

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

GRoW

Globale Ressource Wasser

MAI 2022

HIGHLIGHTS & ERGEBNISSE

Neue Werkzeuge und
Analysen für das
Management der Globalen
Ressource Wasser (GRoW)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement

INHALTSVERZEICHNIS

5 LISTE DER GRoW-PROJEKTE

7 KURZFASSUNG

8 HIGHLIGHTS AUS DEN GRoW-THEMENFELDERN



THEMENFELD

„GLOBALE WASSER-RESSOURCEN“

8 Neue Ansätze um Dürren, Wasserknappheit und damit verbundene Risiken rechtzeitig zu erkennen

9 Innovative Methoden für Bestimmung und Vorhersage der Wasserqualität in Oberflächengewässern

10 Verbesserte Modelle zur Bestimmung von Grundwasserdargebot und -qualität



THEMENFELD

„GLOBALER WASSERBEDARF“

11 Innovative Methoden und neue Erkenntnisse rund um den Wasserfußabdruck

12 Methoden zur Bewertung von Wasserrisiken und -nutzungskonflikten im Water-Energy-Food Nexus



THEMENFELD

„STEUERUNGS-KOMPETENZ IM WASSERSEKTOR“

15 Neue Methoden zur Koordination und Einbindung unterschiedlicher Akteure und Stakeholder

16 ÜBERGEORDNETE POLITIKEMPFEHLUNGEN AUS GRoW

17 GRoW-PRODUKTE IM BMBF INNOVATIONSATLAS WASSER

Herausgeber:

adelphi research gGmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
Tel.: +49 (0)30 89 000 68 0
Email: office@adelphi.de
Web: www.adelphi.de

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme "Globale Ressource Wasser"

Beim BMBF:

Dr. Helmut Löwe
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 726 – Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn
Email: helmut.loewe@bmbf.bund.de

Beim Projektträger:

Dr. Leif Wolf
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Email: leif.wolf@kit.edu

Redaktion:

Vernetzungs- und Transfervorhaben GRoWnet
Annika Kramer und Elsa Semmling
adelphi research gGmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
Email: grownnet@adelphi.de
Tel.: +49 (0)30 89 000 68 57
Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Förderkennzeichen: 02WGR1420
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Broschüre ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt.
Erschienen im Mai 2022.

Fotos:

Titelseite: © Harry Gillen | unsplash.com
S.4 © Lorenz | KIT
S.6 © Vadim Petrakov | Shutterstock.com
S.8 © TZIDO SUN | Shutterstock.com
S.9 © DIE GEWÄSSER-EXPERTEN!
S.10 © go-CAM
S.11 © Karl | ESA | Flickr.com
S.12 © FiW e.V.
S.13 © beValorous | pixabay.com
S.14 © David Mark | Pixabay.com

Graphisches Konzept und Layout:

Marina Piselli, Studio Grafico, Berlin



LISTE DER GRoW-PROJEKTE

- ViWA** Effiziente und nachhaltige globale Wassernutzung.
Koordination: Prof. Wolfram Mauser, LMU München
- SaWaM** Saisonales Wasserressourcenmanagement in Trockenregionen.
Koordination: Prof. Dr. Harald Kunstmann, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (KIT/IMK-IFU)
- MuDak-WRM** Angepasste Monitoring- und Modellansätze für Wasserqualität in Stauseen.
Koordination: PD Dr.-Ing. Stephan Fuchs, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütwirtschaft (KIT/IWG-SWW)
- MedWater** Nachhaltige Bewirtschaftung politisch und ökonomisch relevanter Wasserressourcen in hydraulisch, klimatisch und ökologisch hoch-dynamischen Festgesteinsgrundwasserleitern des Mittelmeerraumes.
Koordination: Prof. Dr. Irina Engelhardt, TU Berlin
- GlobeDrought** Globales Informationssystem zu Dürren und ihren Auswirkungen.
Koordination: Prof. Dr. Stefan Siebert, Universität Göttingen
- InoCottonGROW** Globale Baumwoll-Textilindustrie: der deutsche Wasserfußabdruck in Pakistan.
Koordination: Dr. Frank-Andreas Weber, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.
- WELLE** Bestimmung des Wasserfußabdrucks von Unternehmen.
Koordination: Prof. Dr. Matthias Finkbeiner, TU Berlin
- WANDEL** Einfluss der Wasserverfügbarkeit auf eine weltweite Energiewende.
Koordination: Prof. Dr.-Ing. Martina Flörke, Ruhr-Universität Bochum
- TRUST** Innovative Planungswerkzeuge für die Trinkwasserversorgung in Wassermangelregionen.
Koordination: Christian D. León, Universität Stuttgart, Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRIUS)
- STEER** Sektorübergreifende Koordination im Wasserressourcenmanagement.
Koordination: Prof. Dr. Claudia Pahl-Wostl, Universität Osnabrück
- iWaGSS** Monitoring-gestütztes Wasser-Governance System.
Koordination: Prof. Dr. mult. Karl-Ulrich Rudolph, IEEM gGmbH - Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke
- go-CAM** Implementierung strategischer Entwicklungsziele im Küstenzonenmanagement.
Koordination: Prof. Dr. Hans Matthias Schöniger, Technische Universität Braunschweig, Leichtweiß-Institut für Wasserbau Abteilung Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz

Kontakt- und Links
zu den Projektseiten
finden Sie unter
www.bmbf-grow.de



KURZFASSUNG

Mit dem Ziel 6 der Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) hat sich die Weltgemeinschaft dazu verpflichtet, „Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle zu gewährleisten“. Als Beitrag dazu hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme "Globale Ressource Wasser" (GRoW) initiiert, welche auf sehr großes Interesse gestoßen ist. Aus einer Vielzahl von Anträgen wurde 12 Forschungsverbünde und ein Vernetzungs- und Transfervorhaben ausgewählt. In diesen Projekten sind 90 deutsche Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis mit insgesamt mehr als 300 Personen beteiligt. Sie haben mit Forschungsorganisationen und Stakeholdern aus Fallstudiengebieten auf der ganzen Welt zusammengearbeitet, um die erfolgreiche Umsetzung der Projekte und den Transfer der Forschungsergebnisse in Politik und Praxis zu unterstützen.

