

BMBF-Fördermaßnahme



Zukunftsfähige Technologien und  
Konzepte zur Erhöhung der  
Wasserverfügbarkeit durch  
Wasserwiederverwendung und  
Entsalzung



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## IMPRESSUM

### Herausgeber:



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

### **Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE):**

Beim BMBF:  
Dr. Christian Alecke  
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat 724 - Ressourcen und Nachhaltigkeit  
53170 Bonn  
E-Mail: christian.alecke@bmbf.bund.de

Beim Projektträger:  
Dr.-Ing. Markus Delay  
Projektträger Karlsruhe (PTKA)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
E-Mail: markus.delay@kit.edu

### **Editor:**

Wissenschaftliches Begleitvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:

Dr. Thomas Track  
DECHEMA e.V.  
Tel.: +49 (0)69 7564-427  
Fax: +49 (0)69 7564-117  
E-Mail: track@dechema.de

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Förderkennzeichen: 02WAV1400

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

Erschienen im Dezember 2016  
zur Auftaktveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme WavE

<b>1. Die BMBF-Fördermaßnahme WavE</b>	4
Hintergrund und Ziele	4
Struktur der Fördermaßnahme	4
<b>2. WavE-Verbundprojekte:</b>	7
<b>2.1 Themenfeld „Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser“</b>	7
2.1.1 Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasser-Wiederverwendung (MULTI-ReUse)	7
2.1.2 Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen (TrinkWave)	10
2.1.3 Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung (HypoWave)	14
2.1.4 Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etoshia-Basins in Namibia (EPoNa)	18
<b>2.2 Themenfeld „Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser“</b>	21
2.2.1 Ressourcen und Energie-Effiziente Wasser-Membranfiltration mittels Dielektrophorese (REMEMBER)	21
2.2.2 Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Entionisierung am Beispiel Vietnam (WaKap)	24
<b>2.3 Themenfeld „Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser“</b>	28
2.3.1 Entwicklung eines ressourceneffizienten Wassermanagement- und Anlagenkonzepts für Vorbehandlungs- und Tauchlackieranlagen unter Nutzung der Elektroimpulstechnologie zur Dekontamination von industriellen Wässern und Lacken (DiWaL)	28
2.3.2 Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung (HighCon)	33
2.3.3 Effektive Aufbereitung problematischer Prozess- und Abwässer mit keramischen Nanofiltrationsmembranen (PAKmem)	36
2.3.4 Recycling von industriellen salzhaltigen Prozesswässern (Re-Salt)	39
2.3.5 Water-Reuse in Industrieparks (WaRelp)	41
2.3.6 Effiziente Kreislaufführung von Kühlwasser durch integrierte Entsalzung am Beispiel der Stahlindustrie (WEISS)	46
2.3.7 Räumlich-zeitlich abgestimmte Kreislaufführung und Wiederverwendung bergbaulicher Abwässer am Beispiel eines urban geprägten Bergbaugebietes (WaterMiner)	50
<b>3. Wissenschaftliches Begleitvorhaben (TransWavE)</b>	53
<b>4. Kontaktdaten der Verbundpartner</b>	54

---

# 1. Die BMBF-Fördermaßnahme WavE

## Hintergrund und Ziele

Die Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und Qualität ist die wichtigste Grundlage für das gesundheitliche Wohlergehen des Menschen, die nachhaltige Entwicklung von Regionen und eine intakte Umwelt. Allerdings wird Wasser in vielen Regionen der Erde knapp, nicht nur in klassischen ariden Gebieten. Es stellt eine immer größer werdende globale Herausforderung dar, Haushalte, Landwirtschaft und Industrie bedarfsgerecht mit Wasser versorgen zu können: Der Wasserbedarf wird sich in den kommenden Jahren weltweit drastisch erhöhen, hauptsächlich durch Bevölkerungswachstum, Intensivierung von industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten sowie durch die Ausdehnung von Ballungsräumen. Gleichzeitig ist bereits heute die Verfügbarkeit von Wasser stark begrenzt und regional sogar rückläufig. Hierzu tragen unter anderem die Verschmutzung und Übernutzung von Wasserressourcen, der Klimawandel sowie die ungleiche Verteilung der Wasservorräte maßgeblich bei.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE) auf den Weg gebracht. WavE will einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, das Missverhältnis zwischen steigendem Wasserbedarf und begrenzten Wasserressourcen auszugleichen und der Wasserverknappung zu begegnen. Zur nachhaltigen Erhöhung der Wasserverfügbarkeit sollen in Verbundprojekten mit Teilnehmern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis innovative Technologien, Verfahrenskonzepte sowie Managementstrategien entwickelt werden.

Hohe Umsetzungspotenziale werden hier bei der Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser, bei der Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser sowie bei der Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser gesehen. Neben den technologischen Lösungen und einem intelligenten Management der relevanten Stoffströme werden auch entsprechende Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen mit integriert.

Die Untersuchungen und Entwicklungen erfolgen unter praxisnahen Bedingungen an Standorten im In- und Ausland und beziehen auch Demonstrationsanlagen im technischen Maßstab mit ein. Besondere Bedeutung kommt der Übertragbarkeit der technologischen und konzeptionellen Ansätze auf andere Standorte mit ähnlichen Randbedingungen zu, auch im Hinblick auf die Positionierung und Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen auf dem internationalen Technikmarkt.

## Struktur der Fördermaßnahme

Das BMBF fördert im Rahmen von WavE 13 Verbundprojekte und ein wissenschaftliches Begleitvorhaben, die sich in dieser Broschüre vorstellen.

Jedes Verbundprojekt besteht aus mehreren Teilprojekten und Arbeitspaketen, in denen die Verbundpartner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis miteinander die Aufgaben und Zielsetzungen der Fördermaßnahme umsetzen. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Verbundprojekte können den drei folgenden Themenfeldern zugeordnet werden:

