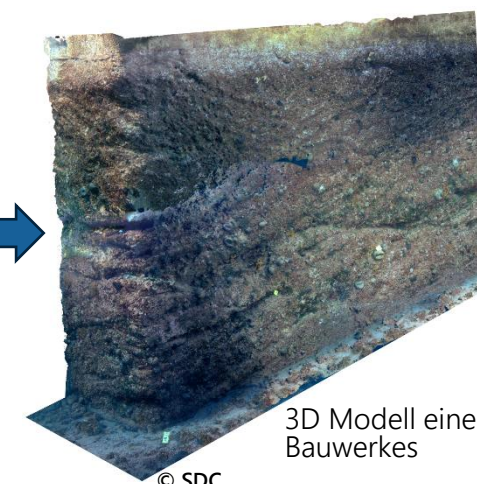
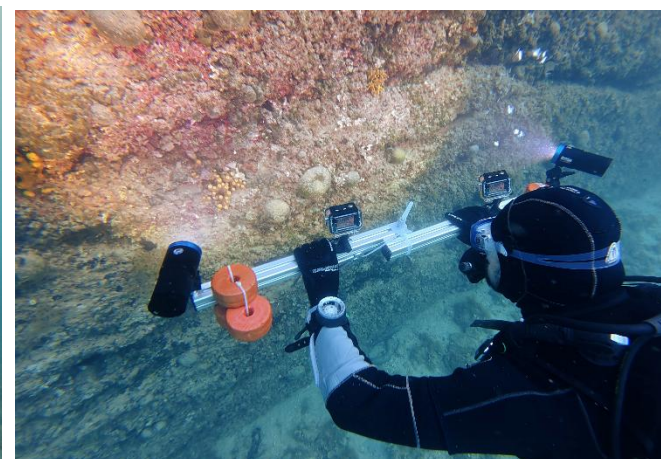
- Schadstellenerfassung der Bauwerke durch eigenentwickeltes Sensormodul, bestehend aus:
 - Stereokamerasystem → Erkennung von Rissen und Abplatzungen
 - Projektionssystem (Liniengitterlaser) → Detektion von Absätzen oder Wölbungen
- photogrammetrische Erfassung → Erstellung eines 3D-Modells aus vielen Einzelbildern (SDC)



© SDC



© SDC



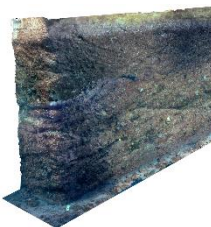
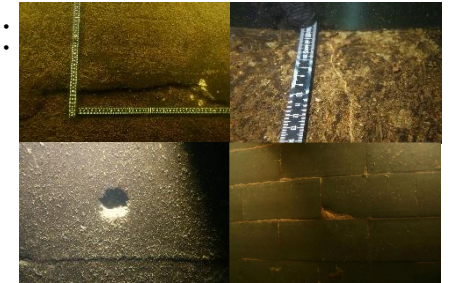
3D Modell eines Bauwerkes

© SDC

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

Oberstes Ziel: Objekt- und bauwerksbezogene Schadenskartierung als Planungsgrundlage für handnahe Prüfung

- Schadstellenerfassung der Bauwerke durch eigenentwickeltes Sensormodul, bestehend aus:
 - Stereokamerasystem → Erkennung von Rissen und Abplatzungen
 - Projektionssystem (Liniengitterlaser) → Detektion von Absätzen oder Wölbungen
- photogrammetrische Erfassung → Erstellung eines 3D-Modells aus vielen Einzelbildern (SDC)
- bildbasiertes Postprocessing mit Live-Auswertung und Modellimplementierung
 - Automatisierte Schadstellendetektion - Entwicklung einer KI Anwendung und Training auf „Risse“ anhand von Bsp. Bildern (GeoWiD, DEKRA)



Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

Aktuelle Arbeiten

- Softwareseitige Vorbereitung des Rovers / Basiserprobung
- Hardwareseitige Aufrüstung
- Evaluation mit dem Aufbau im „Testgewässer“ der Informatik

Avisierte Arbeiten für die nächsten Monate

- Entwurf eines Laborsetups für das Sensorsystem / Roboter
- Definition des Probekörpersets
- Erste Befahrung am Referenzobjekt



Quelle: <https://bluerobotics.com/store/rov/bluerov2/>



Quelle: <https://bluerobotics.com/store/rov/bluerov2/>

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (III)

Komponente der Lösung	Herausforderung
Robuste Lokalisierung des Roboters	<ul style="list-style-type: none"> • Absolute Nä • Lokal homog • Mitführung
Parametrisierung des Sensorsystems	<ul style="list-style-type: none"> • ve • na • Tri
Identifikation von Schäden	<ul style="list-style-type: none"> • Ve • Geometrie der Ba • Größe und Signifikanz der Anomalien

Lösungselement 1: "Kontexterkennung"
 Identifikation der Randbedingungen einer Vermessung

Lösungselement 2: "Reallabor Bauwerksschäden"
 Objekte mit spezifizierten Fehlern werden langfristig ins Untersuchungs-gewässer eingebracht und kontinuierlich

Lösungselement 3: "Unsicherheitsmodellierung"
 Charakterisierung der erwarteten Güte der Positions-Ergebnisse und der Schadensparameter

Umsetzung am Pilotstandort / Pilotstandorten*

Pilotstandorte (LTV)

- Trinkwassertalsperre Saidenbach
 - Bauwerksprüfung bereits erfolgt (**Referenzobjekt**)
 - Befahrung bekannter Bereiche und Vergleich mit den eigenen Ergebnissen
 - Begleitung des ROV durch Taucher zur Optimierung der Bedienbarkeit
- Brauchwassertalsperre Malter
 - Test des Modells und der Technik (**Pilotobjekt**)
 - Vergleich mit den Ergebnissen der Taucher (handnahe Prüfung)



https://www.wasserwirtschaft.sachsen.de/TS_Saidenbach.html



© GeoWiD

Produkte und Verwertungspotenziale

- Welche Produkte werden im Vorhaben entwickelt?
 - Prototyp eines autonom arbeitenden Tauchroboters mit integrierter Kameratechnik und Lageerkennung
 - Software spezialisiert auf die Erkennung von Bauwerksschäden Unterwasser.
- **Praxistransfer sowie zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Standorte**
 - 1. Test der Hard- und Software an einem bekannten Referenzobjekt (TS Saidenbach)
 - 2. Test an unbekanntem Referenzobjekt, Test der allg. Handhabbarkeit unter schlechten Sichtbedingungen
 - Sicherstellung der **Anwendbarkeit auf nahezu alle Unterwasserbauwerke**
 - Durchführung von Workshops
- **Beiträge zu Regelsetzung, Standardisierung und Normung**
 - GeoWiD/DEKRA: Zusammenarbeit mit „Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von IngenieurInnen der Bauwerksprüfung“ (VFIB)
 - Erstellung eines Leitfadens (soll als Grundlage für eine Normung dienen)

