



EXALT – Kopplung thermischer Entsalzung und Ausschleusung von entwässertem Salz mit hydroponischer Pflanzenproduktion mittels Wärmepumpen

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

In den wasserarmen Regionen des Nahen und Mittleren Ostens wird zunehmend entsalztes Brackwasser bei der Pflanzenproduktion genutzt. Wassersparende Anbaumethoden zum Beispiel in hydroponischen Gewächshäusern, in denen Pflanzen in speziellen Nährlösungen ohne Erde wachsen, tragen weiter zu einer Entlastung der Wasserressourcen bei. Um die Wasserverluste in den Gewächshäusern zu minimieren und die Entsalzung gleichzeitig so energieeffizient wie möglich zu betreiben, entwickelt das deutsch-israelisch-jordanische Kooperationsprojekt EXALT ein neues gekoppeltes Verfahren: Über Wärmepumpen nutzt es die zur Kühlung des Gewächshauses entzogene Wärme für die Entsalzung. Das bei der Kühlung und im Entsalzungsprozess entstehende Kondenswasser kann gleichzeitig zurückgewonnen und für die Bewässerung eingesetzt werden.

Nachhaltige Pflanzenproduktion trotz Wasserarmut

In den von teils starker Trockenheit geprägten Ländern des Nahen und Mittleren Ostens ist die Landwirtschaft der größte Wassernutzer. Um die Produktion von Nahrungsmitteln für kommende Generationen zu sichern, sind nachhaltige Anbauverfahren, die Wasser hocheffizient nutzen, von zentraler Bedeutung. So eignen sich beispielsweise hydroponische Systeme in Gewächshäusern besonders gut für wasserarme Regionen. Dort wurzeln die Pflanzen statt wie üblich in Erde in speziellen Nährlösungen und benötigen so deutlich weniger Wasser als bodengebundene Systeme. Durch Entsalzung können zunehmend auch die in der Region natürlich vorhandenen salzhaltigen Wässer für den Pflanzenanbau genutzt werden. Als regenerative Energiequelle für den Entsalzungsprozess steht die reichlich vorhandene Solarenergie zur Verfügung.

Um die wassereffiziente Pflanzenproduktion mit salzhaltigen Grund- und Oberflächenwässern optimal mit einer umweltschonenden Entsalzung zu kombinieren, haben sich Forschende aus Deutschland, Israel und Jordanien im Kooperationsprojekt EXALT zusammengeschlossen. Ziel der Beteiligten ist es, einen ganzjährigen Anbau von Pflanzen in trockenen Gebieten bei minimalem Wasser- und Energiebedarf zu ermöglichen.

Geschlossener Kühlkreislauf

Herzstück des in EXALT entwickelten gekoppelten Verfahrens ist ein geschlossener Kühlkreislauf, der die Feuchtigkeit und Temperatur im Gewächshaus aufeinander abstimmt und so optimale Bedingungen für das Wachstum der Pflanzen schafft. Anstatt diese Parameter wie üblich über einen Luftaustausch mit der Außenumgebung zu steuern, entzieht eine Wärmepumpe aktiv Wärme aus dem Gewächshaus. Das über die Blätter der Pflanzen verdunstete Wasser kann durch die niedrigeren Temperaturen kondensieren, zurückgewonnen und wieder zur Bewässerung genutzt werden.



Die hydroponische Pflanzenproduktion mit salzhaltigen Wässern wird im Phytotechnikum der Universität Hohenheim erprobt



Der restliche Wasserbedarf für eine durchgängig hohe Pflanzenproduktion lässt sich über Entsalzung von Salz- und Brackwasser decken. Energie dafür liefert unter anderem die den Gewächshäusern entzogene Wärmeenergie, die den Solarstrombedarf reduziert. Darüber hinaus entsteht bei dem Prozess entwässertes Salz; dieses kann umweltfreundlicher entsorgt werden, als die bei gängigen Entsalzungsverfahren anfallende Salzlauge. Entkoppelt von fruchtbarem Boden und salzarmem Wasser ermöglicht das EXALT-Konzept mit minimalem Wasser- und Energiebedarf die Pflanzenproduktion auch an ansonsten nicht nutzbaren Standorten.