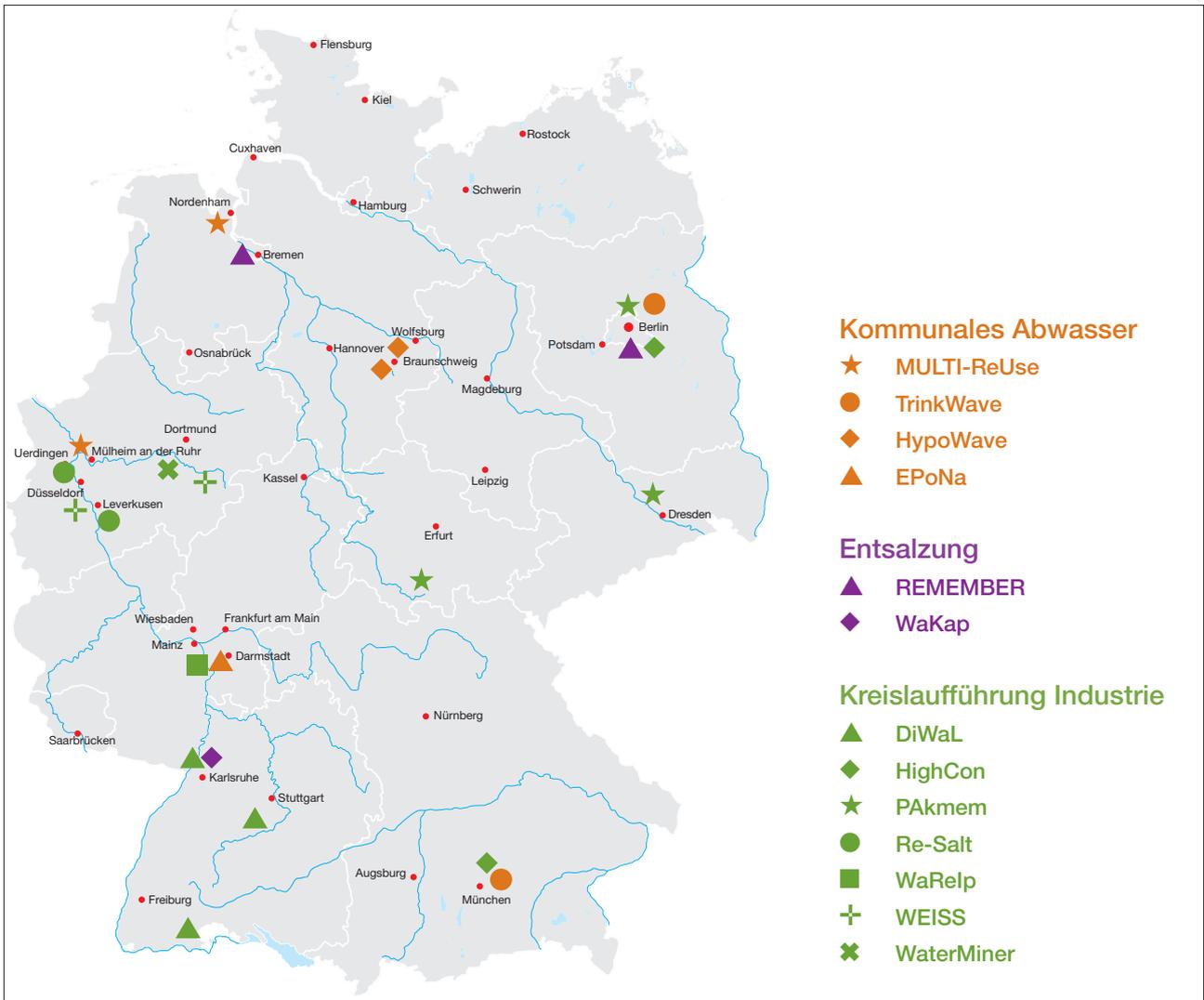
1. Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser
2. Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser
3. Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser

Die Fördermaßnahme WavE wird durch ein wissenschaftliches Begleitvorhaben (TransWavE) unterstützt, das allen Akteuren bei der Abwicklung der Fördermaßnahme zur Seite steht. Als zentrale Schnittstelle soll TransWavE den Dialog zwischen BMBF, dem Projektträger, dem Lenkungskreis und den Verbundprojekten sowie mit der (Fach-)Öffentlichkeit fördern. Damit dient TransWavE insbesondere der themenübergreifenden Vernetzung der Verbundprojekte und unterstützt den Ergebnistransfer zwischen den Projekten und in die Praxis.

Darüber hinaus wird WavE von einem Lenkungskreis als begleitendem Gremium unterstützt. Dem Lenkungskreis gehören neben den Koordinatorinnen und Koordinatoren der 13 Verbundprojekte auch externe Fachleute aus der wasserwirtschaftlichen Praxis an. Der Lenkungskreis fungiert als Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis und dient dem direkten Wissens- und Informationsaustausch. Durch ihn sollen Impulse aus der wasserwirtschaftlichen Praxis in die Fördermaßnahme eingebracht und deren anwendungsorientierte Ausrichtung unterstützt werden.

## Übersicht Standorte

national



international

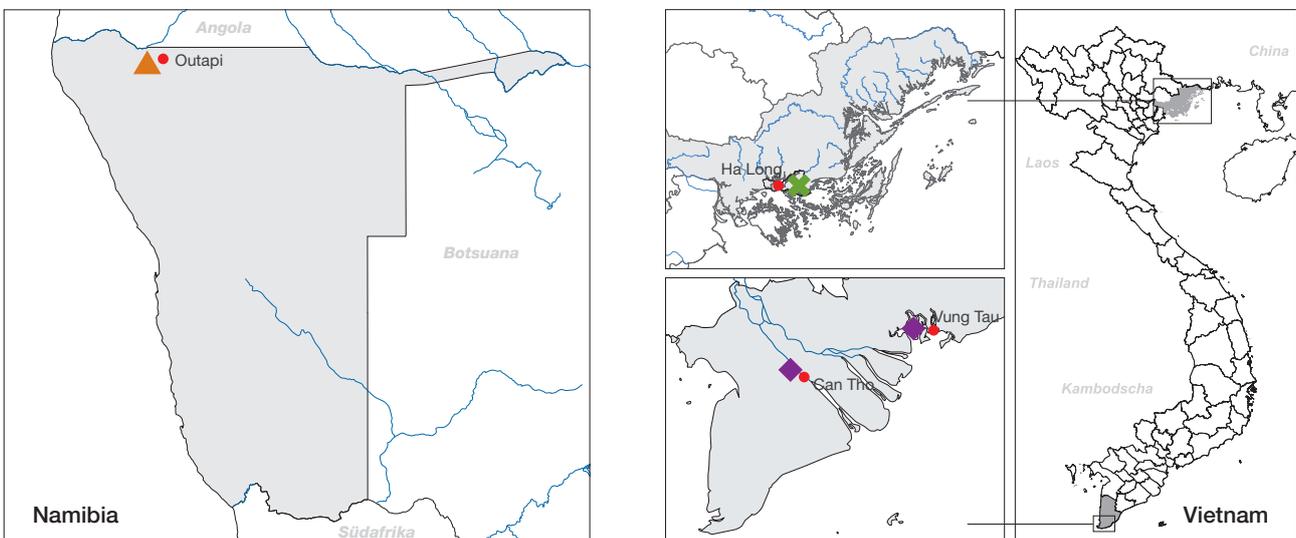


Abbildung 1: Projekt- und Untersuchungsstandorte der Verbundprojekte der Fördermaßnahme Wave