Praxis: Motivation

- Kostenstruktur (Budgetierung der Versorger) **vs.** Fachanforderung (Prüfzyklen nach DIN)
 - Ziel: Effizienzsteigerung der Bauwerksprüfung
 - Mehr geprüfte Fläche bei konstanter Kostenbelastung/Kostenoptimierung
 - Minimierung von Personalbelastung der Prüfer (Tauchzeit und –tiefe!)
 - Optimierung der Erfassungsmodalitäten (Abtasten oder 3D-Photogrammetrie)
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit
- Entwicklung innovativer Dienstleistungen
- Optimierung der Einsatzfähigkeit (Havarie, Wetter, Sicht, Eis, ggf. Schadstoffe)



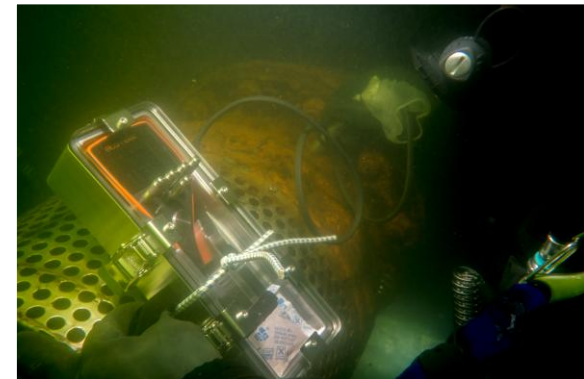
© GeoWiD



© GeoWiD

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Anerkannter Kompetenzträger für Wissenschaftliches Tauchen und Bauwerksprüfung unter Wasser
- Dezidierte Kenntnis einer Vielzahl an wasserbaulichen Anlagen im Bundesgebiet
- Test und Validierung der Prüfapparatur unter Realbedingungen
- Ansatzoptimierung an Ansprüche und Abläufe der wirtschaftlichen Praxis
- Gestellung Tauchinfrastruktur für den Praxiseinsatz beim Betreiber
- Qualitätssicherung und Input zu Fragestellungen der Bauwerksprüfung
- Fachconsulting zu technischen Fragestellungen bei der Entwicklung der UW-Technik
- Kommunikation und Promotion im Fachnetzwerk



© GeoWiD



© GeoWiD

Praxis: Verwertungsperspektiven

- Erwartungen/Ziele:
 - Überführung des Prototypen in die wirtschaftliche Anwendung
 - Verbesserung und Beschleunigung von Arbeitsabläufen

- Wie sollen die Projektergebnisse bei Ihnen in der Praxis genutzt werden?
 - Einsatz der Software zur schnellen Schadstellenerkundung mit und ohne Tauchroboter
 - Erweiterung des Bearbeitungsangebotes auch auf tiefere Bauwerksbereiche → Einsatz Roboter

- Ist eine Vermarktung vorgesehen?
 - Ja, in Form des Gesamtsystems zum Verkauf oder als Mietmöglichkeit
 - Anwenderschulungen für die Nutzung
 - Erbringung der Prüfleistungen inkl. Gerätenutzung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „Wasserresilienz“

Innovative Management- und Betriebskonzepte für zukunftsichere und resiliente Wasserinfrastrukturen

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, Technische Universität München

Melanie Vogt, Hessenwasser GmbH & Co. KG



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

- Grundlegender Wandel von Wasser Dargebot und Bedarf durch den Klimawandel
 - Planungsunsicherheit aufgrund Verschiebung zu Nicht-Stationarität
 - Steigender landwirtschaftlicher, industrieller und privater Wasserbedarf und Spitzenwasserbedarfe
 - Zunahme langanhaltender Trockenzeiten und Dürren
 - ➔ Zunehmende Nutzungskonflikte im Wassersektor
- Bedarf von Resilienz-Steigerung in der gesamten Wasserversorgungsinfrastruktur
 - Optimierter und prospektiver Anlagenbetrieb
 - Nutzung von alternativen Wasserressourcen



© imago/Jochem Tack



Projektziele und Innovation

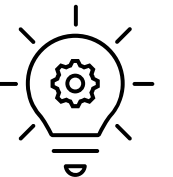
■ Projektziele

- Technologien zur Minimierung des Ressourcen- und Energiebedarfs der Wasserversorgung
- Innovative Management- und Betriebskonzepte für Wasserinfrastrukturen
- Vernetzung grauer und blaugrüner Wasserinfrastrukturen



■ Innovation

- Indikatoren zur Bewertung operativer und strategischer Resilienz
- KI-Assistenzsystem für prospektive Grundwasserbewirtschaftung gekoppelt mit Lastmanagement
- Brunnenbewirtschaftungskonzept zur Bewahrung nachhaltiger und flexibler Rohwassergewinnung
- Integriertes Wasserressourcenkonzept mit aufbereitetem Wasser als alternativer Wasserressource



Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

Technische
Universität
München



BGS UMWELT
Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

 **Hessenwasser**

 **Stadtwerke
SCHWEINFURT**
Zukunft braucht Energie



WASSERRESILIENZ

 **Stadtentwässerung
SCHWEINFURT**
Immer klares Wasser

 **OKEANOS**

KWB

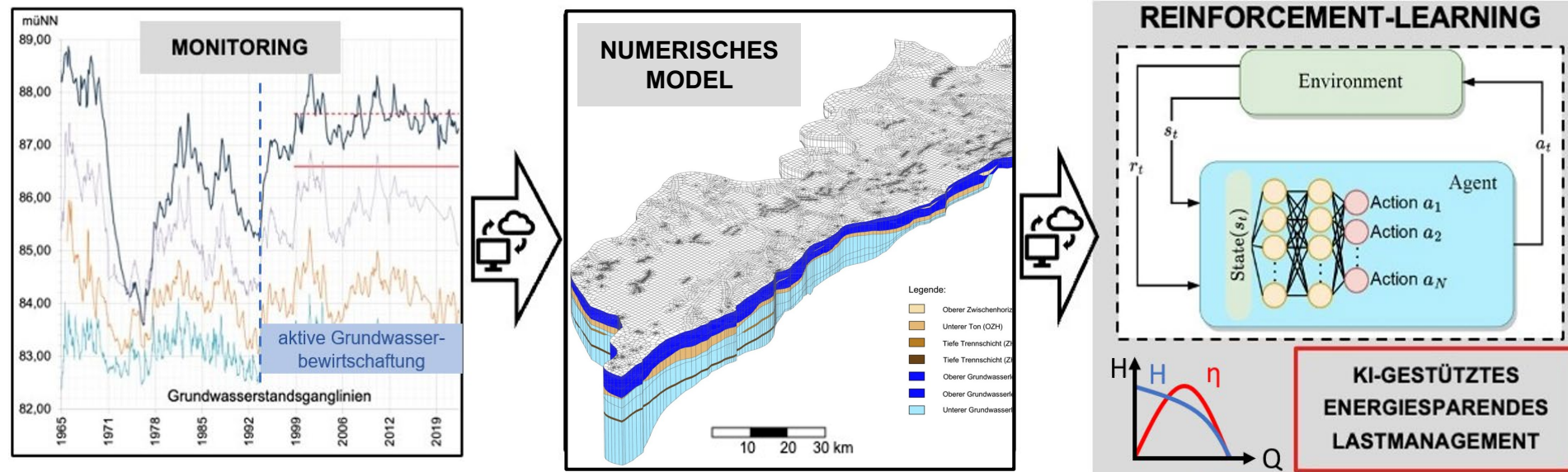
iat
Ingenieurberatung

 **envi-systems**

 **UMWELTAMT**

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

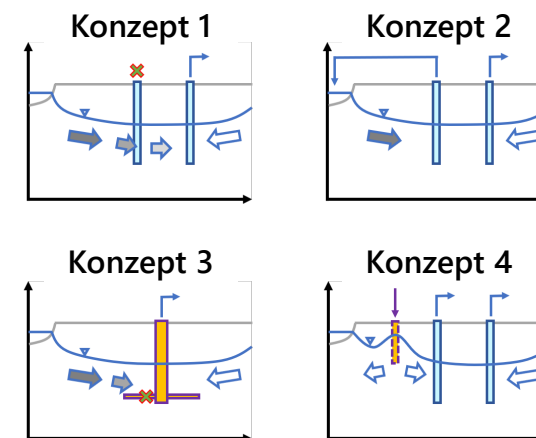
- Resilienz- und Energieeffizienzsteigerung im Zusammenspiel von Grundwasserbewirtschaftung/Lastmanagement



- Systemdefinition, Digitalisierung und Prognose aller Parameter der operativen Bewirtschaftungspraxis
 - Entwicklung und Pilotierung KI-Assistenzsystems zur optimierten Grundwasserbewirtschaftung und Lastmanagement
- ➔ Okeanos Smart Data Solutions GmbH, Hessenwasser GmbH & Co. KG, BGS Umwelt GmbH, envi-systems GmbH

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

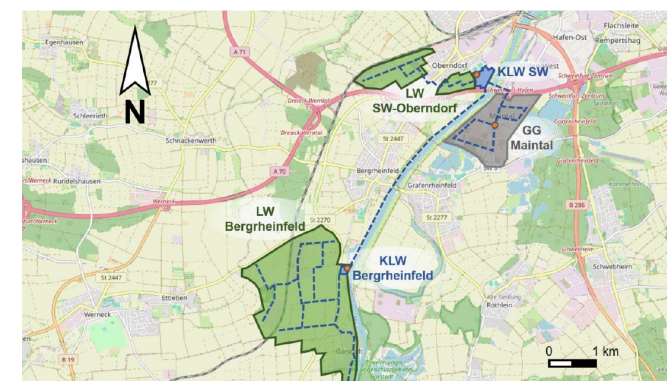
- Brunnenbetriebskonzepte zur Verbesserung geförderter Rohwasserqualität
 - Monitoring saisonaler Wasserqualitätsschwankungen in der Uferfiltration
 - Entwicklung und Pilotierung Brunnenbetriebskonzepte zur Verbesserung der geförderten Rohwasserqualität



→ TU München, BGS Umwelt GmbH, Stadtwerke Schweinfurt GmbH

- Nutzung alternativer Wasserressourcen für Nicht-Trinkwasseranwendungen
 - Entwicklung integrierten Wasserressourcenkonzept
 - Ausweitung auf gesamträumlichen Maßstab (Stadt und Umland)
 - Transfer und Adaption des Konzeptes in Metropolregion

→ Stadtentwässerung Schweinfurt, TU München, iat – Ingenieurberatung GmbH, Hessenwasser GmbH & Co. KG, Stadtwerke Schweinfurt GmbH