Leitgedanke der Fördermaßnahme ist die **Verknüpfung von globalen Analysen mit lokalen Lösungsansätzen**. Dabei wurde eine integrierte Perspektive gewählt, um die komplexe Realität des nachhaltigen Wassermanagements mit seinen Querverbindungen zu den Themenkomplexen Energie, Ernährungssicherheit, Ökosystemen und Klimawandel zu betrachten.

Im Themenfeld „**Globale Wasserressourcen**“ wurden innovative Methoden für verbessertes Monitoring und Prognosen von hydrologischen Extremen, Wasserverfügbarkeit und -qualität entwickelt: So konnten Dürre- und Flutereignisse der nächsten 6 Monate besser vorhergesagt (Projekt SaWaM) und globale Dürre Risiken und -verwundbarkeiten hochaufgelöst analysiert werden (Projekt GlobeDrought). Drohnentechnologie wurde mit multiplen Sensoren kombiniert, um auch in datenarmen Regionen die Wasserqualität zu verbessern (Projekt iWaGSS) und Vorhersagen zur Wasserqualitätsentwicklung in Stauräumen machen zu können (Projekt MuDakWRM). Konzepte zur Grundwassermodellierung wurden so angepasst, dass sie komplexe Karst Aquifere (Projekt MedWater) und das Risiko von Salzwasserintrusion und Nitratbelastung in küstennahen Aquiferen (go-CAM) besser abbilden können.

Um die **Entwicklung des globalen Wasserbedarfs und Einsparpotentiale** zu analysieren, wurden Methoden zur Bestimmung des Wasserfußabdrucks und globale Modelle angewendet. Eine neue Methode erlaubt es, den Wasserfußabdruck von Organisationen und ihren Wert-

schöpfungsketten zu ermitteln (Projekt WELLE). Für die Baumwoll-Textil-Wertschöpfungskette wurde ein Wasserfußabdruck-Rechner entwickelt und die lokalen Auswirkungen von Optimierungen auf Ökosysteme quantifiziert (Projekt InoCottonGROW). Auch die direkten und indirekten Auswirkungen der Energiewende auf die lokale Wasserknappheit wurde mithilfe des Wasserfußabdrucks abgeschätzt (Projekt WANDEL). Zur Bewertung der landwirtschaftlichen Wassernutzungseffizienz wurde auf Basis von Satellitendaten und Hochleistungsmodellen ein hochaufgelöstes globales Monitoringsystem entwickelt (Projekt ViWA).

Im Themenfeld „**Steuerungskompetenz im Wassersektor**“ wurden Koordinationsprozesse und Beteiligungsinstrumente zur Vermeidung von Nutzungskonflikten untersucht. Um geeignete Koordinationsinstrumente zu identifizieren, wurden Werkzeuge zur Diagnose von Wassergovernancesystemen entwickelt (Projekt STEER). Eine neu entwickelte Methodik erlaubt es, verschiedene Maßnahmen der wasserwirtschaftlichen Planung auf Synergien, Konsistenz, Nachhaltigkeitsperformance und Robustheit zu analysieren (Projekt TRUST).

Basierend auf den Erfahrungen aus GRoW haben die beteiligten Experten drei **zentrale Forderungen an Politik und Wirtschaft** abgeleitet:

1. Digitalisierung wirksam einsetzen
2. Auswirkungen globaler Fernwirkungen auf die lokale Ebene berücksichtigen
3. Funktionierende Wassergovernance fördern.

In dieser Broschüre werden ausgewählte Highlights aus der Fördermaßnahme GRoW vorgestellt. Farblich unterstrichene Begriffe verlinken zur Darstellung der entsprechenden GRoW-Produkte im BMBF Innovationsatlas Wasser (www.innovationsatlas-wasser.de). Eine umfangreichere Darstellung findet sich auf der GRoW-Website (www.bmbf-grow.de) sowie in mehr als 200 wissenschaftlichen Publikationen der Projekte.





THEMENFELD „GLOBALE WASSERRESSOURCEN“

► GRoW liefert innovative Methoden für verbesserte Prognosen zu Verfügbarkeit und Qualität von Wasserressourcen

Die Übernutzung der globalen Wasserressourcen hat bereits heute Auswirkungen auf menschliche Gesundheit, Ökosysteme und wirtschaftliche Entwicklung. Für das Jahr 2050 wird erwartet, dass 52 % der Weltbevölkerung in Gebieten mit Wasserstress lebt. Im Fokus des GRoW Themenfelds "Globale Wasserressourcen" steht die Entwicklung von Ansätzen zur konsistenten, aktuellen und umfassenden Zustandsbeschreibung der globalen Wasserressourcen und der damit verbundenen Ökosysteme.

Eine der wesentlichen Herausforderungen dabei ist die oftmals geringe Verfügbarkeit von lokal erhobenen meteorologischen und hydrologischen Messdaten. Um diese Datenlücke zu verringern, wurden in GRoW zu einem **innovativen Methoden zur Datenerhebung** durch **neuartige Sensoren und bodennahe Fernerkundung** genutzt. Zum anderen wurden Verfahren entwickelt, um **Daten aus satellitengestützter Fernerkundung, globalen Datenbanken und globalen Modellen** zu verwenden, die oftmals öffentlich verfügbar sind. GRoW-Projekte entwickelten neue Ansätze zur Zustandserfassung von Oberflächengewässern, Stauräumen und Grundwasserleitern, die Prognosen der Veränderung in qualitativer und quantitativer Hinsicht erlauben.

NEUE ANSÄTZE UM DÜRREN, WASSERKNAPPHEIT UND DAMIT VERBUNDENE RISIKEN RECHTZEITIG ZU ERKENNEN

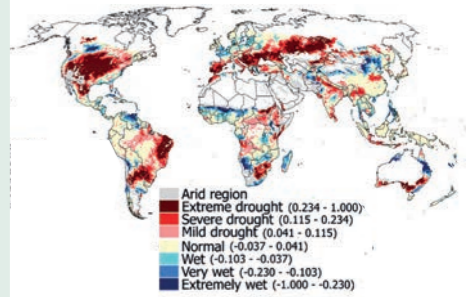
Wenn Wasserknappheit und Dürren rechtzeitig vorhergesagt werden, können die verantwortlichen Akteure Maßnahmen ergreifen, um größere Schäden möglichst abzuwenden. Hierfür ist es oftmals notwendig, extreme Wetterereignisse Monate im Voraus vorherzusehen (saisonale Vorhersagen). Bisher ist dies aber nur bedingt möglich.