**Tabelle 1:** Übersicht der Verbundprojekte der BMBF-Fördermaßnahme WavE, nach Themenfeldern

Themenfeld	Name des Verbundprojektes	Projektkoordinatoren des Verbundprojektes
<b>Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser</b>	<b>MULTI-ReUse:</b> Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasser-Wiederverwendung	Dr. Wolf Merkel IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim an der Ruhr
	<b>TrinkWave:</b> Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen	Prof. Dr. Jörg Drewes Technische Universität München, Garching
	<b>HypoWave:</b> Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung	Prof. Dr. Thomas Dockhorn Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig
	<b>EPoNa:</b> Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etoshabasins in Namibia	Prof. Dr. Susanne Lackner Technische Universität Darmstadt, Darmstadt
<b>Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser</b>	<b>REMEMBER:</b> Ressourcen- und Energieeffiziente Wasser-Membranfiltration mittels Dielektrophorese	Daniel Crawford MARTIN Membrane Systems AG, Berlin
	<b>WaKap:</b> Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Entionisierung am Beispiel Vietnam	Prof. Dr.-Ing. Jan Hoinkis Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Karlsruhe
<b>Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser</b>	<b>DiWaL:</b> Entwicklung eines ressourceneffizienten Wassermanagement- und Anlagenkonzepts für Vorbehandlungs- und Tauchlackieranlagen unter Nutzung der Elektroimpulstechnologie zur Dekontamination von industriellen Wässern und Lacken	Dr. Wolfgang Frey Karlsruher Institut für Technologie (KIT) CN, Eggenstein-Leopoldshafen
	<b>HighCon:</b> Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung	Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen Technische Universität Berlin, Berlin
	<b>PAkmem:</b> Effektive Aufbereitung problematischer Prozess- und Abwässer mit keramischen Nanofiltrationsmembranen	Dr.-Ing. Matan Beery akvolution GmbH, Berlin
	<b>Re-Salt:</b> Recycling von industriellen salzhaltigen Prozesswässern	Dr. Yuliya Schiesser Covestro Deutschland AG, Leverkusen
	<b>WaRelp:</b> Water-Reuse in Industrieparks	Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke Technische Universität Darmstadt, Darmstadt
	<b>WEISS:</b> Effiziente Kreislaufführung von Kühlwasser durch integrierte Entsalzung am Beispiel der Stahlindustrie	Martin Hubrich VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Düsseldorf
	<b>WaterMiner:</b> Räumlich-zeitlich abgestimmte Kreislaufführung und Wiederverwendung bergbaulicher Abwässer am Beispiel eines urban geprägten Bergbaugebietes	Prof. Dr. Harro Stolpe Ruhr-Universität Bochum, Bochum

---

## 2. WavE-Verbundprojekte

### 2.1 Themenfeld „Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser“

#### 2.1.1 Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasser-Wiederverwendung (MULTI-ReUse)

<b>Laufzeit:</b>	01.09.2016 – 31.08.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Dr.-Ing. Wolf Merkel</b> , IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, gGmbH, Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr, E-Mail: w.merkel@iww-online.de
<b>Webseite:</b>	<a href="http://www.water-multi-reuse.org">www.water-multi-reuse.org</a>
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Eine an die Verfügbarkeit der Ressourcen und an die Nachfrage der Nutzer in Bezug auf Qualität und Menge angepasste und flexible Versorgung mit aufbereitetem Abwasser ist eine weltweit zunehmend beachtete Alternative. Hierzu bestehen noch deutliche Kenntnisdefizite bei der verfahrenstechnischen Realisierung, dem notwendigen Qualitätsmonitoring und bei den Werkzeugen zur umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung von nutzerspezifischen Umsetzungsoptionen der Abwasser-Wiederverwendung (AbwWv).
<b>Ziel:</b>	Das Projekt MULTI-ReUse entwickelt deshalb ausgehend von konventionell gereinigtem Abwasser flexible Verfahrensketten zur Produktion von definiert gestaffelten Wasserqualitäten und -mengen, von schnellen und zuverlässigen Monitoringverfahren zur Qualitätsüberwachung, bewertet die Handlungsalternativen in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit und betreibt aktiven Wissenstransfer zu den gewonnenen Erkenntnissen.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	MULTI-ReUse setzt konsequent Multi-Barrierenkonzepte für die AbwWv in Industrie, Landwirtschaft, Grundwasseranreicherung und Siedlungswasserwirtschaft um. Es werden sowohl neue Entwicklungen und Verfahrenskombinationen im Bereich der Membrantechnologie als auch innovative Verfahren zur Online-Überwachung von Hygiene und zur Bestimmung von biologisch verwertbarem Kohlenstoff (AOC) entwickelt. Die praktische Umsetzung erfolgt am Standort der Kläranlage Nordenham (Niedersachsen) in einer Pilotanlage. Dort besteht mit der Versorgung von wasserintensiven Industriekunden ein konkreter Bedarf für die Wiederverwendung von Abwasser. MULTI-ReUse schließt entscheidende Lücken, um innovative Verfahrenskonzepte zur AbwWv aus Deutschland weltweit anpassungsfähiger und konkurrenzfähiger zu machen.

### ARBEITSPAKETE

#### **Arbeitspaket 1: Nutzungsanforderungen und Märkte**

**Ansprechpartner:** **Dipl.-Biol. Dennis Becker**, DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt a.M., E-Mail: dbecker@dechema.de

**Projektpartner:** Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., alle Verbundprojektpartner

**Kurzbeschreibung:** Ziele des AP1 sind die Erstellung eines Anforderungskatalogs für Qualitätskriterien zur Abwasserwiederverwendung in der Industrie, Grundwasseranreicherung, Landwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft im nationalen, europäischen und internationalen Rahmen. Ebenso wird eine Marktanalyse zur Identifizierung von ausgewählten, internationalen Zielmärkten für für spezifische Sektoren erstellt. Die Schwerpunkte liegen dabei in der Erarbeitung eines Vorgehenskonzeptes zur Nutzungscharakterisierung von ReUse-Wasser und -stoffen sowie in der Anwendung und Validierung bei den MULTI-ReUse Praxispartnern und in der Auswertung von Literatur für Folgenutzungen inkl. Managed Aquifer Recharge (MAR), Infiltration, Rückgewinnung, Trinkwasserproduktion etc. Für die Marktanalyse sind internationale Regionen mit entsprechenden Bedarfen für MULTI-ReUse Lösungen und Marktpotenzialen zu identifizieren. Die Marktanalyse bezieht dabei die Technologieanbieter ein und berücksichtigt präferierte Absatzmärkte.