Umsetzung an den Pilotstandorten



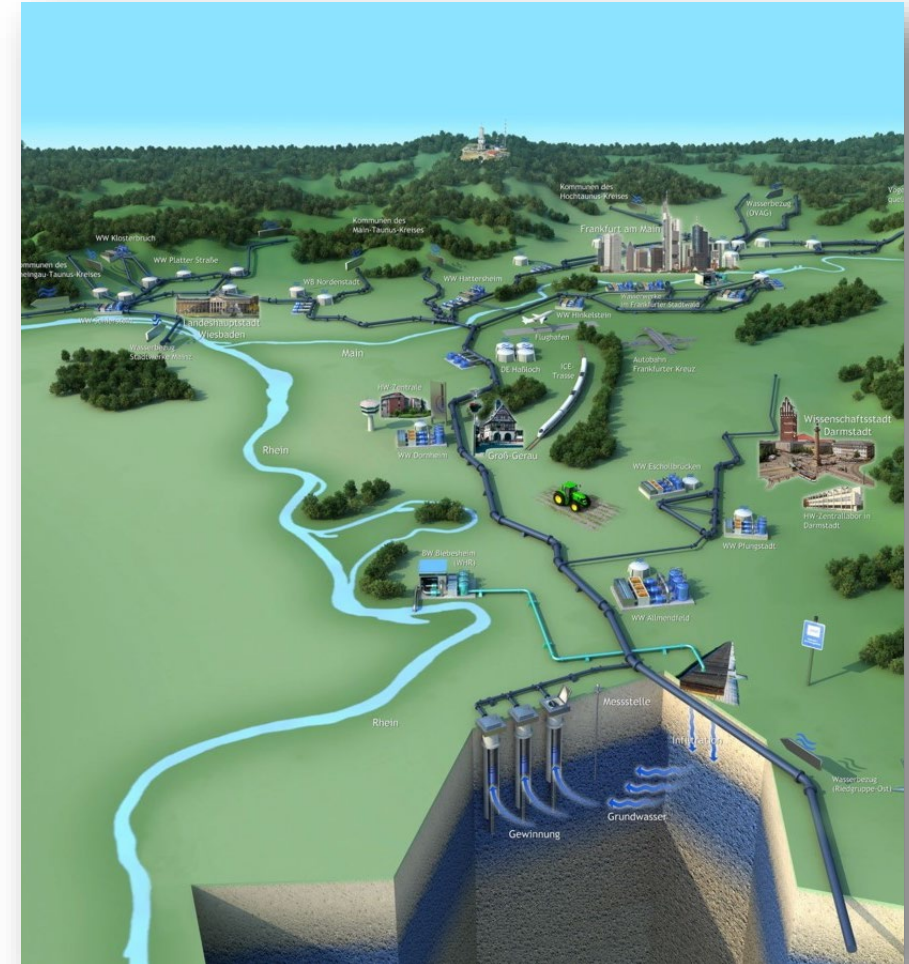
- Hessisches Ried (KI-Assistenzsystem)
 - Training KI mit Bewirtschaftungsmustern und verschiedenen Szenarien (z. B. Extremereignisse)
- Schweinfurt
 - Charakterisierung saisonaler Dynamiken und Trends der Wasserqualität
 - Modellierung Anströmungsverhältnisse der Uferfiltrationsbrunnen
 - Pilotierung Bewirtschaftungskonzepte im laufenden Betrieb
 - Potentialstudie und Dimensionierung Nutzwasserbereitstellung für landwirtschaftlich genutzte Flächen und Prozesswassersubstitution ortsansässiger Großindustrie
- Resilienz-Bewertung aller innovativen Lösungen und Vergleich mit bestehender Situation

Produkte und Verwertungspotenziale

- KI-gestütztes Assistenzsystem zur Verbesserung Prognosefunktionalität der Grundwasserbewirtschaftung und zur Umsetzung der KI-optimierten Bewirtschaftungskriterien im Lastmanagement
 - Sukzessive Übertragung an weitere Strukturen im Versorgungsgebiet der Hessenwasser
 - Langfristige Übertragung in gesamtes Versorgungssystem der Hessenwasser und in andere Regionen
 - Vorstellung und Diskussion des KI-gestützten Assistenzsystems im Rahmen des Austausches mit weiteren Wasserversorgungsunternehmen

Praxis: Motivation

- Modernisierung und Weiterentwicklung der wesentlichen Grundelemente zur Sicherstellung einer nachhaltigen Trinkwasserversorgung
 - Vereinfachung und Optimierung der integrierten Ressourcenbewirtschaftung aus Grundwasserentnahme und Infiltration mit dem Ziel der Stabilisierung des Grundwasserspiegels entsprechend des vorgegebenen rechtlichen Rahmens (z.B. Grundwasserbewirtschaftungsplan Hess. Ried, wasserrechtl. Genehmigungen)
 - Moderne Grundwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Komplexität des naturräumlichen und technischen Systems (Vereinbarkeit von Interessen wie Ökologie, Forst, Siedlung und weit verzweigtes Verbundsystem)
 - Nachhaltigkeit im Ressourcen- und Lastmanagement
 - Wirtschaftlichkeit (Optimierung Energieeinsatz)
 - Versorgungssicherheit



Praxis: Motivation

Versorgungssicherheit – Wirtschaftlichkeit – Nachhaltigkeit

Wasserrechte

Bedarf

Klima/Witterung

Grundwasserstand

Entnahme/Infiltration

Regionalentwicklung



Steuerung Brunnen

Steuerung Infiltration

Bezugsmanagement

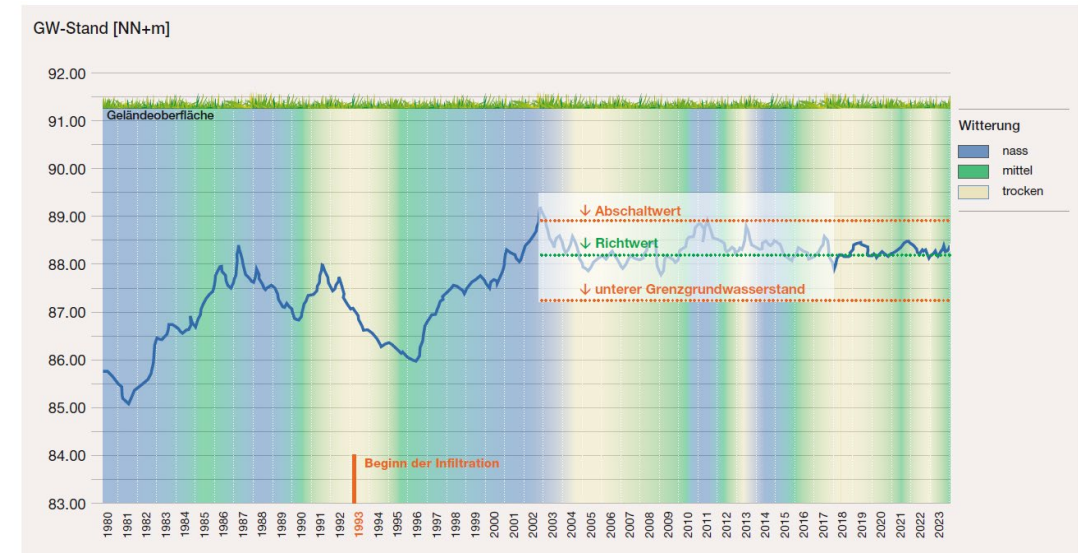
Lastmanagement

Störungen

Energie

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Bereitstellung langjähriger Daten und Zeitreihen als Basis für die Entwicklung des KI-Assistenzsystems
 - Grundwasserstandsentwicklung an einer Vielzahl von Messstellen
 - Entnahmemengen, Infiltrationsmengen
 - Klimadaten, Lysimeterdaten
 - Langjährige Betriebserfahrungen im integrierten Ressourcenmanagement und Lastmanagement
- Kontrollierter Praxiseinsatz des neuen KI-Assistenzsystems im Echtsystem der Hessenwasser