Im ersten Schritt werden Grundlagenstudien zur aktuellen hydroponischen Pflanzenproduktion in Gewächshäusern an Standorten mit unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit und Salzbelastung in den Zielländern Jordanien und Israel durchgeführt. Diese werden ergänzt durch Daten zum Klima und der Qualität des zur Verfügung stehenden Bewässerungswassers. Ausgehend von den lokalen Rahmenbedingungen untersuchen die Forschenden die unter pflanzenbaulichen und energetischen Gesichtspunkten optimalen Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Lichtverhältnisse in Abhängigkeit des Salzgehaltes der Nährlösung für ausgewählte Pflanzen. Basierend auf den Ergebnissen definieren sie dann die Anforderungen an die Kühlung und Entfeuchtung der Gewächshäuser und erarbeiten die vielversprechendsten Kombinationen aus Kühl- und Entsalzungssystem. Ziel ist es, gesamtheitliche Konzepte zur Entsalzung und Pflanzenproduktion für insgesamt sechs Fallstudienstandorten zu erstellen. Die Konzepte werden bewertet und verglichen und dienen als Blaupausen für eine spätere Umsetzung in die Praxis.

Globale Lösung für trockene Gebiete

Von Trockenheit geprägte Gebiete machen ungefähr 15 Prozent der Erdoberfläche aus und beherbergen über 14 Prozent der globalen Bevölkerung. Schon kleine Änderungen in der Menge und Verteilung der jährlichen Niederschläge können katastrophale Folgen für die Nahrungssicherheit der zum größten Teil auf Regenfeldbau angewiesenen Menschen haben. Mit einer innovativen Kombination aus wassereffizientem Gewächshausanbau und umweltschonender Entsalzung bietet EXALT eine Lösung für die ganzjährige Pflanzenproduktion in allen semiariden Gebieten.

Fördermaßnahme

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

Projekttitel

Kopplung thermischer Entsalzung und Ausschleusung von entwässertem Salz mit hydroponischer Pflanzenproduktion mittels Wärmepumpen (EXALT)

Laufzeit

01.07.2021 – 30.06.2024

Förderkennzeichen

02WWME1607A-B

Fördervolumen des Kooperationsprojektes

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF):
780.052 Euro
Ministry of Innovation, Science & Technology (MOST):
210.000 Euro

Kontakt

Dr. Jörn Germer
Universität Hohenheim
Institut für Tropische Agrarwissenschaften,
Fachgebiet Wasserstress-Management bei Kulturpflanzen
der Tropen und Subtropen
Garbenstraße 13
70599 Stuttgart
Telefon: +49 (0) 9580375
E-Mail: j.germer@uni-hohenheim.de

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE),
Freiburg
EcoPeace Middle East (EPJ), Amman, Jordanien
Hebrew University of Jerusalem (HUJI), Jerusalem, Israel

Internet

exalt.uni-hohenheim.de

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

August 2022

Text und Gestaltung

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

BMBF

Bildnachweis

Theresa Detering

bmbf.de



FEMAR – Anwendungspotential der Grundwasseranreicherung für eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

Viele Länder des Nahen Ostens mit einem trocken bis sehr trockenen Klima verzeichnen ein starkes Bevölkerungswachstum. Die ohnehin schon knappen Wasserressourcen geraten durch einen erhöhten Wasserbedarf weiter unter Druck. Das hat negative Folgen für die Grundwasserleiter in der Region: Sie werden übernutzt, wodurch der Grundwasserspiegel sinkt, Salzwasser eindringt und sich das Gelände absenkt. Forschende aus Deutschland, Iran, Jordanien, Libanon und Syrien wollen dagegen mit Techniken der künstlichen Grundwasseranreicherung angehen. Im gemeinsamen Verbundprojekt FEMAR arbeiten sie daran, solche Methoden in den beteiligten Partnerländern des Nahen Ostens einzuführen, um so die Wasserversorgung zu sichern und die Grundwasserressourcen zu schonen.