---

#### **Arbeitspaket 2a: Innovation – Verfahrenstechnik: Optimierte Verfahrenskombinationen und innovative Entwicklungen im Bereich der Membrantechnologie**

**Ansprechpartner:** **Dr. Andreas Nahrstedt**, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr, E-Mail: a.nahrstedt@iww-online.de

**Projektspartner:** De.EnCon GmbH, inge GmbH, IAB Ionenaustauscher GmbH Bitterfeld, Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband

**Kurzbeschreibung:** Im AP2a wird eine Pilotanlage zur Aufbereitung eines kommunalen Kläranlagen-Ablaufs zu hochwertigem Brauchwasser geplant, gebaut und experimentell betrieben. Sowohl die einzelnen Prozessstufen als auch die auf den jeweiligen Qualitätsbedarf ausgerichteten Verfahrensketten werden untersucht. Arbeitsschwerpunkt ist die auf den Anwendungszweck zugeschnittene Weiterentwicklung der Membranverfahren Ultrafiltration und Umkehrosmose. Hierbei werden die Eigenschaften der Membranen und die Auswirkungen vor- und nachgelagerter Prozessstufen mit einbezogen. Die verfahrenstechnische Optimierung wird durch Untersuchungen der erzielbaren Wasserqualitäten sowie der Minimierung von Energie- und Chemikalienbedarf begleitet. Zum einen werden Analyseverfahren zur Prozessoptimierung genutzt, zum anderen erfolgt eine Bewertung der Produktwässer nach den einzelnen Verfahrensstufen um zu ermitteln, welche Nutzungsmöglichkeiten sich für diese ergeben und welche ergänzenden Verfahren benötigt werden.

---

#### **Arbeitspaket 2b: Innovation – Monitoring: Monitoring der Behandlungseffizienz und des Aufkeimungs- und Biofilmbildungspotentials**

**Ansprechpartner:** **Prof. Dr. Rainer Meckenstock**, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstr. 5, 45141 Essen, E-Mail: rainer.meckenstock@uni-due.de

**Projektpartner:** IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH

**Kurzbeschreibung:** Ziel von AP2b ist, Methoden zur schnellen Prozessüberwachung des hygienischen Zustands erzeugter Wässer sowie des längerfristigen Wiederverkeimungspotentials zu entwickeln und zu etablieren. Dies ist mit der Bestimmung der Bakterienkonzentration kombiniert mit der Messung des biologisch verwertbaren Kohlenstoffanteils (assimilierbarer organischer Kohlenstoff, AOC) möglich. Die neue Methode zur AOC Messung wird mit einem Resultat nach 1-2 Tagen schneller sein als herkömmliche Verfahren, empfindlicher, günstiger, robuster und zudem quantitativ. Für das Monitoring des mikrobiellen Ist-Zustandes der Wässer wird eine schnelle Alternative zu Kultivierungsmethoden mittels Durchflusszytometrie getestet, die die Bestimmung der Gesamt- und Lebendzellzahlen innerhalb von 15 min und neuerdings sogar online ermöglicht. Die Parameter, die schnelle Maßnahmen oder eine intensivere Ursachensuche zulassen, dienen bei den Aufbereitungsstufen aus AP2a als Indikatoren für Probleme im Aufbereitungsprozess.

**Arbeitspaket 3: Demonstration der MULTI-ReUse-Aufbereitung zur Abwasser-Wiederverwendung**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Dipl.-Ing. Kerstin Krömer</b> , Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Georgstraße 4, 26919 Brake, E-Mail: kroemer@oowv.de
<b>Projektpartner:</b>	IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, De.EnCon GmbH, Inge GmbH, IAB Ionenaustauscher GmbH Bitterfeld, Universität Duisburg-Essen
<b>Kurzbeschreibung:</b>	In AP3 erfolgt die großmaßstäbliche Demonstration der in AP2a und AP2b entwickelten und erprobten Verfahrenskomponenten und Analysemethoden. Zusätzlich werden bekannte Aufbereitungsstufen (z.B. Biofiltration, Aktivkohlefiltration, Stabilisierung, Desinfektion) angepasst und optimiert. In zwei längeren Betriebsphasen wird hierbei die Praxistauglichkeit der optimalen Kombinationen aus Anlagentechnik und Betriebsweisen demonstriert. Der Anlagenbetrieb wird durch ein abgestimmtes chemisch-biologisches Monitoring begleitet. Ein weiterer Aspekt ist die Auswahl geeigneter Rohrwerkstoffe für ein Brauchwasser-Verteilungsnetz. Ziel ist ein störungsfreier, repräsentativer Betrieb der optimalen Verfahrenskombinationen zur Ermittlung aller zur ökonomischen und ökologischen Bewertung erforderlichen Daten.

**Arbeitspaket 4: Nachhaltigkeitsbewertung: Technik – Ökonomie – Ökologie – Akzeptanz**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Dipl.-Volksw. Andreas Hein</b> , IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr, E-Mail: a.hein@iww-online.de
<b>Projektpartner:</b>	DECHEMA e.V., Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Das Ziel dieses Arbeitspakets besteht in der Entwicklung und Anwendung eines flexibel nutzbaren, mehrdimensionalen Bewertungswerkzeuges zur Standortwahl und Beurteilung verschiedener AbwVv-Varianten. Der Fokus der Bewertung wird hierbei in Anlehnung an bestehende Theorien und Modelle der Nachhaltigkeit sowohl auf der technischen Leistungsfähigkeit der betrachteten Verfahrensketten und deren ökonomischer sowie ökologischer Effizienz als auch auf der gesellschaftlichen Akzeptanz einer Abwasser-Wiederverwendung für unterschiedliche Anwendungszwecke liegen. Das resultierende Bewertungsverfahren soll eine weitestgehend standardisierte und transparente Bewertung nach objektiven Kriterien ermöglichen, um als Werkzeug im Planungs- und Entscheidungsprozess auf Anwenderebene assistieren zu können. Anwenderfreundlichkeit, Funktionalität und Praktikabilität des Bewertungsverfahrens werden im Rahmen des Projektes an nationalen und internationalen Fallstudien getestet und demonstriert.

**Arbeitspaket 5: Ergebnisverbreitung und Vermarktungsvorbereitung: Erarbeitung einer Exportstrategie und zielgruppenorientierte Verbreitung durch innovative Formate des Wissenstransfers**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Dr. Engelbert Schramm</b> , Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: schramm@isoe.de
<b>Projektpartner:</b>	DECHEMA e.V., De.EnCon GmbH, Inge GmbH, Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Universität Duisburg-Essen, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., IAB Ionenaustauscher GmbH Bitterfeld, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Im AP5 werden aufbauend auf einer zu erarbeitenden Vermarktungsstrategie zentrale Ergebnisse des Vorhabens in Wissenschaft und insbesondere Praxis – national wie auch international – transferiert. Ziel ist ein erfolgreicher Technologie- und Wissenstransfer, der potenzielle Anwender in ihren Entscheidungs- und Planungsprozessen unterstützt. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung und Umsetzung innovativer Formate des Wissenstransfers sowie Beratung der Projektpartner bei der Verbreitung ihrer Forschungsergebnisse. Schließlich soll der Transfer der Forschungsergebnisse in Richtung deutscher Unternehmen der Wasserwirtschaft gefördert werden, um deren Chancen auf dem wachsenden internationalen Markt für Technologien der Wasserwiederverwendung zu erhöhen. Flankierend sollen Consulting-Unternehmen, Multiplikatoren sowie Verbände der Wirtschaft angesprochen werden. Ein weiteres Ziel ist es, Wissenslücken in der Wasserforschung mit geeigneten Wissensprodukten zu adressieren.

