



Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) im Unteren Jordantal

(Jordanien, Israel und palästinensische Gebiete)

SMART

Sustainable Management of Available Water Resources with
Innovative Technologies

Informationsblatt mit Schwerpunkt Jordanien

SMART I – 2006-2010

SMART II – 2010-2014

SMART-MOVE – 2015-2018

Juli 2018 (*Version 1*)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

PROJEKTKOORDINATION UND PARTNER

Koordination

Bei den SMART Forschungsprojekten handelt es sich um Verbundprojekte, die in drei Phasen (SMART I, SMART II und SMART-MOVE) durchgeführt wurden. Ziel der gemeinschaftlichen Kooperation mit Partnern aus Israel, den palästinensischen Gebieten und Jordanien ist die Erfassung der verfügbaren Wasserressourcen und deren räumlich-zeitliche Variabilität, sowie die Entwicklung von innovativen Technologien zur Wasseraufbereitung und Bewirtschaftungsinstrumenten zur integrativen Überführung in die wasserwirtschaftliche Praxis der Partnerländer.

Das Forschungsprojekt SMART I (FKZ: 02WM0800-0802 and 02WM1036) wurde 2006 von Prof. Dr. Heinz Hötzl vom Institut für Angewandte Geowissenschaften am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) initiiert und bis 2010 koordiniert. Die zweite Projektphase (FKZ: 02WM1079-1086 and 02WM1211-1212) dauerte von 2010 bis 2014 und wurde ebenfalls federführend am KIT koordiniert, unter der neuen Leitung von Prof. Dr. Nico Goldscheider. Die dritte Phase, SMART-MOVE (FKZ: 02WM1355), dauerte von 2015 bis 2018 und wurde von Prof. Dr. Martin Sauter von der Georg-August-Universität in Göttingen geleitet.

Projektpartner aus:

Deutschland (insgesamt sieben Forschungseinrichtungen und sieben Firmen)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Geowissenschaften, Abteilung Hydrogeologie (AGW)
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - (UFZ)
Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Abteilung Angewandte Geologie
Universität Cottbus
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (EBI)
DVGW - Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Institut für Geowissenschaften
Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung e. V.
ATB Umwelttechnologien GmbH, Porta Westfalica
Huber SE, Berching
Kary-Planaqua GmbH, Bremen
Rusteberg Water Consulting UG
PIA - Prüf- und Entwicklungsinstitut für Abwassertechnik e.V.
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
SEBA Hydrometrie GmbH, Kaufbeuren
disy Informationssysteme GmbH, Karlsruhe

Jordanien (insgesamt drei Forschungseinrichtungen, drei Firmen und drei Ministerien & Behörden)

Jordan University Amman (JUA)
German-Jordan University, Amman
Al-Balqa' University, Salt
ATEEC, Amman
ECO-Consult, Amman
NAW - Nabil Ayoub Wakileh & Co., Amman
Ministry of Water and Irrigation, Amman (MWI)
Water Authority Jordan, Amman (WAJ)
Jordan Valley Authority (JVA)

Palästinensische Gebiete (insgesamt eine Forschungseinrichtung, eine Firma und drei Ministerien & Behörden)

Al-Quds University, Department of Earth & Environmental Sciences, Jerusalem
Palestinian Water Authority (PWA), Ramallah
Palestinian Hydrology Group (PHG), Ramallah
Ministry of Agriculture (MoA), Palestine
Hydro-Engineering Consultancy (HEC), Al Bireh

Israel (insgesamt zwei Forschungseinrichtungen, eine Firma und eine öffentliche Einrichtung)

Tel Aviv University, Department of Geophysics and Planetary Sciences
Ben-Gurion University of the Negev, J. Blaustein Institute for Desert Research, Beer Sheva
Environmental & Water Resources Engineering (EWRE), Haifa
Mekorot Water Company Ltd., Tel Aviv

Publikationen, Konferenzbeiträge und Abschlüsse

- über 90 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und Büchern
- über 150 Konferenzbeiträge
- insgesamt 22 Dissertationen