Forscher des **Projektes SaWaM** ist es gelungen, Dürreereignisse im Zeitfenster von 6 Monaten deutlich besser vorherzusagen. Hierfür wurden unter anderem Methoden für **automatisierte Modellrechnungen** und für die Regionalisierung von globalen Wettervorhersage entwickelt und in einem **System zur hydrometeorologischen saisonalen Vorhersage für semi-aride Gebiete** zusammengeführt. Das System liefert eine wichtige Entscheidungsunterstützung für Dürremanagement sowie die Steuerung von Staudämmen. Somit können frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden, um das Wassermanagement an die bevorstehende Situation anzupassen. Durch ein optimales Wassermanagement lassen sich erhebliche wirtschaftliche Einsparungen erreichen. Wie wichtig solche Systeme in Zukunft sein werden, zeigt die Erkenntnis, dass in den sechs von SaWaM betrachteten dürregefährdeten Gebieten in Südamerika, Afrika und Asien, **die relative Häufigkeit von Dürremonaten zwischen 1981 und 2018 signifikant von 10 auf 30 % anstieg.**

Mit dem System zur saisonalen Vorhersage von SaWaM können Dürreereignisse bis zu 7 Monate im Voraus besser vorhergesagt werden.

Um die Risiken zu bewerten, die mit Dürren verbunden sind, muss neben hydrometeorologischen Vorhersagen von Dürregefahren auch die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) der jeweils betroffenen Menschen und Sektoren berücksichtigt werden. Denn ähnliche Dürre-Risiken können sich, z. B. je nach wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, sehr unterschiedlich auswirken. Während herkömmliche Frühwarnsysteme meist auf die (meteorologische) Dürregefahr beschränkt sind, hat das **Projekt Globe-Drought** ein **innovatives globales Dürre-Informationssystem** entwickelt, das nicht nur die Hydrologie sondern auch explizit die Verwundbarkeit von Agrarsystemen und Wasserdargebot gegenüber speziellen Dürrewirkungen sowie die Dürreexposition berücksichtigt. Hierfür wurden geeignete Indikatoren für die Bewertung der Vulnerabilität identifiziert sowie Daten aus prozessbasierten Modellen und der Fernerkundung integriert. Das Dürre-Informationssystem ist Internet-basiert und informiert über die unterschiedlichen Dürreerisiken im Bewässerungslandbau, im Regenfeldbau sowie in der Wasserversorgung. Das Projekt hat **12 web-basierte Lernmodule und Webinare** zum Thema Dürren und Dürreerisikoanalyse entwickelt.

Abbildung: Dürregefahr für den Regenfeldbau im Jahr 2012 auf globaler Ebene. (Quelle: Eyshi Rezaei et al., unveröffentlicht).



Ein innovatives Dürre-Informationssystem erlaubt es, globale Dürreerisiken hochaufgelöst zu analysieren.

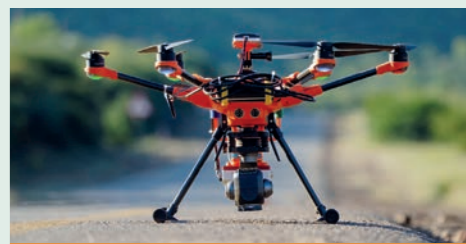
INNOVATIVE METHODEN FÜR BESTIMMUNG UND VORHERSAGE DER WASSERQUALITÄT IN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN

Obwohl die Aufmerksamkeit häufig auf der verfügbaren Wassermenge liegt, entscheidet letztendlich die Qualität darüber, ob das Wasser genutzt werden kann. Eine engmaschige Überwachung der Wasserqualität in Oberflächengewässern ist jedoch oftmals mit erheblichen Kosten verbunden und schwierig aufrecht zu erhalten.

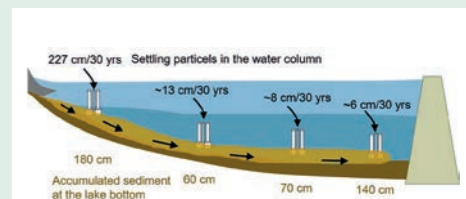
Mithilfe von Drohnen können auch in abgelegenen Gebieten Daten zum Gewässerzustand erfasst werden. Dies hat sich unter anderem das **Projekt iWaGSS** zu Nutzen gemacht und **Drohnen mit einer innovativen Kombination von Sensoren** ausgestattet: **Multispektralsensoren** zum Monitoring von Qualitätsparametern, Sonarsensoren zur Aufnahme von Gewässerprofilen sowie Techniken zur Entnahme von Wasserproben und **Messung des Sedimenttransports**. So konnten hochaufgelöste Daten für die Gewässermodellierung gewonnen und in ein neu entwickeltes Wasserqualitätsfrühwarnsystem zum Schutz des Krügernationalparks in Südafrika eingespeist werden.

Im **Projekt MuDaK-WRM** wurden Ansätze entwickelt, mit denen **die zukünftige Entwicklung der Wasserqualität in Flüssen und Stauräumen einfacher und schneller beurteilt** werden kann. Dies erlaubt z.B. eine sichere Bewertung des Eutrophierungspotenzials in Reservoiren und die Auswahl entsprechender Gegenmaßnahmen. Für mittel- bis langfristige Vorhersagen zur Änderung der Wasserqualität wurden Daten aus in-situ Messungen und bodennaher Gewässerfernerkundung mit hyperspektralen Sensoren (die beispielsweise an Drohnen angebracht werden) mit global verfügbaren Fernerkundungsdaten intelligent miteinander gekoppelt und in ein **Tool zur regionalisierten Eintragsmodellierung** eingespeist. Um den Aufwand für in-situ Monitoring zu reduzieren und auch in datenarmen Regionen Aussagen machen zu können, wurde das Minimum der Datenanforderung bestimmt und ein effizientes **Mindest-Monitoring** konzipiert. Die Wasserqualitätsdaten werden in Echtzeit in einem **Sensor Web** integriert, können online eingesehen und so zur Entscheidungsunterstützung genutzt werden.