Daten und Modelle

In den Ländern des Nahen Ostens leben aktuell circa 430 Millionen Einwohner, Tendenz stark steigend. Ihnen steht immer weniger Süßwasser zur Verfügung. Die jährliche Menge ist seit 1950 von 4000 Kubikmeter auf knapp 1100 Kubikmeter gesunken und wird sich Prognosen zufolge bis 2050 erneut halbieren. Die betroffenen Länder müssen daher sowohl in den Städten als auch auf dem Land ihr Wassermanagement anpassen.

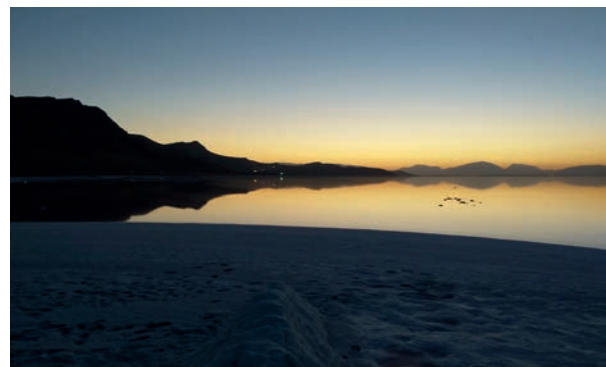
Eine große Rolle spielt dabei die Erschließung von neuen Wasserressourcen, wie beispielsweise behandeltes Abwasser. Methoden der sogenannten künstlichen Grundwasseranreicherung helfen dabei, die Qualität dieser Ressourcen durch natürliche Reinigungsprozesse im Untergrund zu verbessern und gleichzeitig das Grundwasserdargebot zu erhöhen. Beispielsweise durch Versickerung von behandeltem Abwasser oder voraufbereitetem Oberflächenwasser in Becken beziehungsweise Gräben. Oder durch Uferfiltration: Dabei dringt Wasser aus Flüssen oder Seen in das Grundwasser ein, wird dort durch Filtrations- und Abbauprozesse gereinigt und anschließend aus Brunnen in Gewässernähe entnommen.

Um geeignete Techniken und Standorte für die künstliche Grundwasseranreicherung im Iran, Jordanien, Libanon und Syrien zu identifizieren, erstellen die Beteiligten des Kooperationsprojektes FEMAR auf Basis von vorhandenen Daten integrierte hydrologische Modelle. Sie decken alle Aspekte des Wasserkreislaufs grenzüberschreitend auf einer regionalen Skala ab. Mit solchen integrierten Modell-

systemen kann die Wirkung einzelner Maßnahmen vor Ort genau erfasst, gewichtet und optimiert werden. Für die Modellerstellung nutzen die Forschenden frei verfügbare, sogenannte Open Source Software, die für alle beteiligten Akteure zugänglich ist. In Deutschland und Europa bereits etablierte Methoden der Grundwasseranreicherung können so an die jeweiligen Bedingungen in den Zielregionen angepasst werden und so zu einer besseren Wasserversorgung beitragen.

Bewährte Konzepte an neue Standorte anpassen

Für die mit den Modellen ermittelten Standorte in den vier Zielländern untersuchen die FEMAR-Beteiligten potenziell geeignete Methoden der Grundwasseranreicherung wie Uferfiltration sowie Versickerung von behandeltem Abwasser und voraufbereitetem Oberflächen-



Der Maharlu See in der Nähe der iranischen Stadt Shiraz gehört zu den potentiellen Standorten für Pilotvorhaben zur künstlichen Grundwasseranreicherung

wasser. Ergebnisse von Feldversuchen tragen dazu bei, die Modellsysteme weiter zu verfeinern, sodass sie beispielsweise Verkarstungen im Untergrund berücksichtigen oder den Transport von gelösten Stoffen berechnen können.