PROJEKTZIELE, ANSÄTZE UND LÖSUNGEN

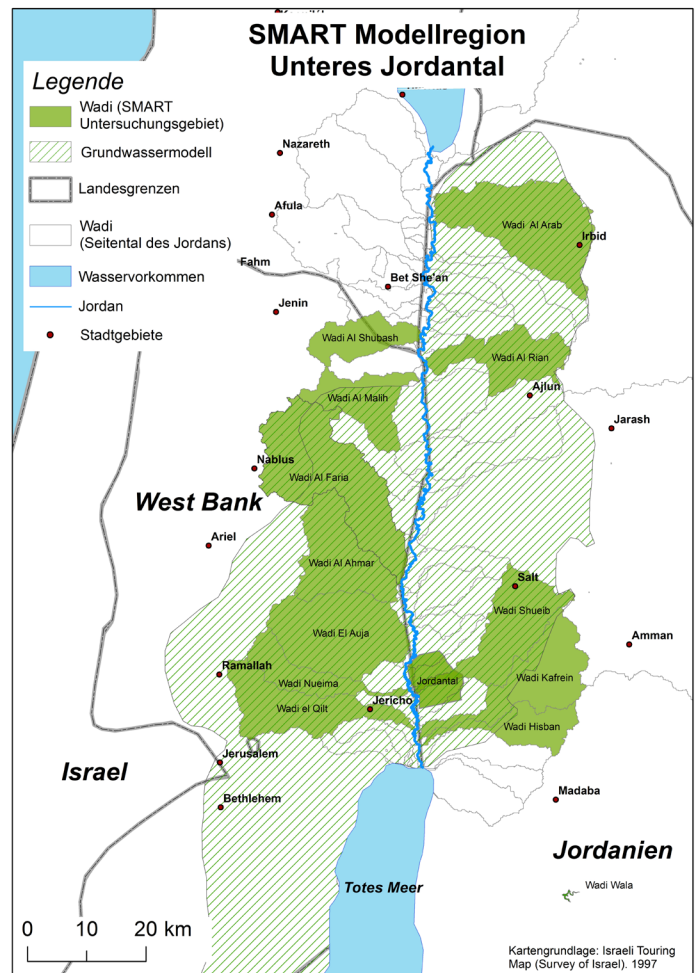
KURZBESCHREIBUNG

Das aride bis semiaride Einzugsgebiet des unteren Jordantals mit 5.000 km² reicht vom See Genezareth bis zum Toten Meer. Da die Zuflüsse zum See Genezareth, dem wichtigsten Süßwasserspeicher der Region, fast vollständig in die Küstenebene des Mittelmeers abgeleitet werden, genügen die Restwassermengen im Unterlauf nicht den **steigenden Wasserbedarf der wachsenden Bevölkerung** zu decken. Dies führt neben der **Absenkung der Grundwasserstände** auch zu einem **Trockenfallen der Quellen**.

Das übergeordnete Forschungsziel war die **Entwicklung eines übertragbaren Ansatzes für ein integriertes Management der vorhandenen Wasserressourcen**, um das verfügbare Darangebot und die Wasserqualität nachhaltig zu steigern. Dazu wurden neue Technologien eingesetzt, die es ermöglichen, auch unkonventionelle Wasservorkommen einer sinnvollen Nutzung zuzuführen. Das entwickelte IWRM-Modell basiert auf naturwissenschaftlichen, ingenieurtechnischen sowie sozioökonomischen Untersuchungen und initiierte im Untersuchungsgebiet einen selbsttragenden IWRM-Prozess, der dauerhaft anhält und auf benachbarte Regionen übertragbar ist. An der multilateralen, interdisziplinären Forschungsgruppe waren **Wissenschaft, Industrie, Fachbehörden, lokale Nichtregierungsorganisationen sowie externe Experten und Consultants** beteiligt.

Leitgedanke von SMART war es, alle Wasservorkommen des Untersuchungsraumes als verwertbare Ressourcen einzubeziehen und darüber hinaus eine **grenzübergreifende Zusammenarbeit** in der von politischen Spannungen geprägten Region zu fördern. Dies erforderte einen gemeinsamen, umfassenden und integrierten Management- und Nutzungsansatz unter Einbindung aller Projektpartner aus Jordanien, Israel und den palästinensischen Gebieten.