Abbildung: Die Verschlämmung im Stausee zeigt die Bedeutung der Dichteströme durch den Unterschied von abgesetztem und akkumuliertem Sediment. (Quelle: S. Hilgert, MuDaK-WRM).



Mit Drohnen und Online-Sensoren können auch in abgelegenen Gebieten hochaufgelöste Daten für die Gewässermodellierung erfasst werden.



Ein angepasstes Tool zur regionalisierten Eintragsmodellierung ermöglicht Vorhersagen zur Wasserqualitätsentwicklung auch in datenarmen Regionen.

VERBESSERTERTE MODELLE ZUR BESTIMMUNG VON GRUNDWASSERDARBEIT UND -QUALITÄT

Eine Abnahme um 18% wird für die Grundwasserneubildung des Western Mountain Aquifer in Israel vorhergesagt.

Die Bewirtschaftung großer unterirdischer Speichersysteme ist von höchster Relevanz, um langfristig ausreichend Wasserressourcen für die Trink- und Brauchwasserversorgung sicherstellen zu können. Dennoch werden Grundwasserressourcen oftmals nicht nachhaltig und ohne die notwendige Datengrundlage bewirtschaftet.

In der von Klimawandel und Wasserknappheit stark betroffenen Mittelmeerregion kommt Grundwasser häufig in Karst-Aquiferen vor. Diese stellen wegen ihrer komplexen geologischen Strukturen eine besondere Herausforderung für die Vorhersage des Grundwasserangebots dar. Im **Projekt MedWater** ist es gelungen, generalisierte Modelle für unterschiedliche Typen von mediterranen Karst-Aquiferen zu entwickeln und einen Grundwasser Stress Index (GSI) für diese zu berechnen. Darauf basierend wurde die **Vulnerabilität von 365 mediterranen Karst-Aquiferen in Hinblick auf Klimawandel** abgeschätzt. Für den **Western Mountain Aquifer in Israel prognostiziert MedWater**, dass sich die durchschnittliche jährliche Grundwasserneubildungsrate bis 2070 um 18% verringern wird, und dadurch der Grundwasserspiegel langfristig um weitere 5 m sinken könnte.

Für die Bewirtschaftung von küstennahen Aquiferen stellt die Salzwasserintrusion eine wichtige Herausforderung dar. Im **Projekt go-CAM** berechnen physikalisch basierte Hydrosystemmodelle eine Reihe von systemrelevanten Indikatoren und ihr Trendverhalten unter den Einwirkungen des Klimawandels und des Meeresspiegelanstiegs. Die aus dieser hydrologisch-hydrogeologischen Wirkungsmodellierung gewonnenen Erkenntnisse werden zusammen mit Zielfunktionen in einer **innovativen CAM-Dialogplattform** (Coastal Aquifer Management) visualisiert, moderiert und mit multikriteriellen Analysen bewertet um Akteuren der Küstenwasserbewirtschaftung in der Entscheidungsfindung zu unterstützen. Es wurden acht Wasserindikatoren nach UN-SDG-Vorgabe identifiziert, die eine Beurteilung des Zustands der Grundwasserressourcen erlauben. Das der online-Plattform CAM zugrundeliegende Konzept ermöglicht mehreren Nutzergruppen gemeinsam zu kommunizieren, zu bewerten und Lösungen zu erarbeiten.

Verbesserte Modellierungsansätze erlauben das Risiko von Salzwasserintrusion und die Entwicklung der Nitratbelastung in küstennahen Aquiferen abzuschätzen.



THEMENFELD „GLOBALER WASSERBEDARF“

► **GRoW liefert neue Ansätze, mit denen die Wassernutzung in verschiedenen Sektoren vorhergesagt und damit verbundene Auswirkungen und Nutzungskonflikte bewertet werden können**

Bis zum Jahr 2050 wird ein Anstieg des globalen Wasserbedarfs um 55 % prognostiziert. Dies verschärft die damit einhergehenden Nutzungskonflikte um knappe Wasserressourcen. Im Fokus des Themenfeldes "Globaler Wasserbedarf" der Fördermaßnahme GRoW steht die Erforschung von Maßnahmen, um die vorhandene Ressourcen wirksamer einzusetzen. Evidenz-basierte und nachvollziehbare Prognosen zur Entwicklung des Wasserbedarfs stellen dabei ein wichtiges Werkzeug für Entscheidungsträger in Unternehmen und Verwaltung dar. Neben der Wassernutzung in der herstellenden Industrie muss insbesondere der zukünftige Wasserbedarf im Nexus von Wasser- Energie-Nahrung (WEF Nexus) berücksichtigt werden.

In GRoW wurden unterschiedliche **Methoden zur Bestimmung und Vorhersage der Wassernutzung** in verschiedenen Sektoren weiterentwickelt und angewandt. Dabei spielten insbesondere der Wasserfußabdruck und verwandte Ansätze eine wichtige Rolle. Als Datenquellen dienten vielfach Fernerkundungsdaten und globale Datensätze. Im Ergebnis konnten neben dem Wasserbedarf auch Nutzungskonflikte und Wasserrisiken identifiziert werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS WASSERRESSOURCENMANAGEMENT

- Öffentlich zugängliche Satelliten- und globale Modellinformationen können maßgeblich zu einem verbesserten Wassermanagement beitragen. Dies trifft insbesondere auf datenarme Regionen oder auf grenzüberschreitende Flussgebiete zu, in denen Daten nicht geteilt werden und eine unabhängige Datenquelle gebraucht wird. Durch Bias-Korrektur und Regionalisierung erreichen öffentlich zugängliche globale saisonale Vorhersagen erhöhte Aussagekraft und erlauben Prognosezeiträume von bis zu sieben Monaten.
- Methoden der Fernerkundung können bei der Zustandsbestimmung unterstützen, jedoch sind weiterhin (entsprechend aufwändige) Messmethoden vor Ort zur differenzierten Situations- und Risikoabschätzung notwendig. Qualitätsgeprüfte lokale Beobachtungsdaten sind in infrastrukturschwachen und klimatisch sensiblen Regionen weiterhin nur spärlich verfügbar. Ein Mindest-Monitoring und konsistentes Datenmanagement als Grundlage der Gewässerbewirtschaftung sind eine langfristige Aufgabe.
- Zukünftig könnten Satellitendaten und hochaufgelöste meteorologische Daten von unabhängiger Stelle genutzt werden, um die Erreichung der SDG-Indikatoren (z.B. zur Wasserverfügbarkeit, Ertrag und landwirtschaftlicher Wassernutzungseffizienz) zu überwachen.