Praxis: Verwertungsperspektiven

- Vorteile, Erkenntnisse oder Entwicklungen für das eigene Unternehmen
 - Objektivität in der Steuerung der Ressourcenbewirtschaftung und des Lastmanagements
 - Transparenz in den Prozessen
 - Höhere Resilienz durch Unabhängigkeit von Einzelpersonen und Erfahrungsschatz
 - Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch energieoptimierten Anlageneinsatz
 - Weiterentwicklung der Daten
- Nutzung der Projektergebnisse in der Praxis
 - Unterstützung für betriebliche Prozesse (Entnahmeregime, Infiltrationsregime, Lastmanagement)
 - Übertragbarkeit von Pilotbereich auf die gesamte Versorgungsstruktur des Unternehmens
 - Vorstellung und Diskussion des KI-gestützten Assistenzsystems im Austausch mit weiteren Wasserversorgungsunternehmen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Verbundprojekt „ZukoWa“

Zukunftsfähiges Wassermanagement kommunaler Wasserversorger in Zeiten des Klimawandel

Prof. Dr. Stefan Norra, Bodenkunde und Geoökologie, Universität Potsdam

Rüdiger Höche, Stadtwerke Bühl + SchwarzwaldWASSER GmbH



Problemrelevanz und Anwendungsbezug

Ausgangslage und Problemstellung

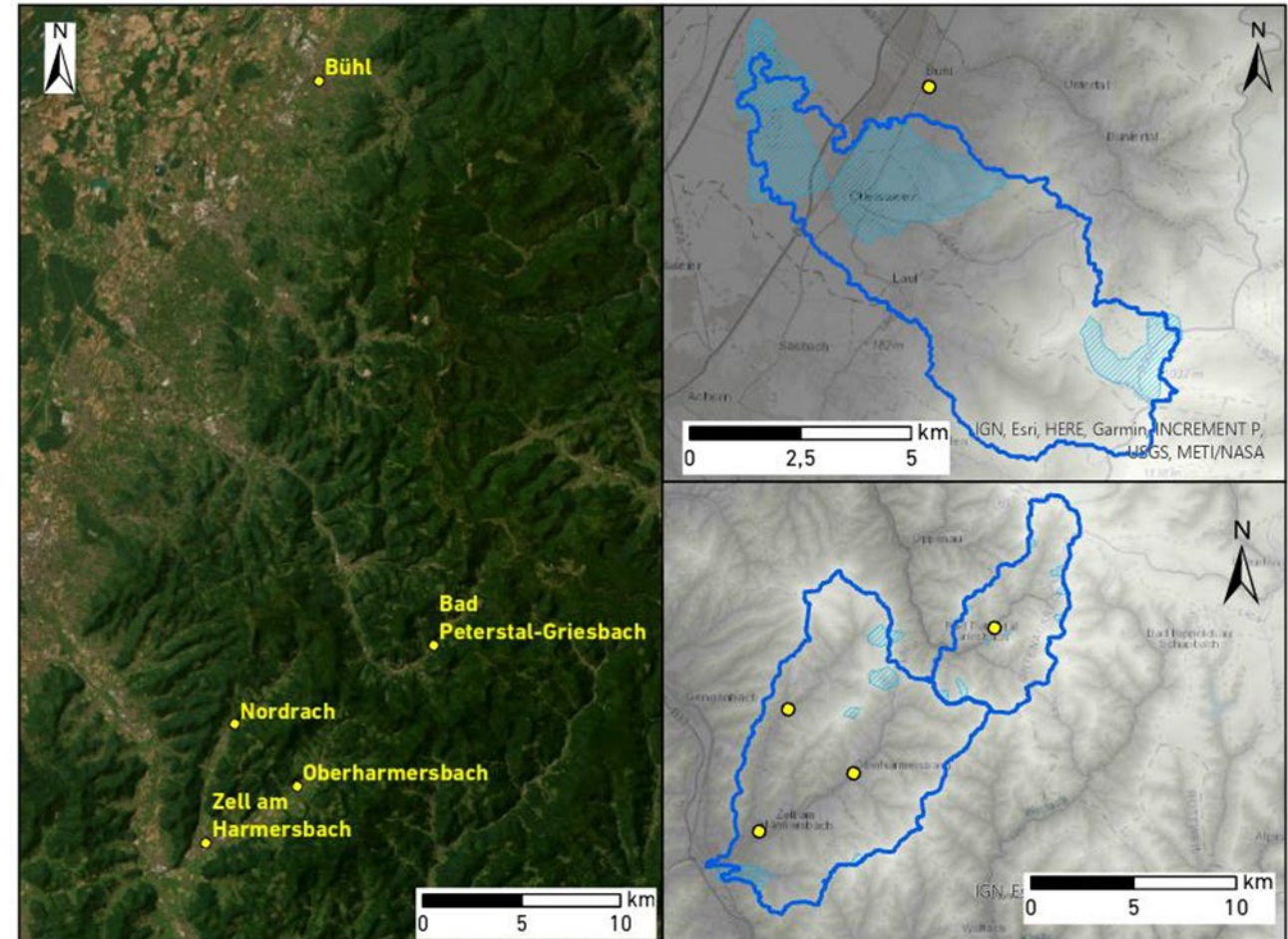
- Mittelgebirge, hier Schwarzwald →
- Heterogenes Relief bedingt heterogenes Niederschlagsregime (wenig bis keine Informationen)
- + Verändertes Niederschlagsregime durch den Klimawandel
- → Quellschüttungen unregelmäßig bis hin zum zeitweisen Versiegen
- + Mögliche Belastungen der Quellen nach Starkregenniederschlägen durch Gelbstoffe, Trübung, chemische (As, U, Rn, ...) und biologische Verunreinigungen.