Die standortspezifisch angepassten Konzepte zur Grundwasseranreicherung sollen im Verlauf des Projektes in Pilotvorhaben umgesetzt werden. Dazu führen die Forschenden begleitende Labor- und Feldarbeiten durch. Sie dienen dazu, hydrogeologische und hydrogeochemische Randbedingungen in den Zielregionen und den Temperatureinfluss auf den Abbau von Stoffen zu ermitteln. Außerdem werden technische Aspekte, etwa die Verfügbarkeit von Filterkies und anderen für die Maßnahmen erforderlichen Ausbaumaterialien wie Rohre und Filter, überprüft.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes ist die Aus- und Weiterbildung der beteiligten Akteure. Doktoranden und Graduierte aus den Zielregionen sollen dazu an deutsche Hochschulen kommen. Die Partnerinstitutionen organisieren Workshops zur Modellierung und Planung von Anlagen zur Grundwasseranreicherung. Ergänzend wird ein online-Ausbildungsangebot entwickelt, das in Kombination mit Lehrgängen vor Ort lokale Fachleute – Mitarbeitende von Wasserversorgungsunternehmen und Behörden – schult, um das Projekt und die Pilotvorhaben zu unterstützen und nach Ablauf der Förderperiode weiterzuführen.

Langfristige Perspektive

Das Verbundprojekt FEMAR kombiniert Methoden der künstlichen Grundwasseranreicherung, für die in Deutschland und Europa bereits umfassende Erfahrungen vorliegen, mit neuartigen Simulationswerkzeugen. Die in den Untersuchungsgebieten gewonnenen Erkenntnisse sollen auch auf weitere Standorte und Akteure in Iran, Jordanien, Libanon und Syrien übertragen werden. FEMAR erreicht eine Vielzahl von Akteuren – Wissenschaft/Lehre, Wasserversorger und öffentliche Verwaltung – in den Zielregionen und trägt so zu einer Zusammenarbeit auf mehreren Ebenen bei. Das Projekt wird auf eine langfristige Fortsetzung ausgerichtet. Die beteiligten deutschen Hochschulen bieten internationale Masterstudiengänge im Bereich Wasserwirtschaft und Umweltingenieurwesen an, um die Aktivitäten auch nach Projektende weiterzuführen und die begonnen Kooperationen auszubauen.

Fördermaßnahme

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

Projekttitel

Anwendungspotential der Grundwasseranreicherung für eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung (FEMAR)

Laufzeit

01.07.2021 – 30.06.2024

Förderkennzeichen

02WME1612A-C

Fördervolumen des Kooperationsprojektes

942.006 Euro

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden
Telefon: +49 (0) 351 462 3350
E-Mail: thomas.grischek@htw-dresden.de

Projektpartner

Technische Universität Dresden, Dresden
Umweltbüro GmbH Vogtland, Weischlitz
Royal Scientific Society, Amman, Jordanien
American University of Beirut, Beirut, Libanon
University Aleppo, Aleppo, Syrien