### 2.1.2 Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen (TrinkWave)

<b>Laufzeit:</b>	01.09.2016 – 31.08.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes</b> , Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Am Coulombwall 3, 85748 Garching/München, E-Mail: jdrewes@tum.de.
<b>Webseite:</b>	www.trinkwave.de
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Das TrinkWave-Verbundprojekt entwickelt neue Multibarrieren-Aufbereitungsprozesse für eine Wasserwiederverwendung auf Basis einer sequentiellen Grundwasseranreicherung.
<b>Ziel:</b>	Aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen in der Grundwasserbewirtschaftung in Deutschland ist ein wesentliches Ziel des TrinkWave-Verbundprojekts, neue Multibarrieren-Aufbereitungsprozesse für eine Wasserwiederverwendung zu entwickeln, die ohne den Einsatz von Hochdruckmembranen einwandfreies Trinkwasser liefern. Die Techniken sollen national wie weltweit einsetzbar sein. Die großtechnischen Versuche dieser neuentwickelten Aufbereitungsverfahren dienen dabei als eine direkte Vorstufe der Umsetzung. Weiterhin werden erstmalig neue multidisziplinäre Beurteilungsansätze für innovative Verfahrenskombinationen der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung entwickelt und validiert. Schwerpunkte sind dabei die Inaktivierung von Pathogenen, Antibiotikaresistenzen, die Reduktion von gesundheits- und prozessrelevanten Indikatorchemikalien, ausgewählten Transformationsprodukten und Nebenprodukten sowie die Entwicklung neuer Leistungsparameter für biologische Aufbereitungsverfahren. Diese Bewertungsansätze dienen u.a. dazu, wasserrechtliche Konflikte zwischen Grundwasserschutz und Wasserwiederverwendung anhand von konkreten Fallbeispielen wissenschaftlich zu bewerten und somit die Akzeptanz für eine Wasserwiederverwendung zu erhöhen. Durch eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung werden Ansätze zur Risikokommunikation mit den Nutzern und Interessengruppen entwickelt. Ein weiteres Ziel ist die Bereitstellung von Handlungsempfehlungen, die die entwickelten Instrumente und technischen Leitlinien nationalen wie internationalen Betreibern, Genehmigungsbehörden und Planern vermitteln.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	Als besonders innovativ sind die nachfolgend genannten Forschungsschwerpunkte zu sehen, die in 6 Arbeitspaketen bearbeitet werden: <ul style="list-style-type: none"><li>» Aufzeigen des gegenwärtigen wasserrechtlichen Konfliktes und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen für den Umgang mit ungeplanter und geplanter Wasserwiederverwendung und deren Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung,</li><li>» Entwicklung eines multidisziplinären Bewertungssystems für den Gesundheitsschutz mit speziellem Fokus auf ein adäquates Risikomanagement,</li><li>» Weiterentwicklung alternativer Verfahrenskombinationen mit Hilfe von naturnahen, aber technisch modifizierten Hybridfiltrationssystemen, um deren Leistungsfähigkeit erheblich zu verbessern,</li><li>» Entwicklung von technischen Richtlinien und Validierungsansätzen für die Bewertung, Optimierung und Überwachung der Entfernungsleistung existierender und innovativer Multibarrierensysteme,</li><li>» Entwicklung neuer chemischer und genetischer Leitparameter, basierend auf einem verbesserten Verständnis des mikrobiellen Abbaus neuartiger Schadstoffe, sowie die</li><li>» Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen und Entwicklung von Risikomanagement- und -kommunikationskonzepten mit Blick auf die Etablierung einer nachhaltigen Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung.</li></ul>

## ARBEITSPAKETE

### Arbeitspaket 1: Wasserrechtliche Einordnung einer Wasserwiederverwendung

Ansprechpartner:	<b>Dipl.-Ing. Regina Gnirß</b> , Berliner Wasserbetriebe, Cicerostr. 24, D-10709 Berlin, E-Mail: regina.gnirss@bwb.de
Projektpartner:	TU München, Umweltbundesamt, DHI-WASY GmbH, Universität Oldenburg, Universität Bayreuth
Kurzbeschreibung:	Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, den momentan existierenden Dissens zwischen wasserwirtschaftlicher Praxis und den wasserrechtlichen Anforderungen des Grundwasserschutzes aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Damit wird gerade in Deutschland und der EU eine Grundlage geschaffen, wasserrechtliche Barrieren, die einer technisch kontrollierten Bodenpassage entgegenstehen, zu überwinden. Die Erarbeitung von einheitlichen Beurteilungskriterien für die Wasserwiederverwendung ermöglicht die Umsetzung der Konzepte in Deutschland und stärkt dadurch die Position deutscher Unternehmen im Ausland. Es streben mehrere Projektpartner eine internationale Vermarktung an. Neben der wirtschaftlichen Nutzung werden die Ergebnisse des Projekts in die Diskussion mit Genehmigungsbehörden und in Gremien von DWA, DVGW, EU und IWA einfließen.

### Arbeitspaket 2: Erarbeitung von Kriterien zur Beurteilung der Wasserqualität

Ansprechpartner:	<b>Prof. Dr. Thomas Ternes</b> , Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Referat G2, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, E-Mail: ternes@bafg.de
Projektpartner:	TU München, Umweltbundesamt, TZW: DVGW – Technologiezentrum Wasser, Berliner Wasserbetriebe, TU Berlin, The University of New South Wales Australien
Kurzbeschreibung:	Das Hauptziel des Arbeitspaketes 2 ist es, einheitliche Parameter zu definieren, die eine umfassende Bewertung der Wasserqualität mit primärem Bezug auf die menschliche Gesundheit ermöglichen. Hierzu sollen mikrobielle, chemische und toxikologische Parameter gemessen werden, um die Risiken quantitativ zu erfassen und angemessene Handlungskonzepte entwickeln zu können. Die fünf Parametergruppen umfassen a) Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Protozoen), b) genotoxische, mutagene und östrogene Effekte, c) antibiotikaresistente Bakterien und Gene, d) ausgewählte anthropogene Spurenstoffe und deren mikrobiologischen Transformationsprodukte sowie e) Desinfektionsnebenprodukte. Es werden solche Parameter ausgewählt, die über das Jahr in nennenswerter Höhe im konventionellen Kläranlagenabläufen zuverlässig quantifizierbar sind, eine toxikologische Bedeutung haben oder zur Prozessbewertung verwendbar sind. Dabei wird besonderen Wert auf Parameter gelegt, die in der Trinkwasserverordnung oder der Grundwasserverordnung reguliert sind oder für eine Regulierung vorgeschlagen wurden.