Herausforderungen für die Wasserwirtschaft und die Versorger

- + kleine kommunale, nicht verbundene TW-Versorger
- → Sicherstellung der nötigen Trinkwassermengen ausreichender Qualität

Wissenschaftlich-technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz des Vorhabens

- Trinkwassersicherung kleiner Kommunen in relativ abgelegenen Gebieten
- Sicherung der Wirtschaftsstandortqualität dieser Kommunen
- Vorhersage der Niederschläge und Wasserbilanzen in hoch reliefierten Gebieten (+ Kluftgrundwasserleiter)
- Entwicklung optischer Sensoren zur online und in-situ Überwachung von As und U + modulare, dezentrale Trinkwasseraufbereitung



Hydrologische Einzugsgebiete
Standorte Wasserversorger

Trinkwasserschutzgebiete und Lage der Quellen

Projektziele und Innovation

Beschreibung der Zielsetzung des Vorhabens

- **Erstellung von Wasserhaushaltsmodellen für kleine Kommunen in stark reliefiertem Gelände (Kluftgrundwasserleiter)**
 - Messnetzwerk für Meteorologie, Bodenfeuchte, Quellschüttungen, Oberflächenabfluss,
 - Einbindung fernerkundlicher (Radar) Niederschlagserfassung
- **Vor-Ort und in-situ sowie laborgestützte Analyse der zeitlichen Variabilität der Quellwasserqualität**
 - in-situ Sensoren für T, pH, Trübung, Gelbstoffe, elektr. Leitfähigkeit, O₂-Gehalt, Redox, Nitrat
 - Entwicklung von optischen Sensoren für die As und U Analyse
 - Wasserisotopie, Radon, Mikrobiologie, Organik, Schwermetalle
- **Dezentrale, modulare Trinkwasseraufbereitung**
 - Glaskugelfilter, Mehrschichtfilter, Ultra-Filtration, GEH-Filter, Ionenaustauscher
- **Maßnahmenkatalog**
 - Verbundplanung, Versickerungsoptimierung, Wasserspeicherung, Kreislaufnutzung, Szenarien

Worin besteht die Innovation des Vorhabens?

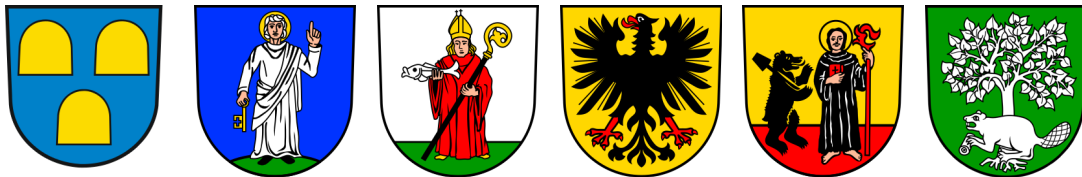
- **Wesentliche „Neuartigkeit“ des Lösungsansatzes im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik bzw. zum Status quo**
 - Monitoring-Leitstand mit Szenarien-basiertem, integriertem Decision Support System auf der Grundlage von Wasserhaushaltsmodellen und Wettervorhersagen
 - Dezentrale, modulare Trinkwasseraufbereitung
 - Integrierung der Wasserschutzgebiete in die Wertschöpfungskette der wasserwirtschaftlichen Unternehmen
 - Vernetzung von wasserwirtschaftlichen Unternehmen zur Überbrückung möglicher Trinkwassermangelsituationen
- **Vorteile für die Wasserwirtschaft**
 - Beitrag zur Resilienzsteigerung der öffentlichen Wasserversorgung
Sicherung der Trinkwasserverfügbarkeit auch während Dürreperioden
 - Beitrag zur Modernisierung der Wasserversorgungsinfrastruktur
optimierte Wasserhaushaltsüberwachung, Verbundplanung, Versorgungssicherheit

Kooperationspartner und Einbindung der Praxis

- Beteiligte Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis (Unternehmen der Wasserwirtschaft und kommunale Betreiber von Wasserinfrastrukturen)



- Beteiligte assoziierte Partner (ohne Projektförderung)



- Stadt Bühl
- Bad Peterstal-Grießbach
- Nordrach
- Zell am Harmersbach
- Oberharmersbach
- Biberach

- Wie wird mit potenziellen Anwendern kooperiert?

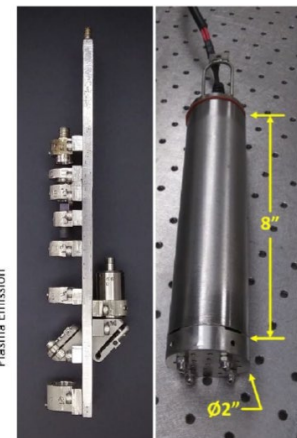
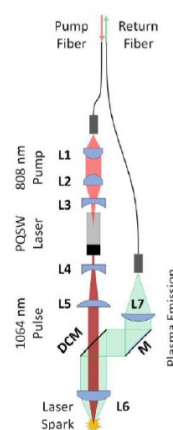
- Rüdiger Höche, Stadtwerke Bühl, Landesgruppenvorsitzender der DVGW in Baden-Württemberg
- Reiner Liebich, Schwarzwaldwasser GmbH: > 60 kommunale Wasserversorger im Schwarzwald
- Transferkonferenz 2027: Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld, Elzach, Waldkirch, Leutkirch, Ofterschwang, Wahnachtalsperrenverband, ...

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (I)

- Darstellung des Lösungsansatzes zur Zielerreichung
- Wesentliche Aktivitäten des Arbeitsprogramms
- Arbeitsteilung, Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Praxis



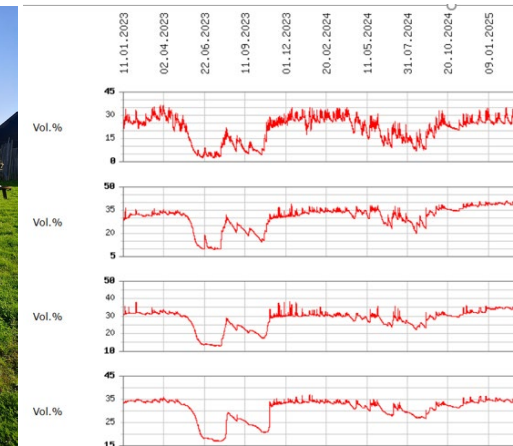
Zeitlich hochaufgelöste Beprobung



Entwicklung von Sensoren

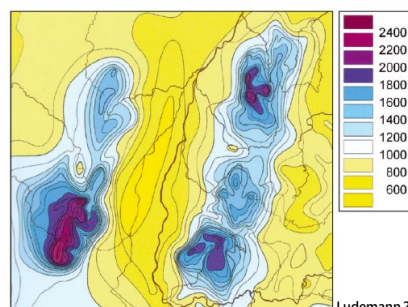


Monitoring

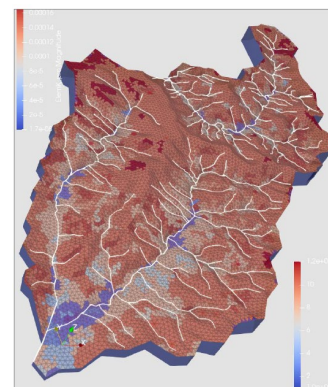


Monitoring Leitstand (hier Bodenfeuchte in 10, 20, 30, 40 cm Tiefe)