Internet

htw-dresden.de/femar

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

Februar 2023

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Druck

BMBF

Bildnachweis

TU Dresden

bmbf.de



GRaCCE – Grundwasserneubildung und die Auswirkungen der Klimaänderung

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

Grundwassersysteme im Mittelmeerraum und speziell im Nahen und Mittleren Osten tragen wesentlich zur Wasserversorgung in den dortigen Ländern bei. Der Klimawandel führt jedoch zu Änderungen bei der Grundwasserneubildung, die die in der Region herrschende Wasserknappheit verstärken. Es bedarf moderner Methoden, um Dürren frühzeitig zu erkennen und angepasste Wasserbewirtschaftungsstrategien zu entwickeln. Die Beteiligten des internationalen Kooperationsprojektes GRaCCE entwickeln ein Dürrefrühwarnsystem, das auf der zeitlich-räumlichen Ermittlung der Grundwasserneubildung aufbaut. Es berücksichtigt die spezifischen Verhältnisse in der sogenannten ungesättigten Zone zwischen der Erdoberfläche und dem Grundwasserspiegel. Diese ist entscheidend dafür, in welchem Umfang und in welcher Qualität sich Grundwasserleiter regenerieren.

Zusätzliche Wasserressourcen erschließen

Das Untersuchungsgebiet des deutsch-israelisch-palästinensischen Kooperationsvorhabens GRaCCE umfasst die Staatsgebiete Israels, Jordaniens und die palästinensischen Gebiete der Westbank. Die gesamte Region verfügt nur über sehr knappe Wasserressourcen. Unregelmäßige Niederschläge und hohe Verluste durch Verdunstung an der Erdoberfläche führen dazu, dass Wasser aus Flüssen, Seen und Quellen oft nicht in den benötigten Mengen zur Verfügung steht und demzufolge die Grundwasserressourcen stark übernutzt werden.

Um herauszufinden, wie schnell sich das Grundwasser regenerieren kann und daraus vorausschauende Wasserbewirtschaftungskonzepte abzuleiten, entwickeln die am Kooperationsprojekt GRaCCE Beteiligten ein neues integriertes Verfahren zur zeitlich-räumlichen Ermittlung der Grundwasserneubildung. Ein wesentlicher Aspekt dabei sind die komplexen Grundwasserbewegungen und Speichervorgänge in den als ungesättigte oder „vadose“ Zone bezeichneten Gesteinsschichten zwischen Erdoberfläche und Grundwasserspiegel. Diese können bedeutende Wasserspeicher sein und sollten bei der Wasserbewirtschaftung berücksichtigt werden.

Grundwasserneubildung in komplexen Gesteinen

Festgesteine wie beispielsweise Sand- und Kalksteine sind häufig von Bruchstrukturen, sogenannten Klüften und Störungen durchzogen und besitzen eine poröse Grundstruktur, die große Wassermengen speichern kann. Grundwässer

in diesen Gesteinsformationen liegen häufig in großer Tiefe. Eine Erneuerung des Grundwassers durch hereinströmendes Niederschlagswasser von der Oberfläche kann dadurch mehrere Jahre dauern. Durch Klüfte und Störungen können Teile des Wassers jedoch erheblich schneller, teils innerhalb von wenigen Stunden, durch die Gesteinsschichten fließen. Das erschwert eine Vorhersage der zeitabhängigen Grundwasserneubildung häufig extrem. Frühere Untersuchungen zeigen auch, dass die in der Region vorherrschenden Gesteinsformationen zwischen Grundwasserspiegel und Erdoberfläche wasserwirtschaftlich als Langzeitspeicher dienen und entsprechend in Dürreperioden berücksichtigt werden können.