### Arbeitspaket 3: Entwicklung und Validierung neuer Aufbereitungskonzepte für die Wasserwiederverwendung

Ansprechpartner:	<b>Prof. Dr.-Ing. Jörg Drewes</b> , Dr. Uwe Hübner, Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Am Coulombwall 3, 85748 Garching/München, E-Mail: jdrewes@tum.de, u.huebner@tum.de
Projektpartner:	TU Berlin, Berliner Wasserbetriebe, TZW: DVGW – Technologiezentrum Wasser, Umweltbundesamt, Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH, HYTECON GmbH, Universität Oldenburg, COPLAN AG, University of Colorado-Boulder, Curtin University Australien
Kurzbeschreibung:	Das Arbeitspaket 3 widmet sich der Entwicklung neuer nicht-membranbasierter Verfahren zur Wasserwiederverwendung einschließlich diverser Technologieelemente und Prozesskombinationen, die multiple Barrieren für mikrobielle und chemische Kontaminanten, hohe Infiltrationsraten, einen hohen Grundwasserschutz sowie hohe Prozessstabilität bieten. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Entwicklung einer Hochleistungsuntergrundpassage mit reaktiven Zonen mit entsprechender Vor- und Nachbehandlung. Dies beinhaltet auch die Simulation der einzelnen Prozesskomponenten sowie die Bestimmung adäquater Aufenthaltszeiten. Die einzelnen Technologieelemente werden im Labor- und halbertechnischen Maßstab im Rahmen dieses Vorhabens entwickelt und im Demonstrationsmaßstab unter Zuhilfenahme numerischer Prozessmodelle validiert.

### **Arbeitspaket 4: Beurteilung der Zuverlässigkeit und Effizienz von Aufbereitungsverfahren bei der Wasserwiederverwendung und Leistungsfähigkeit neuer biologischer Behandlungsverfahren**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr.-Ing. Martin Jekel, Technische Universität Berlin, Fachgebiet Wasserreinigung, Institut für Technischen Umweltschutz, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: martin.jekel@tu-berlin.de

**Projektpartner:** TU München, Bundesanstalt für Gewässerkunde, The University of New South Wales Australien

**Kurzbeschreibung:** Zentrales Ziel des Arbeitspakets 4 ist die Festlegung einheitlicher und transparenter Richtlinien für eine Standardisierung, Validierung und Überwachung von Aufbereitungsverfahren für verschiedene Typen der Wasserwiederverwendung (z. B. Bewässerung, Trinkwasserstützung). Die Arbeitsschwerpunkte liegen dabei auf der Ableitung eines Bewertungskonzeptes für die Einschätzung der Zuverlässigkeit und Effizienz von Aufbereitungsprozessen (betriebliche Monitoringprogramme) über geeignete chemische Indikatoren und über Surrogatparameter für die einzelnen Stufen der Wasserwiederverwendung. Darüber hinaus werden Bewertungskriterien der Leistungsfähigkeit der neuen biologischen Behandlungsverfahren mittels neuer genetischer und enzymatischer Parameter erarbeitet, die auch die Analyse mikrobieller Funktionalitäten unter Feldbedingungen ermöglichen. Weiterhin werden für diese Anwendungen Water Reuse Safety Plans entwickelt einschließlich einer quantitativen mikrobiologischen und chemischen Risikobewertung.

---

### **Arbeitspaket 5: Risikokommunikation/Einbindung der Öffentlichkeit**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. Franz X. Bogner, Universität Bayreuth (UBT), Lehrstuhl Didaktik der Biologie, Universitätsstr. 30 / Gebäude NWI, 95447 Bayreuth, E-Mail: franz.bogner@uni-bayreuth.de

**Projektpartner:** Berliner Wasserbetriebe, TU München, TU Berlin, TZW: DVGW – Technologiezentrum Wasser, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Umweltbundesamt, DHI-WASY GmbH

**Kurzbeschreibung:** Das wesentliche Ziel des Arbeitspaketes 5 ist die Entwicklung adäquater Strategien zur Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit für eine Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung. Diese Aktivitäten beinhalten die Bereitstellung von allgemein zugänglichen Informationsplattformen, eines interaktiven Ausstellungsmoduls sowie einer Handlungsempfehlung, die die Bewertungsansätze zur Risikoabschätzung für eine ungeplante und geplante Wasserwiederverwendung zur Trinkwasserstützung konkretisiert. Darüber hinaus sollen Strategien und Kommunikationskonzepte entwickelt und getestet werden, die sowohl bei der Sensibilisierung der allgemeinen Öffentlichkeit sowie von Entscheidungsträgern bezüglich der Rolle der Wasserwiederverwendung in urbanen Wasserkreisläufen als auch bei der gezielten Anwendung neuer Verfahren zur Wasserwiederverwendung eingesetzt werden können.

---

### **Arbeitspaket 6: Übertragbarkeit und Technologietransfer**

**Ansprechpartner:** Dr. Martin Steger, COPLAN AG, Hofmark 35, 84307 Eggenfelden, E-Mail: martin.steger@coplan-online.de

**Projektpartner:** TU München, Berliner Wasserbetriebe

**Kurzbeschreibung:** Im Arbeitspaket 6 wird die energetische, ökologische, ökonomische und betriebliche Bewertung erarbeitet, um ingenieurtechnische Realisierungen für die einzelnen Technologiekomponenten sowie die Verbreitung von neuen Aufbereitungsverfahren für Wasserwiederverwendungssysteme zur Trinkwasserstützung national wie international zu fördern. Im Einzelnen wird bei der energetischen Bewertung der Energieaufwand von herkömmlichen Trinkwassergewinnungs- und Aufbereitungstechnologien dem des neu entwickelten Multibarrieren-Aufbereitungsprozess gegenübergestellt. Zur ökologischen Einordnung des Prozesses wird ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck erarbeitet, als auch die Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten der anfallenden Reststoffe durchleuchtet. In wirtschaftlicher Hinsicht erfolgt ein Vergleich der Lebenszykluskosten zwischen dem neu entwickelten Aufbereitungsverfahren und herkömmlichen Szenarien. Darüber hinaus ist die betriebliche Bewertung eine essentielle Aufgabe des Arbeitspakets 6. Zum einen werden hier die grundlegenden Randbedingungen zur Anlagengestaltung untersucht, zum anderen wird dabei ein Pflichtenheft für die Anforder-

---

rungen an Überwachung und Steuerung formuliert, sowie die Möglichkeiten zur Fernüberwachung geprüft. Abschließend soll für das Verfahren eine summierende Einstufung anhand einer zusammenfassenden Balanced Score Card erarbeitet werden.