Dazu wurden in Phase I **konventionelle und unkonventionelle Wasservorkommen erkundet und bewertet**. Zudem wurden beispielhaft geeignete dezentrale Aufbereitungstechniken identifiziert sowie Zwischenspeichermöglichkeiten für Wasser entwickelt. In Phase II wurden die **innovativen Technologien und IWRM-Tools weiterentwickelt**, und in Phase III **demonstriert und modellhaft implementiert**. Schwerpunkte bildeten (a) die Anwendung von Modellen zur Simulation der Entwicklung der verfügbaren Wasserressourcen (b) die Bereitstellung dezentraler kleiner Abwasseraufbereitungsanlagen für den ländlichen und suburbanen Raum, (c) die Entwicklung von Frühwarnsystemen für Kontaminationsereignisse an Trinkwasserquellen, (d) Speichermöglichkeiten für Flutwässer im Untergrund sowie (e) die Entsalzung von Brackwässern mittels moderner Membranverfahren. Die einzelnen Verfahren wurden schließlich in ein umfassendes IWRM-Konzept integriert und stehen in Form eines kollaborativen Wissensmanagements den Stakeholdern als Entscheidungshilfen zur Verfügung.



Übersichtskarte der Modellregion mit den angrenzenden Staaten Jordanien und Israel und den palästinensischen Gebieten. Die Teileinzugsgebiete, in denen sich die SMART-Forschung konzentriert, sind farblich hervorgehoben.

Wissenschaftliche Erkenntnisse des SMART-Projekts werden bereits heute umgesetzt und sind in die nationale jordanische Wasserstrategie mit eingeflossen. Pilotanlagen zur **dezentralen Abwasserbehandlung, künstlichen Grundwasserneubildung und Frühwarnsysteme** sind in Betrieb oder in der Implementierung. Auch bei Bildung, Fortbildung und Kapazitätsentwicklung sind Fortschritte erzielt worden. Als Beispiele sind hier gut besuchte Fortbildungskurse für Fachleute der Wasserbehörden und Ausbildungskurse für das technische Personal sowie das **sehr erfolgreiche „Water Fun“ Programm** für Schulen zu nennen.

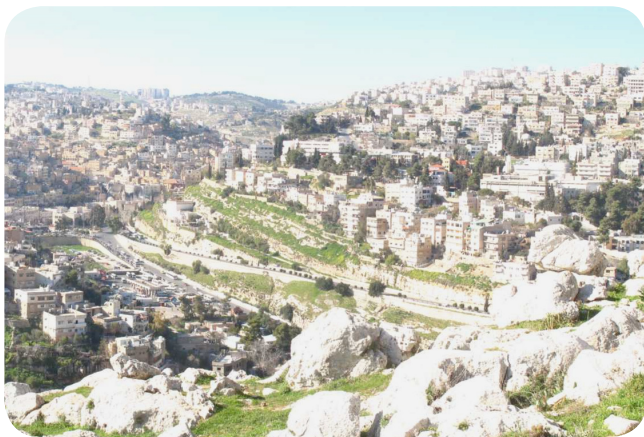
Die Wasserprobleme der Region erfordern dennoch aufgrund von Klimawandel und Bevölkerungswachstum weiterhin eine kontinuierliche, angepasste und lösungsorientierte Forschung, um letztlich die Lebensbedingungen der Menschen in der Region zu verbessern. Da diese Lösungen von den Menschen und Entscheidungsträgern der Region mitgetragen und umgesetzt werden müssen, werden diese bei der Entwicklung weiterer Projektideen sehr stark mit einbezogen – **unsere Forschungen orientieren sich an den Bedürfnissen der Region**.