INNOVATIVE METHODEN UND NEUE ERKENNTNISSE RUND UM DEN WASSERFUßABDRUCK

Der Wasserfußabdruck war bisher im Wesentlichen als Konzept bekannt, mit dem der direkte und indirekte Wasserverbrauch zur Herstellung einzelner Güter bestimmt werden konnte. In GRoW wurden Methoden und Ansätze entwickelt, mit denen der Wasserfußabdruck in einem erweiterten Sinn betrachtet und bestimmt werden kann.

Unternehmen messen und managen ihren Wasserverbrauch oftmals an ihren Haupt-Produktionsstandorten – obwohl der Verbrauch dort im Vergleich zum Gesamtwasserverbrauch entlang der global verteilten Wertschöpfungsketten meist sehr gering ist (<5%). Im Rahmen des **Projekts WELLE** wurde eine Methode zur Analyse eines organisationsbezogenen Wasserfußabdrucks entwickelt, mit der der Wasserverbrauch einer Organisation und die daraus resultierenden lokalen Auswirkungen entlang von Wertschöpfungsketten ermittelt werden kann. Anhand einer **Datenbank**, eines **Leitfadens** und eines **Online-Tools** können Unternehmen ihren gesamten Wasserfußabdruck bestimmen und identifizieren, wo lokale Wasser-Hotspots in ihren Lieferketten gelagert sind und entsprechend Maßnahmen einleiten.

Neue Methodik ermöglicht, den Wasserverbrauch einer Organisation und die daraus resultierenden lokalen Auswirkungen entlang ihrer Wertschöpfungsketten zu ermitteln.



Der InoCottonGROW Wasserfußabdruck-Rechner quantifiziert die Wassernutzung und Auswirkungen auf menschliche Gesundheit und Ökosysteme entlang der Baumwoll-Textil-Wertschöpfungskette.

Im **Projekt InoCottonGROW** wurde der Wasserfußabdruck der globalen Baumwoll-Textilindustrie, entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Baumwollfeld zur Textilindustrie und Abwasserreinigung untersucht. Dabei wird nicht nur der direkte Wasserverbrauch, sondern auch die Wasserverschmutzung betrachtet. Der entwickelte **Wasserfußabdruck-Rechner** erlaubt Entscheidungsträgern, die damit verbundenen Auswirkungen auf menschliche Gesundheit und Ökosysteme zu quantifizieren und verschiedene Maßnahmen für eine Reduktion des Wasserfußabdrucks zu vergleichen. Wichtig ist dabei, die lokalen Auswirkungen durch Monitoring, Modellrechnungen sowie Analysen der Landwirtschaftssysteme und Färbetechnologien zu bewerten. Für die **Fallstudie im Lower Chenab Canal (LCC), Pakistan** wurde so gezeigt, welchen Beitrag bessere Bewässerungstechnologien und hitzeresistenteres Saatgut in der Baumwollproduktion, sowie funktionierende Abwasserreinigungsanlagen leisten könnten.

METHODEN ZUR BEWERTUNG VON WASSERRISIKEN UND -NUTZUNGSKONFLIKTEN IM WATER-ENERGY-FOOD NEXUS

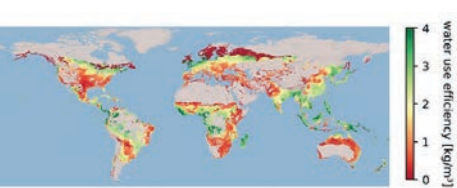
Der Anstieg des globalen Wasserbedarfs wird im Wesentlichen durch Bevölkerungswachstum und wirtschaftliche Entwicklung getrieben, in deren Folge die Produktion von Nahrungsmitteln und Energie ansteigt. In GRoW wurden globale Wechselwirkungen im WEF Nexus untersucht und daraus resultierende Wasserrisiken und -nutzungskonflikte bewertet.

Umweltauswirkungen von Energiesystemen müssen umfassend und entlang ihrer gesamten Lieferkette ermittelt werden.

Das **Projekt WANDEL** ging der Frage nach, welche Auswirkungen die globale Energiewende auf die Verfügbarkeit von Wasser haben könnte. Dafür wurde analysiert, wie sich unterschiedliche Dekarbonisierungsstrategien auf den direkten **Wasserbedarf für die Stromerzeugung auf globaler und regionaler Ebene** auswirken. Durch eine Kombination von globaler Modellierung und Fallstudienanalysen konnten darüber hinaus auch die direkten und indirekten **Auswirkungen verschiedener Energiesysteme** (Kohle, Biomasse, Solarthermie und Wasserkraft) auf Wasserknappheit auch auf lokaler und regionaler Ebene bestimmt werden. Die Analyse hat gezeigt, dass **Umweltwirkungen von Energiesystemen umfassend und entlang ihrer gesamten Lieferkette** ermittelt werden müssen, um Problemverlagerung zu vermeiden. In Bezug auf eine Energiewende ergibt sie, dass eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen nicht zwangsläufig auch zu einer Reduzierung des Wasserbedarfs führt. Der überwiegende Teil der global verfügbaren Wasserressourcen wird in der Landwirtschaft verbraucht. Um in Zukunft Wasserversorgung und Nahrungsmittelsicherheit zu gewährleisten muss die Wassernutzung in der Landwirtschaft effizienter und nachhaltiger werden.