---

**Arbeitspakets 7: Projektmanagement**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Am Coulombwall 3, 85748 Garching/München, E-Mail: jdrewes@tum.de.

**Projektpartner:** alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:** Das Hauptziel des Arbeitspakets 7 „Projektmanagement“ ist die kontinuierliche Evaluation des Projektfortschritts und potentieller Abweichungen (finanzielle und inhaltliche) von den Projektzielen. Die Erstellung der im Projektantrag definierten Produkte bzw. Meilensteine wird daher überwacht bzw. durch Impulse und organisatorische Unterstützung befördert. Hierzu gehört auch die Abstimmung der Verbreitungs- und Ergebnisverwertungsstrategie zwischen den Partnern, sowie die erarbeiteten Projektergebnisse (Produkte) der Arbeitspakete 1-6 zu sammeln und einem nationalen wie internationalen Fachpublikum sowie der interessierten Öffentlichkeit zu präsentieren.

### 2.1.3 Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung (HypoWave)

**Laufzeit:** 01.09.2016 – 31.08.2019

**Koordinator:** **Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn**, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW), Pockelsstr. 2a, 38106 Braunschweig; E-Mail: t.dockhorn@tu-bs.de

**Webseite:** [www.hypowave.de](http://www.hypowave.de)

**Kurzbeschreibung:** In HypoWave wird erstmals ein hydroponisches System zur Pflanzenproduktion untersucht, das mit speziell aufbereitetem kommunalem Abwasser betrieben wird. Die Pflanzen wachsen hier ohne Substrat in einer Nährlösung. Das kommunale Abwasser wird dafür über verschiedene, dem Zweck angepasste technische Verfahrensschritte aufbereitet.

**Ziel:** Ziel ist es, ein hydroponisches System zu entwickeln, bei dem eine optimale Nährstoffverwertung durch die Pflanzen bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hohen Produktqualität bzgl. Schadstoffe wie Schwermetallen, organischen Spurenstoffen oder pathogenen Keimen erfolgt. Zugleich erlaubt dieses System durch die Wiederverwendung von Abwasser und dessen Kreislaufführung eine signifikante Steigerung der Wasserressourceneffizienz.

**Arbeitsschwerpunkte:** Dieses System wird in einer Pilotierung auf der Kläranlage Hattorf erprobt. Hier werden die siedlungswasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Belange aufeinander abgestimmt. Zudem werden aus einer Analyse der akteursbezogenen, institutionellen und rechtlichen Rahmenbedingungen hervorgehend die für ein solches Konzept nötigen Governance-Formen, erarbeitet.

Zusätzlich werden in ausgewählten europäischen Fallstudien in der Region Wolfsburg, dem Hessischen Ried, dem Dreiländereck D-BE-NL und in Évora, Portugal, Machbarkeitsstudien durchgeführt. Diese sollen zusammen mit einer Wirkungsabschätzung dazu beitragen, die Marktbereitigung dieser hydroponischen Systeme zu initiieren. Abhängig vom Standort gibt es unterschiedliche Anforderungen für eine erfolgreiche Implementierung. Diese Anforderungen werden für verschiedener Standorte, Einsatzmöglichkeiten und Marktsegmente identifiziert.

Parallel werden die Arbeiten und Ergebnisse mit Fachleuten aus den unterschiedlichen Bereichen in einem Stakeholderdialog diskutiert und weiterentwickelt. Dieser Dialog leitet gemeinsam mit den Machbarkeitsstudien die Ergebnisverwertung ein. Darüber hinaus werden fachspezifische Empfehlungen zur Anpassung des gesetzlichen Rahmens erarbeitet, sowie interaktive Handreichungen für die Praxis zur Potenzialabschätzung und Entscheidungsunterstützung entwickelt. Auf Unternehmensseite werden angepasste Produkte für den Einsatz im Bereich der Wiederverwendung von Abwasser im Allgemeinen und insbesondere in hydroponischen Systemen entstehen.

## THEMENFELDER

### Themenfeld 1: Abwasseraufbereitung

- Ansprechpartner:** **Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn**, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW), Pockelsstr. 2a, 38106 Braunschweig, E-Mail: t.dockhorn@tu-bs.de
- Dr. Marius Mohr**, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, E-Mail: marius.mohr@igb.fraunhofer.de
- Projektpartner:** Abwasserverband Braunschweig, WEB –Wolfsburger Entwässerungsbetriebe, ACS-Umwelttechnik GMBH & Co. KG, aquadrat ingenieure, aquatune – Dr. Gebhardt & Co. GmbH, Xylem Services GmbH
- Kurzbeschreibung:** Die zu untersuchenden Aufbereitungsverfahren sind Module eines Tool-Sets, die entsprechend ihrer Behandlungsziele den Fokus auf eine grundlegende Aufbereitung (Belebungsanlage bzw. anaerober EGSB-Reaktor), Spurenstoffelimination und Hygiene (UV-Bestrahlung, Ozonierung, Aktivkohle-Biofilter) sowie Nährstoffmanagement (Mess- und Regeltechnik in Verbindung mit einer Nährstoffdosierung) haben. Ziel der Untersuchungen ist es, das Abwasser den Anforderungen des hydroponischen Systems entsprechend – so weit wie nötig bzw. so wenig aufwendig wie möglich – aufzubereiten und dabei ein biologisch vorgereinigtes, nährstoffreiches, nahezu feststoffreies und hygienisch unbedenkliches Bewässerungswasser zu erzeugen. Zur Qualitätssteigerung können weiterhin organische Spurenstoffe eliminiert und die Hauptnährstoffe Stickstoff und Phosphor z. B. in Form von Ammoniumsulfat und MAP nach Bedarf zudosiert werden. Auf diese Weise wird eine direkte Nährstoffverwertung aus dem Abwasser realisiert.

### Themenfeld 2: Hydroponisches System

- Ansprechpartner:** **Dr. Jörn Uwe Germer**, Universität Hohenheim (UHOH), Fg. Agrarökologie der Tropen und Subtropen, Garbenstr. 13, 70599 Stuttgart E-Mail: jgermer@uni-hohenheim.de
- Projektpartner:** BIOTEC Biologische Naturverpackungen GmbH und Co. KG
- Kurzbeschreibung:** Mit der landwirtschaftlichen Verwertung des aufbereiteten Abwassers in einem hydroponischen System beabsichtigt HypoWave die enthaltenen natürlichen Ressourcen, Wasser und Nährstoffe, effizient zur nachhaltigen Produktion hygienisch sicherer Nahrungsmittel heranzuziehen. Es wird untersucht, wie sich der Betrieb eines hydroponischen Systems mit aufbereitetem Abwasser gestaltet und welche Qualitäten das aufbereitete Abwasser für den störungsfreien Betrieb aufweisen muss. Grenzwerte für Schadstoffe müssen für die Produktion sicherer Nahrungsmittel ermittelt werden. Auch wird untersucht, inwiefern das hydroponische System als hygienische Teilbarriere fungiert, und welche Schadstoffe und ggf. Mikroorganismen über die Wurzel aufgenommen und in der Pflanze transportiert werden können. Eine weitere Aufgabe ist die Entwicklung eines neuartigen, ökologisch vorteilhaften Trägermaterials zur Verankerung der Pflanzen und Trennung des Spross- und Wurzelraums, das es ermöglicht, auf Steinwolle oder andere Substrate zu verzichten.