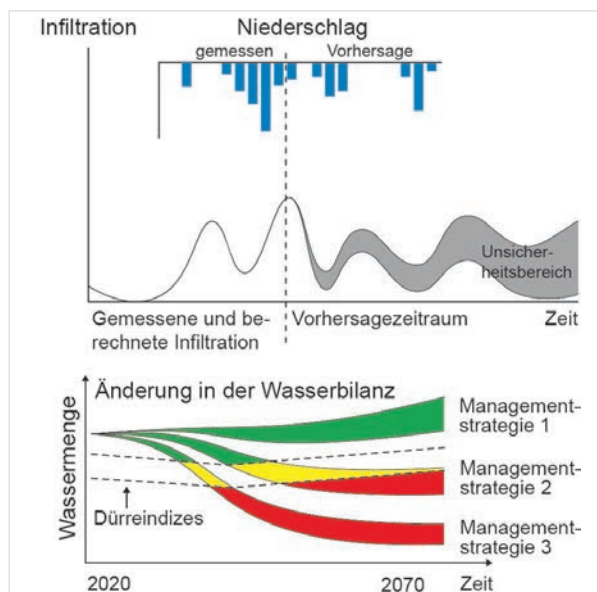


Geklüftete Gesteinsformationen können als wasserwirtschaftliche Speicher dienen

Zur Beschreibung der als Infiltration bezeichneten Versickerung von Niederschlagswasser und der Grundwasserneubildung kombinieren die Forschenden im Projekt GRaCCE verschiedene hydro-geologische, geophysikalische und hydrogeochemische Methoden sowie neue Modellierungsansätze. Damit ermitteln sie die verfügbaren Wasserressourcen mit einem Bewirtschaftungszeitintervall von circa einem Monat. Informationen aus tagesbasierten Klimamodellie-



rungen, die die generelle Entwicklung der Niederschläge und Verdunstungen nachbilden, werden dabei auch in den langfristigen Prognosemodellierungen des Zeitraumes 2020 bis 2070 berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen als quantitative Grundlage für die Vorhersage von Wasserdefiziten innerhalb des Grundwasserleiters auf der Basis von Dürreindikatoren: das heißt Faktoren, die aus dem komplexen Prozessspektrum abgeleitet werden und eine drohende Dürre anzeigen können. Das im Projekt entwickelte Vorhersageverfahren für die Grundwasserneubildung wird an verschiedenen Standorten in Israel und den Palästinensischen Autonomiegebieten getestet. Weitere Praxisstandorte in Deutschland und der Schweiz dienen dazu, die Prozesse und Modelle in einer kontrollierten Umgebung zu überprüfen.



Dürreerfrühwarnsystem basierend auf Grundwasserinfiltration und Entwicklung von angepassten Bewirtschaftungsstrategien

Webbasierter Werkzeugkasten

Zum Abschluss von GRaCCE soll eine Art webbasierter Werkzeugkasten zur Verfügung stehen, der ein Dürreerfrühwarnsystem und angepasste Pump- und Speicherstrategien enthält. Dies soll Wassernutzern und lokalen Behörden ermöglichen, ihre Regionen besser vor extremen Klimaereignissen zu wappnen und so den Wasserstress zu minimieren. Über den Nahen Osten und die dortigen Grundwasserleiter hinaus sollen sich die Projektergebnisse auch auf andere hydrogeologische und hydrologische Verhältnisse weiterer Länder übertragen lassen.

Fördermaßnahme

Middle East Regional Water Research Cooperation Program (MEWAC)

Projekttitel

Grundwasserneubildung und die Auswirkungen der Klimaänderung (GRaCCE)

Laufzeit

01.07.2020 – 30.06.2024

Förderkennzeichen

02WME1609A

Fördervolumen des Kooperationsprojektes

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF):
934.883 Euro
Ministry of Innovation, Science & Technology (MOST):
200.000 Euro

Kontakt

Prof. Dr. M. Sauter
Georg-August-Universität Göttingen
Goldschmidtstraße 3
37077 Göttingen
Telefon: +49 (0) 551 39 7910
E-Mail: martin.sauter@geo.uni-goettingen.de

Projektpartner

Technische Universität Berlin, Berlin
VisDAT GmbH, Dresden
Ben Gurion Universität, Beer Sheva, Israel
Hydro-Engineering Consultancy, Ramallah,
Palästinensische Autonomiegebiete

Internet

mewac-gracce.de

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Stand

August 2022

Text und Gestaltung

Projekträger Karlsruhe (PTKA), Karlsruhe

Druck

BMBF

Bildnachweise

Vorder- und Rückseite: Dr. J. Kordilla

bmbf.de