Im **Projekt ViWA** ist es gelungen, unter Verwendung von Fernerkundungsdaten und globalen Wetterdaten ein hochaufgelöstes globales Monitoringsystem für landwirtschaftliche Wassernutzungseffizienz (AWUE) zu entwickeln. Mit diesem Ansatz können **Gebiete mit derzeit geringer (oder hoher) landwirtschaftlicher Wassernutzungseffizienz** identifiziert und mögliche Ertragssteigerungen abgeschätzt werden. Mit einem neu entwickelten „**Water-Food-Energy Nexus**“-Tool können die Nutzungskonflikte im Spannungsfeld zwischen landwirtschaftlicher Produktion, Wasserbedarf, Strompro-

Abbildung: Globale Wassernutzungseffizienz von Mais (2015-2017) (Quelle: ViWA)



Mit dem ViWA „Water-Food-Energy Nexus“-Tool können Wechselwirkungen und potentielle Nutzungskonflikte im WEF Nexus analysiert werden.

duktion durch Wasserkraft und Erhalt der aquatischen Ökosysteme analysiert und so unterschiedliche Maßnahmen zur Steigerung der landwirtschaftlicher Intensivierung bewertet werden. Für das Einzugsgebiet der Donau zeigt die Analyse, dass eine Ausnutzung der Bewässerungspotentiale für Mais zwar zu einer deutlichen Steigerung der Wassernutzungseffizienz und einer Verdopplung der Maisernte führt (ca. 4.7 Milliarden € mehr Umsatz), aber gleichzeitig gravierende Auswirkungen auf die Gewässerökologie und zusätzlich eine Reduzierung der Wasserkraftproduktion um 2.7 % (ca. 156 Millionen € weniger Umsatz) zur Folge hätte.

SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUR BEWERTUNG VON NUTZUNGSKONFLIKTEN UND WASSERRISIKEN

- Der Wasserfußabdruck ist ein wichtiges Instrument, um die Politik, Industrie und Konsumenten über die Auswirkungen ihrer Entscheidungen zu sensibilisieren. Es erlaubt auch, Ansatzpunkte für ein nachhaltigeres Wassermanagement zu identifizieren und kann somit wertvolle Erkenntnisse für die SDG-Zielerreichung liefern.
- In vielen Sektoren, sei es die Baumwolltextilproduktion, Landwirtschaft oder der Energiesektor, müssen technische Lösungsansätze, Managementoptionen und Entwicklungsstrategien über Sektorengrenzen hinweg in kohärente Politik umgesetzt werden.
- Integrierte Tools zur Analyse von Wasserkonflikten im Water-Food-Energy-Ecology-Nexus auf lokaler bis globaler Ebene stehen zur Verfügung. Diese sollten in der Entscheidungsfindung hin zu einem grenzüberschreitenden, nachhaltigen Wassermanagement und einem nachhaltigeren Welthandel berücksichtigt werden.
- Aufgrund der hohen Bedeutung des Wasserverbrauchs in den Lieferketten sind zur Reduzierung des Wasserfußabdrucks sowohl Maßnahmen in Kooperation mit Zulieferern (Water Stewardship), eine Berücksichtigung des Wasserfußabdrucks in der Produktentwicklung (Ecodesign) als auch eine nachhaltige Beschaffung (wasser-effiziente Materialien, zertifizierte Zulieferer, etc.) von entscheidender Bedeutung.





THEMENFELD „STEUERUNGSKOMPETENZ IM WASSERSEKTOR“

- **GRoW liefert Instrumente, mit denen geeignete Koordinationsprozesse ausgewählt und unterstützt werden können, um eine effiziente und nachhaltige Wassernutzung durch verschiedene Akteure zu sichern**

Für die Erfüllung anspruchsvoller Richtlinien, wie z.B. der SDGs, werden in vielen Ländern wesentliche Veränderungen in der Verwaltungspraxis notwendig. **Koordinationsprozesse zwischen Akteuren verschiedener Sektoren und Ebenen** sind entscheidend, um sektorale Richtlinien und Strategien effektiv aufeinander abzustimmen und somit die Ursache von Ressourcenproblemen und Interessenkonflikten anzugehen. Gesellschaftliche, soziale und kulturelle Faktoren bestimmen oftmals die Akzeptanz und Wirksamkeit von Lösungsansätzen im Wasserressourcenmanagement. Die Beteiligung von Stakeholder ist ein wichtiger Schritt, um die **Akzeptanz und Umsetzung** zu steigern.



Abbildung: Beispiele von ausgewählten Wechselwirkungen zwischen SDG 6 und anderen SDGs (© FiW e.V., Aachen)

NEUE METHODEN ZUR KOORDINATION UND EINBINDUNG UNTERSCHIEDLICHER AKTEURE UND STAKEHOLDER

Das **Projekt STEER** hat einen diagnostischen Ansatz entwickelt, der ein vertieftes Verständnis des Einflusses unterschiedlicher Faktoren des Wassermanagement- und Governancesystems ermöglicht. Dies beinhaltet u.a. die genaue Analyse der wasserbezogenen Herausforderungen in einer bestimmten Region, der dort beteiligten Akteure und ihrer Entscheidungsstrukturen. Unter Berücksichtigung der natürlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen können **Empfehlungen zur Verbesserung der Koordination im Wassermanagement** abgeleitet werden. Das **STEER-Wassergovernance-Tool** ermöglicht eine einfache Diagnose von Wassergovernance- und Managementsystemen und schlägt zielgerichtet Instrumente vor, um bestehende Koordinationsdefizite anzugehen und bestehende Wassernutzungskonflikte zu lösen.

Einen weiteren Lösungsansatz, um Zielkonflikten unterschiedlicher Wassernutzer bei der Maßnahmenplanung in der Wasserwirtschaft vorzubeugen, liefert das **Projekt TRUST**. Die neu entwickelte **Methodik** untersucht sog. „Maßnahmenbündel“ (Policy mixes) der wasserwirtschaftlichen Planung auf ihre Kohärenz hinsichtlich Synergien und Konsistenz. Darüber hinaus bewertet die Methode deren Nachhaltigkeitsperformance und Robustheit. Dadurch steht ein strategisches Entscheidungstool zur Verfügung, das die Erarbeitung von konfliktfreien und nachhaltigen Wassernutzungskonzepten ermöglicht.