PRODUKTBESCHREIBUNG MIT SCHWERPUNKT JORDANIEN

ERKUNDUNG DER WASSERRESSOURCEN, GRUNDWASSERSCHUTZ UND -BEWIRTSCHAFTUNG

Erkundung der Wasserressourcen

- Quantifizierung des hoch-variablen Oberflächenabflusses und Bestimmung der Grundwasserneubildung
- Erfassung, Abgrenzung und Bewertung aller verfügbaren Wasserressourcen auf lokaler und grenzübergreifender regionaler Ebene
- Nutzung von Modellwerkzeugen zur Simulation der Entwicklung der verfügbaren Wasserressourcen
- Einschätzung der hydrologischen Variabilität und zeitlichen Verfügbarkeit von Wasserressourcen (qualitativ und quantitativ)
- Numerische Modellierung der Niederschlags-Abfluss-Prozesse sowie der regionalen Grundwasserströmung
- Erstellung von Wasserbilanzen für Teileinzugsgebiete
- Analyse von Abwasser-, Oberflächen- und Grundwasserproben aus der Region Unteres Jordantal (u. a. auf pharmazeutische Rückstände, Bakterien, Viren)
- Entwicklung von Bewirtschaftungsszenarien und deren Bewertung im Hinblick auf Grundwasserqualität und -quantität
- Aufbau eines Transboundary-Grundwassermodell zur Ressourcenabschätzung und Einzugsgebietsabgrenzung



Grundwasserschutz und Frühwarnsysteme für Kontamination

- Bestimmung der Vulnerabilität von Karstgrundwasserressourcen in Bezug auf potentielle Kontaminationen
- Konzepterstellung und Methodenanwendung zur Definition von Grundwasserschutzzonen (Monitoring von Quellen u.a. auf pharmazeutische Substanzen und Spurenstoffe)
- Risikoabschätzung der Versickerung von behandeltem und unbehandeltem Abwasser anhand mikrobiologischer Parameter
- Mitarbeit und Unterstützung der örtlichen Behörden bei der Erstellung von Schutzkonzepten (erstes Grundwasserschutzkonzept wurde in den palästinensischen Gebieten durchgesetzt und umgesetzt)
- Bewertung ökonomischer Auswirkungen bei der Umsetzung von Schutzkonzepten
- Implementierung von Frühwarnsystemen für Kontaminationsereignisse an Trinkwasserquellen in As-Salt (ca. 90.000 Einwohner) und Jericho (ca. 22.000 Einwohner) in Jordanien bzw. den Palästinensischen Gebieten.



Sozioökonomische Bewertung alternativer Wassernutzungsstrategien

- Betrachtung der Kostenstruktur eines Wasserverteilungssystems (75 Millionen m³/Jahr) unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit
- Kostenvergleich von Wasserimport versus Trinkwasseraufbereitung und Sanierungsmaßnahmen in der Abwasserinfrastruktur des Wadi Shueibs (ca. 110.000 Einwohner)
- Kosten-Nutzenanalyse von Wasserdargebot (für ca. 1 Million m³) einer MAR Anlage für Trinkwasser oder Bewässerungszwecke
- Ökonomische Bewertung von dezentraler Abwasseraufbereitung und Nutzung zur künstlichen Grundwasseranreicherung
- Bewertung der ökologischen und sozioökonomischen Vorteile von dezentraler Abwasseraufbereitung
- Bewertung verschiedener Wasserqualitäten auf das Einkommen der Landwirte und ihre wirtschaftlichen Situation
- Kosten-Nutzenanalyse alternativer IWRM-Strategien



PRODUKTBESCHREIBUNG MIT SCHWERPUNKT JORDANIEN

ADAPTIERTE AUFBEREITUNGSTECHNOLOGIEN UND KONTROLLIERTE GRUNDWASSERANREICHERUNG



Kontrollierte Grundwasseranreicherung

- Transportmodellierung von Spurenstoffen und hygienisch relevanten Mikroorganismen während der Bodenpassage im Zuge einer Grundwasseranreicherung
- Hydrogeologische Untersuchung und Modellierung der Pilot-Standorte Wala Dam (Trinkwasserversorgung für Amman und Madaba) und Deir Alla
- Bilanzierung der verfügbaren Wassermengen für Versickerung
- Entwicklung geeigneter Nutzungsszenarien für Standorte in Karst- und Porengrundwasserleitern
- Evaluierung des verfügbaren Speicherraums im unteren Jordantal (ca. 120 Millionen m³)