Mittlerer Jahresniederschlag



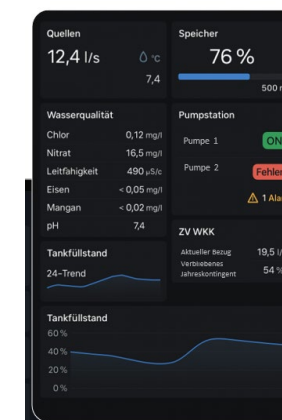
Niederschlagsmuster, -vorhersage, Klimamodellierung und -szenarien



Wasserhaushaltsmodellierung



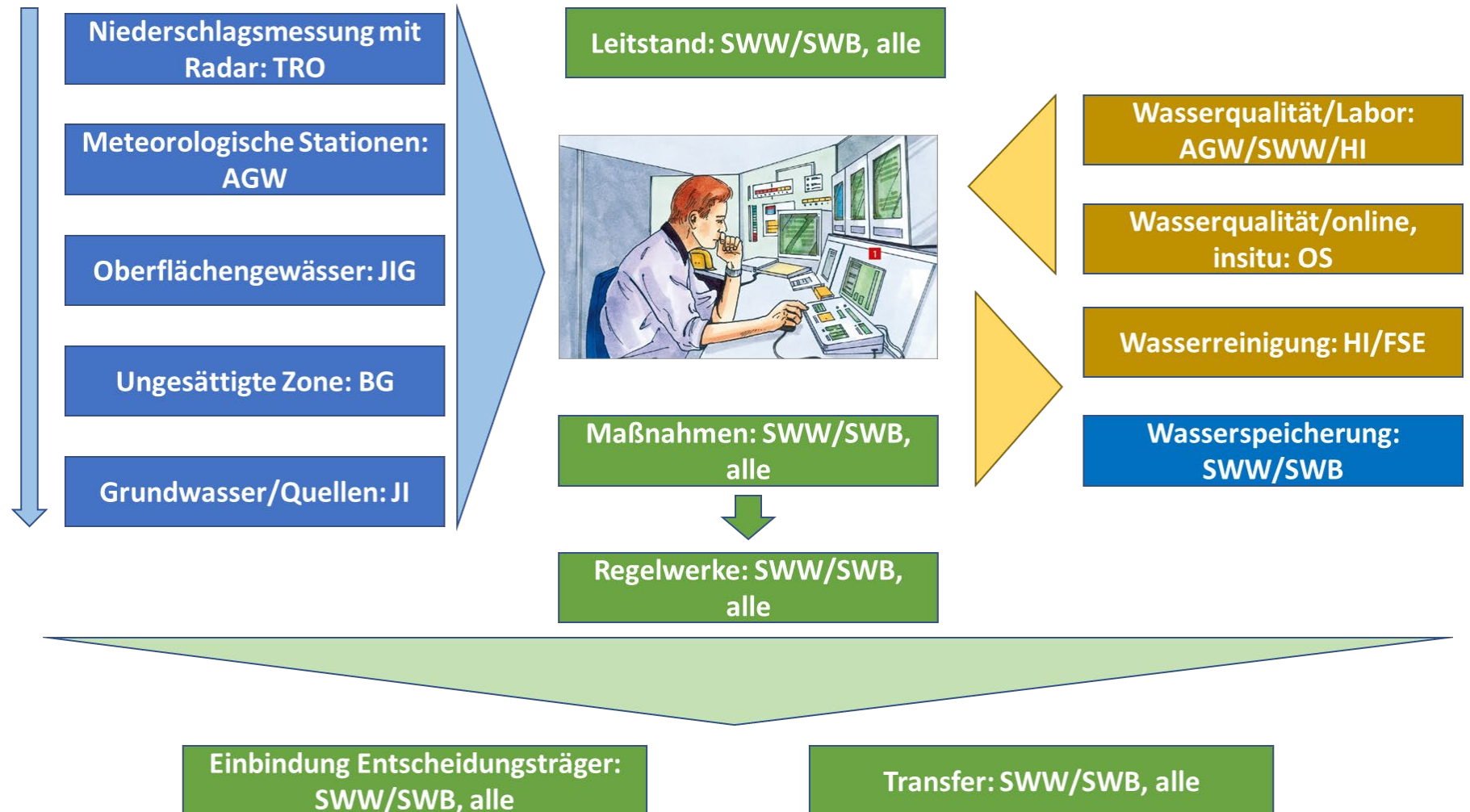
Wasseraufbereitung



Dashboardentwicklung

Lösungsweg – Schritte zur praktischen Umsetzung (II)

- Darstellung des Lösungsansatzes zur Zielerreichung
- Wesentliche Aktivitäten des Arbeitsprogramms
- Arbeitsteilung, Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Praxis



Umsetzung an den Pilotstandorten

- **Wie erfolgt die geplante exemplarische Erprobung / Demonstration der entwickelten Lösungsansätze am Pilotstandort / an den Pilotstandorten?**
 - Direkt vor Ort in den Wassereinzugsgebieten zusammen mit den betroffenen Gemeinden.
 - Aufbau eines Messnetzes mit Leitstand und Pilot einer Wasseraufbereitungsanlage,
 - Vor-Ort Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserangebots (Versickerung, Speicherung, Verbund)
 - Einbindung der Gemeinden durch regelmäßige Konsultation und durch die Schwarzwaldwasser GmbH
- **Welche Schwierigkeiten und Risiken bestehen hierbei und wie wird damit umgegangen?**
 - Unwägsamkeiten bei Genehmigungsverfahren für Eingriffe in die Landschaft (Aufbau der Messinfrastruktur)
→ nach Möglichkeit werden Fläche genutzt, die den Gemeinden gehören
 - Sensorentwicklung erreicht nicht die geforderten Nachweisgrenzen → Laboruntersuchungen, Weiterentwicklung
- **Wie werden Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt?**
 - Training des kommunalen Personals
 - Einbindung der Kommunen und von SchwarzwaldWASSER GmbH zur Analyse und Bewertung der entstehenden Betriebskosten