Um eine Grundlage für transparente Bewertung, Analyse und Diskussion zwischen verschiedenen Akteuren der Küstenwasserbewirtschaftung zu schaffen, hat das **Projekt go-CAM** ein Tool entwickelt, das eine gebündelte Darstellung des Zustands der Küstenhydrologie und Wasserwirtschaft bietet. Das **softwarebasierte Küstenzonenmanagementsystem CAM (Coastal Aquifer Management)** vereint hydro(geo)logische Modelle mit der Analyse des Governance-Rahmens und sozio-ökonomischer Faktoren und ist für verschiedene Benutzer wie Wasseragenturen, Fachbehörden, Wasserversorger und Boden- und Wasserverbände zugänglich. Neben der Darstellung des aktuellen und zukünftigen Zustands ermöglicht es die Visualisierung und Bewertung zukünftiger Einwirkungen des Klimawandels auf Küstengebiete. Anhand des Tools kann die Wirkung von Maßnahmen des Küstenwassermanagements ausgewertet werden.

Das **STEER-Wassergovernance-Tool** ermöglicht die Auswahl zielgerichteter Koordinationsinstrumente auf Basis einer Diagnose des bestehenden Wassergovernance-systems.

Neue Methodik erlaubt Maßnahmenbündel der wasserwirtschaftlichen Planung auf Kohärenz zu prüfen.

Das **CAM vereint hydro-(geo)logische Modelle mit der Analyse von Governance-Strukturen und sozio-ökonomischen Faktoren, um eine gemeinsame Grundlage für den Dialog zwischen Akteuren zu schaffen.**

SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR VERBESSERTE KOORDINATION IM WASSERRESSOURCEN-MANAGEMENT

- Zur Vermeidung von Konflikten zwischen Nutzungszielen und Maßnahmen ist eine abgestimmte Wasserressourcenplanung unerlässlich. Durch die Etablierung von Koordinations-Plattformen können Akteure der relevanten Sektoren und der unterschiedlichen räumlichen Ebenen in repräsentativer Weise zusammengebracht werden.
- Polyzentrische Governance- und Managementsysteme, die Dezentralisierung mit Koordinationsmechanismen verbinden, sind besonders effektiv in der Abstimmung sektoraler Richtlinien und Strategien.
- Solche Prozesse erfordern gute gesetzliche Grundlagen, aber auch die Fähigkeit staatlicher Akteure, Regelungen tatsächlich zu implementieren. Besonders in Abwesenheit oder bei Versagen verantwortlicher staatlicher Wassermanagementinstitutionen sind transparentes Monitoring und Datenverfügbarkeit wesentliche Voraussetzung für die Selbstorganisation von betroffenen Stakeholdern und zivilgesellschaftlichen Akteuren. Diese bilden dann eine wichtige Entscheidungsgrundlage für (informelles) Ressourcenmanagement.
- Insbesondere in Regionen, in denen keine oder wenig zuverlässige Daten vorhanden sind, hat sich eine kombinierte naturwissenschaftlich-sozialwissenschaftliche Vorgehensweise zur Datenerhebung als hilfreich erwiesen. Das bedeutet, dass zusätzlich zur Erhebung von eigenen in-Situ-Messdaten und zur Nutzung innovativer Techniken lokale Stakeholder in die Datenerhebung und -auswertung einbezogen werden sollten.

ÜBERGEORDNETE POLITIKEMPFEHLUNGEN AUS GROw



Safeguarding water resources in a globalised world: A science-based call for action

Im Empfehlungspapier *“Safeguarding water resources in a globalized world: A science-based call for action”* ruft die GROw-Gemeinschaft

Entscheider*innen aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft

zum Handeln auf. Dazu schlägt sie folgende Maßnahmen vor:

Aktion I: Digitalisierung wirksam einsetzen

Die neuen Möglichkeiten des digitalen Zeitalters sollten konsequent und systematisch genutzt werden, um nachhaltiges Wassermanagement überall und in allen Bereichen zu erzielen und zu verbessern.

Aktion II: Globale Fernwirkungen auf lokaler Ebene berücksichtigen

Nachhaltiges lokales Wassermanagement muss in globalen Versorgungsketten und internationalem Handel berücksichtigt werden.

Aktion III: Eine funktionierende Wasser-Governance fördern

Wasser muss zukünftig ein integraler und entscheidender Bestandteil aller Entscheidungen über natürliche Ressourcen werden. Dafür müssen Maßnahmen zur Stärkung und konsequenten Umsetzung einer transparenten und wissenschaftlich fundierten Wasserbewirtschaftung ergriffen werden.



Sieben Sünden gegen die lokale Wasserwirtschaft

Im Thesenpapier *„Sieben Sünden gegen die lokale Wasserwirtschaft“* thematisieren GROw-Experten¹ Missstände in der lokalen Wasserwirtschaft und benennen, welche Punkte für den Erfolg der lokalen Wasserwirtschaft entscheidend sind. Die Liste der „sieben Sünden“ liefert einen konkreten Kriterienkatalog für Investoren und Banken, Regulationsbehörden und Betriebe, die im Wassersektor tätig sind. Darin werden Empfehlun-

gen formuliert, um in der lokalen Wasserpraxis Erfolge mit sozialem, ökologischem und wirtschaftlichem Mehrwert zu erzielen. Die „sieben Sünden“ können auch als Ansatzpunkte betrachtet werden, um die Leistungsfähigkeit von Wasserversorgung und Abwassermanagement vor Ort zu stärken und Fehlinvestitionen zu verhindern.



Policy Brief zum Wasserfußabdruck

Der Wasserfußabdruck hat sich zu einem weit verbreiteten Konzept entwickelt, um die Wassernutzung und daraus resultierende lokalen Auswirkungen der landwirtschaftlichen und industriellen Produktion zu untersuchen. Mit dem *Policy Brief zum Wasserfußabdruck* wollen GROw-Experten² das Bewusstsein für das große Potenzial schärfen, das der Wasserfußabdruck bietet, z.B. auch für die Entscheidungsfindung im öffentlichen und privaten Sektor in Hinblick auf eine verbesserte Wasserwirtschaft und die Erreichung der SDGs.