Dezentrale Abwasseraufbereitung und Wiederverwertung

- Entwicklung eines GIS-basierten Entscheidungsunterstützungsinstrumentes zur Prüfung lokaler kostenminimaler Abwassermanagementlösungen (ALLOWS)
- Auslegungsgrundlagen für unterschiedliche Ökotechnologien (Reinigungsleistung, Energie, Wasserbilanz)
- Beurteilung der Reinigungsleistung und Eignung von EU-zertifizierten Abwassertechnologien zur Behandlung von für Jordanien repräsentativen konzentrierten Abwässern

Aufbau eines Kompetenz-Zentrums für Dezentrales Abwassermanagement in Fuheis

- 13 verschiedene Abwassersysteme betrieben mit kommunalem Abwasser (zur Wiederverwendung auf landwirtschaftlichen Anbauflächen und Gartenanlagen)
- Praxisbezogener Bestandteil der universitären Ausbildung (Ingenieurwissenschaften)
- Vor-Ort Labor für Abwasseranalysen und -forschung

Implementierung Dezentraler Abwasserreinigungs- und -wiederverwendungssysteme im technischen Maßstab

- 7 Kleinkläranlagen (15-35 PE) und 3 kanalgebundene Anlagen (100-300 PE)
- Wiederverwendung: unterirdische Bewässerung und Tröpfchenbewässerung

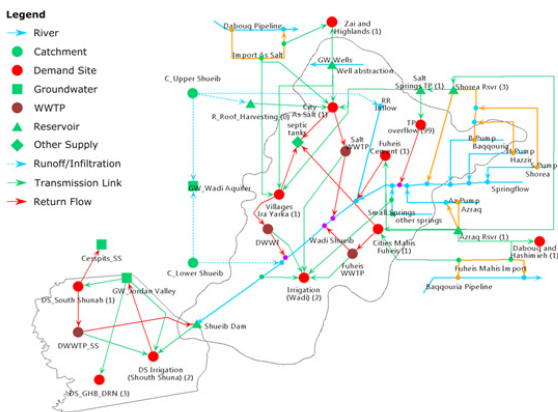


Brackwasserentsalzung für Trinkwasser und Bewässerungszwecke

- Erforschung der Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz der Nanofiltration zur Brackwasseraufbereitung (niedriger Energiebedarf)
- Versuchsreihen mit verschiedenen Membranen zur Optimierung der Brackwasseraufbereitung und Anpassung an die Randbedingungen vor Ort
- Palästinensische Gebiete: Bewertung von zwei potentiellen Standorten für die Brackwasserentsalzung (Jericho und Auja)
- Jordanien: Betrieb einer energieeffizienten Pilotanlage mit innovativen Vorbehandlungsstufen, Photovoltaikmodulen und Energierückgewinnungssystemen
- Erstellung eines Handbuchs zur Brackwasserentsalzung

PRODUKTBESCHREIBUNG MIT SCHWERPUNKT JORDANIEN

DATENANALYSE, -MANAGEMENT UND WISSENSTRANSFER

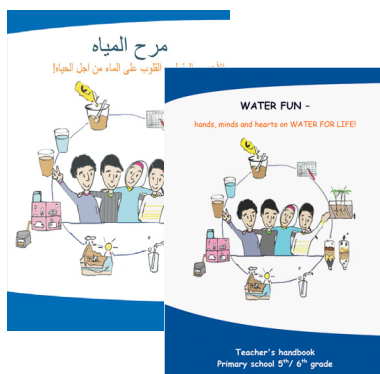


Informationsverarbeitung und Modellierung

- Aufbau einer zentralen Datenbank zur Speicherung wasserbezogener Daten der Projektregion (DAISY Harvester) mit WebGIS-Anbindung
- Implementierung digitaler Infrastrukturen zur Echtzeitanalyse von Wasserqualitätsparametern als Grundlage der Frühwarnsysteme von Kontaminationsereignissen
- Einsatz prozessbasierter Simulationsmodelle, IWRM-spezifischer Szenarien-Planungen und innovativer Wissensmanagement-Module mittels international erprobter und lizenzfreier Software (WEAP, MODFLOW, MediaWiki), welche in der Projektregion verwendet werden