Produkte und Verwertungspotenziale

- **Welche Produkte werden im Vorhaben entwickelt? Hierzu zählen:**
 - Innovative Technologien / Prototypen
 - Integraler Leitstand der Wasserversorgung, der die Wasserschutzgebiete mit den dortigen Sensoren sowie die hydrologischen Modelle zur Erfassung des Wasserhaushalts als Teil der Wertschöpfungskette betrachtet
 - Optische in-situ Sensorik für Arsen und Uran
 - Modulare, dezentrale Wasseraufbereitungsanlage
 - Neuartige Management- und Betriebskonzepte für Wasserinfrastrukturen
 - Digitale Überwachung des Wasserangebots aus den Wasserschutz-/Einzugsgebieten
 - Optimierungsmaßnahmen zur Versickerung in den Wasserschutzgebieten
 - Innovative Versorgungs- und Nutzungskonzepte
 - Wasserspeicheroptionen, Unterstützung der Grundwasserneubildung
 - Verbundplanung kleiner kommunaler Wasserversorger
- **Wie erfolgt die wirtschaftliche sowie wissenschaftlich-technische Verwertung der entwickelten Lösungen und Produkte?**
 - Über die Wasserversorger und Schwarzwaldwasser einerseits, über die Forschungseinrichtungen und beteiligten Firmen andererseits
- **Aktivitäten zum Praxistransfer der entwickelten Lösungen und Produkte sowie zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anwender/Standorte/Regionen**
 - Es ist für 2027 eine Transferveranstaltung geplant
 - Einbindung SchwarzwaldWASSER GmbH
- **Beiträge zu Regelsetzung, Standardisierung und Normung**
 - Sensorik, Leitstand, Wasserhaushaltsmodellierung, Verbundplanung über DVGW (R. Höche, Landesgruppenvorsitzender der DVGW in Baden-Württemberg)

- Bei der Versorgung der Bürgerinnen und Bürger des Landes Baden-Württemberg mit Trinkwasser stehen die Qualität des Wassers und die Gewährleistung der Versorgungssicherheit an erster Stelle
- Für fünf Kommunen im Nordschwarzwald soll ein Wassermanagementkonzept entwickelt werden, das sie in die Lage versetzt, die Trinkwassersicherheit nachhaltig zu gestalten. Besondere Herausforderungen sind
 - **Standardisierung:** Durch die Vereinheitlichung von Prozessen werden Abläufe standardisiert, was zu einer Reduzierung von Fehlern und einer Verbesserung der Qualität führt.
 - **Transparenz:** Einheitliche Prozesse schaffen Klarheit und Transparenz, sodass alle Mitarbeiter die Abläufe verstehen und effizienter arbeiten können.
 - **Kosteneinsparungen:** Durch die Reduzierung von Redundanzen und die Optimierung von Arbeitsabläufen können Kosten gesenkt werden.
 - **Bessere Zusammenarbeit:** Einheitliche Prozesse fördern die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Abteilungen bzw. Organisationseinheiten, da alle nach denselben Richtlinien arbeiten.
 - **Schnellere Entscheidungsfindung:** Mit klar definierten Prozessen können Entscheidungen schneller getroffen werden, da weniger Abstimmungsbedarf besteht.
 - **Kontinuierliche Verbesserung:** Einheitliche Prozesse erleichtern die Identifikation von Schwachstellen und die Implementierung von Verbesserungen.
- Erweiterung des Dienstleistungs-Portfolios, Beratung anderer Wasserversorger, Übernahme von Betriebsführungen

Praxis: Beitrag zur Zielerreichung

- Die Rolle der SW Bühl:
 - Quellschüttungsmonitoring und Datenbereitstellung, Aufbau Sensorik, Leitstandaufbau
- Die Rolle der SchwarzwaldWASSER:
 - Öffentlichkeitsarbeit, Überwachung der Rohwasserqualität, Erarbeitung von Szenarien zur Unterstützung des Betriebspersonals, Verbundplanung
- Durch die Entwicklung eines gesamtheitlichen Wasserressourcen-Managements und Einführung standardisierter Lösungen und Konzepte für kleine kommunale Wasserversorger können diese mit Unterstützung der SWW den Betrieb ihrer Wasserversorgung nach den anerkannten Regeln der Technik aufstellen.
Durch die Standardisierung von Verfahren in den Bereichen der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung und Wasserverteilung werden einheitliche Prozesse geschaffen und dadurch Synergien möglich.
- Die SW Bühl und die SchwarzwaldWASSER bringen dabei ihre Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis komplexer Versorgungsstrukturen und aus vorangegangenen Forschungsprojekten ein, insbesondere standen hier die Themen Digitalisierung, Modellbildung, Bedarfsprognosen, Sensorentwicklung, Qualitätssicherung und Umweltmanagementsysteme im Vordergrund.

Praxis: Verwertungsperspektiven

- Die Projektpartner SW Bühl und die SchwarzwaldWASSER erwarten jeweils, dass die Ergebnisse und Entwicklungen direkt umgesetzt werden können. Das kann zu ***Kosteneinsparungen*** durch Optimierung der Prozesse führen, zusätzlich erwarten die Projektpartner einen wichtigen Beitrag zum Erhalt des ***Versorgungssicherheit***.
- ***Standardisierung, Transparenz und verbesserte Zusammenarbeit*** werden als Basis für Kosteneinsparungen, schnellere Entscheidungsfindung und kontinuierliche Verbesserung im operativen Geschäft implementiert.
- Der Einsatz von Sensorik zur Erfassung der Wasserqualität, der Aufbau eines zentralen und mandantenfähigen Leitstandes und die Verbundplanung eröffnen der SwW kommerzielle Möglichkeiten im Zusammenhang mit ***ganzheitlichen Dienstleistungen***.
- Insgesamt ist der hier entwickelte Methodenkatalog auf alle Wasserwirtschaftsunternehmen und deren Wasserschutz- und Einzugsgebiete übertragbar, so dass das ***Konsortium hier als Anbieter*** auftreten kann, eine ***kommerzielle Verwertung*** ist vorgesehen.

Besten Dank für die
Aufmerksamkeit