Wasserfußabdruck wollen GROw-Experten² das Bewusstsein für das große Potenzial schärfen, das der Wasserfußabdruck bietet, z.B. auch für die Entscheidungsfindung im öffentlichen und privaten Sektor in Hinblick auf eine verbesserte Wasserwirtschaft und die Erreichung der SDGs.



SDG6 Positionspapier

Vorab zum UN High Level Political Forum (HLPF) in 2018 hat die GROw-Gemeinschaft ein *Positionspapier* veröffentlicht, das die wichtigsten Herausforderungen bei der Erreichung der UN SDGs, insbesondere von SDG 6, identifiziert. Das Papier nennt die Bereiche, in denen GROw-

Projekte konkrete Lösungsansätze entwickeln und schließt mit der Forderung nach wissenschaftlich fundierten Entscheidungsprozessen im Wasserressourcenmanagement. Die GROw-Projekte unterstützen darin die Anregung des „United Nations Secretary General's Advisory Board on Water & Sanitation“ des Generalsekretärs der Vereinten Nationen, eine wissenschaftliche Plattform zum Thema Wasser für die SDG-Umsetzung einzurichten.

¹ Bei den Autoren handelt es sich um das GROw-Projekt iWaGSS und Mitglieder der GROw-Querschnittsthemengruppe *„Anreizmechanismen im Kontext von Governance“*.

² Bei den Autoren handelt es sich um Mitglieder der GROw-Querschnittsthemengruppe *„Wasserfußabdruck“*.

GROw-PRODUKTE IM BMBF INNOVATIONSATLAS WASSER

[Altimetrie-basierte Wasserstandzeitreihen \(SaWaM\)](#)

[Analysetool und Trainingssimulator für Stauhaltungsketten \(WANDEL\)](#)

[Automatische Modellkette zur Vorhersage der saisonalen Hydrologie \(SaWaM\)](#)

[Automatisierte Satellitendatenauswertung für das Wassermanagement \(SaWaM\)](#)

[Berechnung der Grundwasserneubildung in Karstaquiferen \(MedWater\)](#)

[CAM online Dialog Plattform \(Coastal Aquifer Management\) \(go-CAM\)](#)

[CSV-Template für die Strukturierung wasserwirtschaftlicher Messdaten \(MuDaK-WRM\)](#)

[Decision Support Tool \(Viewer\) für saisonales Wassermanagement \(SaWaM\)](#)

[Der räumlich explizite Wasserknappheits-Fußabdruck \(WANDEL\)](#)

[Der Wasserfußabdruck der Baumwoll-Textilindustrie in Pakistan \(InoCottonGROw\)](#)

[Diagnostic Water Governance Tool \(STEER\)](#)

[Globale Karten der landwirtschaftlichen Wassernutzungseffizienz \(ViWA\)](#)

[Globale Karten zur Charakterisierung von mediterranen Karstaquiferen \(MedWater\)](#)

[Globales Indikationssystem für regionale Energie-Wasser-Sicherheit \(WANDEL\)](#)

[Handbuch: Integrierte Wassermanagementkonzepte in wasserarmen Regionen \(TRUST\)](#)

[HIPPO - In-Situ Messsystem zur Bestimmung des Transportbeginns von Feinsedimenten \(iWaGSS\)](#)

[Hochaufgelöste satellitenbasierte Niederschlagsinformationen in Nahe-Echtzeit \(SaWaM\)](#)

[Hydrometeorologische saisonale Vorhersage in semi-ariden Regionen \(SaWaM\)](#)

[Klassifikationsschema für Karbonatgrundwasserleiter \(MedWater\)](#)

[Komponenten zur Integration von Sensordaten in die Dateninfrastruktur \(MuDaK-WRM\)](#)

[Leitfaden Pilotanlagen Trinkwasseraufbereitung und Abwasserreinigung \(TRUST\)](#)

[Leitfaden „Wasserfußabdruck“ für Unternehmen \(WELLE\)](#)

[Modellsystem für den Wasser- und Sedimenttransport \(SaWaM\)](#)

[Mooflow: Optimierung der Grundwasserbewirtschaftung mit MODFLOW \(MedWater\)](#)

[MoRE - Tool zur regionalisierten Eintragsmodellierung \(MuDaK-WRM\)](#)

[Multiparameterdrohne zur hochpräzisen Gewässerdatenerhebung \(iWaGSS\)](#)

[Numerisches Grundwassermodell zur Vorhersage der Wasserverfügbarkeit \(MedWater\)](#)

[Operativer Wasserbedarf zukünftiger globaler Stromerzeugung \(WANDEL\)](#)

[Politik-Empfehlungen für verbesserte Kooperation im IWRM \(STEER\)](#)

[SAMOS – Saltwater Intrusion Monitoring System \(go-CAM\)](#)

[Sieben Sünden gegen die lokale Wasserwirtschaft \(iWaGSS\)](#)

[Synergetische und nachhaltige Maßnahmenbündel in der Wasserwirtschaft \(TRUST\)](#)

[Szenarienkatalog für Wasserressourcen und Ökosystemleistungen \(MedWater\)](#)

[Tool zur simulationsbasierten, optimierten Talsperrensteuerung \(WANDEL\)](#)

[Trainingsmaterial für fachfremde Ausbilder zum IWRM \(STEER\)](#)

[Umweltnachhaltigkeitsprüfung \(UNP\) \(WANDEL\)](#)

[Vergleich von Klimasimulationen in Grundwasserneubildungszonen \(MedWater\)](#)

[Wasserfußabdruck-Rechner für die globale Baumwoll-Textilindustrie \(InoCottonGROW\)](#)

[Water Safety Plan-Tool für Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung \(TRUST\)](#)

[Water-Food-Energy-Nexus Tool \(ViWA\)](#)

[Webbasiertes Decision Support System Medwater \(MedWater\)](#)

[Webbasierte Satellitenbildanalyse und Geodatenmanagement – WEOMerge \(WANDEL\)](#)

[WELLE regionalisierte Wasser-Inventardatenbank \(WELLE\)](#)

[WELLE Unternehmenswasserfußabdruck-Tool \(WELLE\)](#)



www.bmbf-grow.de