Kapazitätsaufbau und Wissenstransfer

- Implementierung der entwickelten IWRM-Werkzeuge und Stärkung institutioneller Kapazitäten
- Fortbildungs- und Trainingskurse
- Doktorandenprogramm (zahlreiche Stipendiaten aus Israel, Jordanien und den palästinensischen Gebieten, die heute in Forschung, Wirtschaft und staatlichen Einrichtungen tätig sind)
- Scientific Advanced Training (SAT): Programm für den fachlichen Austausch zwischen Forschern aus der Region und Deutschland
- Dezentrales Abwassermanagement-Programm für Techniker, Planer und Entscheidungsträger



Water Fun: Umweltbildung der Primarstufe für eine nachhaltige Entwicklung

- Weiterbildungsprogramm für Lehrer und Lehrmaterial für Primarschulen (auf Englisch und Arabisch)
- Sechs konsekutive Lehreinheiten inkl. vier Experimente für den Unterricht in der Grundschule
- Projektwochenkonzept zum Themenbereich Wasserqualität, Abwasserreinigung und -wiederverwendung (Werkstattversuche) für weniger als 5 € pro Schule
- Gesamtleistung: 118 Grundschullehrer in Jordanien und den palästinensischen Gebieten mit einer Schülerschaft von rund 5.000 Grundschulern in der 5. und 6. Klasse (amerik. System)

Das Nationale Implementierungskomitee für Effektives Dezentrales Abwassermanagement in Jordanien - NICE

- Etablierung eines jordanischen interministeriellen und sektoren-übergreifenden nationalen Komitees zur Implementierung eines integrierten Abwassermanagements in Jordanien (NICE)
- Etablierung des „Implementierungs-Büros Amman“ im Jordanischen Wasserministerium
- Vom jordanischen Kabinett angenommene NICE-Regulierungen:

Das „Nationale Rahmenwerk für Dezentrales Abwassermanagement in Jordanien“

Die „Jordanische Politik für Dezentrales Abwassermanagement“ - die erste ihrer Art im arabischen Raum



ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Wichtigste Projekterfolge

- Quantifizierung der Wasserressourcen und der hydrologischen Variabilität
- Etablierung von Konzepten zur Nutzung und zum Schutz von Karstgrundwasserleitern in semi-ariden Gebieten
- Installation von Frühwarnsystemen für Grundwasserkontamination an fünf Quellen in Jordanien und den palästinensischen Gebieten
- Implementierung von angepassten dezentralen Abwasseraufbereitungsanlagen (7 Kleinkläranlagen (15-35 PE), 3 kanalgebundene Anlagen (100-300 PE) und deren Zertifizierung
- NICE - Etablierung eines jordanischen interministeriellen und sektoren-übergreifenden nationalen Komitees zur Implementierung eines integrierten Abwassermanagements in Jordanien
- Entwicklung von Konzepten zum integrierten Management von Abwasserverwertung und Grundwasserschutz
- Erarbeitung eines Leitfadens zur Implementierung von kontrollierter Grundwasseranreicherung im Jordantal
- Entwicklung und Anwendung von Wassermanagement-Werkzeugen u.a. Erstellung eines Transboundary Grundwassermodells
- Transnationaler Austausch und Weiterbildung von Nachwuchswissenschaftlern aus Jordanien, den palästinensischen Gebieten, Israel und Deutschland
- Water Fun - Umweltbildung der Primarstufe für eine nachhaltige Entwicklung



Weitere Informationen unter: <http://www.iwrm-smart-move.de>

Kontakte:

Prof. Dr. Nico Goldscheider

goldscheider@kit.edu

Prof. Dr. Roland Müller

roland.mueller@ufz.de

Prof. Dr. Martin Sauter

martin.sauter@geo.uni-goettingen.de