### Themenfeld 3: Governance

- Ansprechpartner:** **Dr. Engelbert Schramm**, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: schramm@isoe.de
- Kurzbeschreibung:** Mit der Einführung von abwasserbasierten Hydroponiksystemen werden bestehende wasserwirtschaftliche Strukturen verändert. Die Innovation erfordert u.a. neue Formen der Zusammenarbeit. Ziel ist es daher, dafür geeignete Organisationsformen zwischen Abwasserunternehmen, den Betreibern von hydroponischen Systemen sowie anderen Abnehmern von Bewässerungswasser für Landbausysteme zu finden, um daraus Empfehlungen für die Umsetzung in den beteiligten Institutionen zu entwickeln. Daher ist es wichtig, frühzeitig die relevanten Akteure für die Einführung, Umsetzung und den Betrieb des neuen Systems zu identifizieren. Ihre Interessen und Handlungslogiken sind einzubeziehen und sie für die Fragestellung zu sensibilisieren. Auf diesem Weg kann ggf. bestehenden Vorbehalten, z.B. Akzeptanzfragen oder Unsicherheiten, konstruktiv begegnet werden, welche sonst einer erfolgreichen Implementierung der Innovation langfristig im Wege stünden.

### ARBEITSSCHRITTE

#### Arbeitsschritt 1: Pilotierung

- Ansprechpartner:** **Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn**, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW), Pockelsstr. 2a, 38106 Braunschweig, E-Mail: t.dockhorn@tu-bs.de
- Dr. Marius Mohr**, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, E-Mail: marius.mohr@igb.fraunhofer.de
- Dr. Jörn Uwe Germer**, Universität Hohenheim (UHOH), Fg. Agrarökologie der Tropen und Subtropen, Garbenstr. 13, 70599 Stuttgart, E-Mail: jgermer@uni-hohenheim.de
- Dr. Gerhard Meier**, WEB – Wolfsburger Entwässerungsbetriebe, Goethestr. 53, 38440 Wolfsburg, E-Mail: gerhard.meier@web.wolfsburg.de
- Projektpartner:** Abwasserverband Braunschweig, ACS-Umwelttechnik GMBH & Co. KG, aquadrat ingenieure, aquatune – Dr. Gebhardt & Co. GmbH, BIOTEC Biologische Naturverpackungen GmbH und Co. KG, Xylem Services GmbH
- Kurzbeschreibung:** Am Pilotierungsstandort, der Kläranlage Wolfsburg-Hattorf, werden die modular aufgebauten und miteinander kombinierbaren Verfahren zur Abwasseraufbereitung in direkter Kopplung mit dem hydroponischen System betrieben. Ziel hierbei ist es, die abwassertechnischen Komponenten mit dem hydroponischen System als Gesamteinheit weiter zu entwickeln und optimal aufeinander abgestimmt zu betreiben. Hierzu wird u.a. ein umfangreiches online-Monitoring eingesetzt, um eine gezielt an die Ansprüche der Pflanzen angepasste Abwasseraufbereitung zu gewährleisten.
- 

#### Arbeitsschritt 2: Fallstudien

- Ansprechpartner:** **Dr. Marius Mohr**, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, E-Mail: marius.mohr@igb.fraunhofer.de
- Projektpartner:** Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Universität Hohenheim, aquadrat ingenieure, aquatectura – studios for regenerative landscape, WEB – Wolfsburger Entwässerungsbetriebe
- Kurzbeschreibung:** In den Fallstudien wird das Konzept der Nutzung von aufbereitetem kommunalem Abwasser in hydroponischen Systemen an unterschiedliche Rahmenbedingungen angepasst sowie eine erste Abschätzung erfolgen, unter welchen Bedingungen sich dieses System attraktiv vermarkten lässt. Als Produkt entsteht für jeden Standort eine Machbarkeitsstudie, die direkt der Vorbereitung einer Umsetzung dienen kann. Um eine möglichst weitgehende Übertragbarkeit der Ergebnisse dieses Arbeitspakets zu erreichen, bildet jede Fallstudie eine andere Kategorie der Nutzung von Abwasser im hydroponischen System ab. Hierbei wird zwischen zentraler, semizentraler und dezentraler Abwasseraufbereitung sowie zwischen dem Anbau von Intensivkulturen und allgemeiner landwirtschaftlicher Produktion unterschieden.
- 

#### Arbeitsschritt 3: Wirkungsabschätzung

- Ansprechpartner:** **Dr. Martin Zimmermann**, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: zimmermann@isoe.de
- Projektpartner:** TU Braunschweig, aquatectura – studios for regenerative landscapes
- Kurzbeschreibung:** Ziel der Wirkungsabschätzung ist es, mögliche Marktsegmente für die in HypoWave entwickelten und in den Fallstudien untersuchten Möglichkeiten des Einsatzes von hydroponischen Systemen in Verbindung mit aufbereitetem Abwasser zu identifizieren und untereinander zu vergleichen. Dies soll unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Rahmenbedingungen erfolgen, um die dafür ausschlaggebenden sozialen, ökologischen und ökonomischen Schlüsselkriterien für den Einsatz zu bestimmen. Hier sollen neben den drei Themenschwerpunkten Abwasseraufbereitung, landwirtschaftliche Produktion und Governance auch energetische und wirtschaftliche Indikatoren betrachtet sowie die landschaftsgestalterische Einbettung solcher Systeme berücksichtigt werden.
-

**Arbeitsschritt 4: Stakeholderdialog und Verwertung**

- Ansprechpartner:** **Dr. Martina Winker**, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: winker@isoe.de;
- Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Dockhorn, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW), Pockelsstr. 2a, 38106 Braunschweig, E-Mail: t.dockhorn@tu-bs.de
- Projektpartner:** Fraunhofer IGB, Universität Hohenheim, Abwasserverband Braunschweig, WEB – Wolfsburger Entwässerungsbetriebe, ACS-Umwelttechnik GMBH & Co. KG, aquadrat ingenieure, aquitectura – studios for regenerative landscapes, aquatune – Dr. Gebhardt & Co. GmbH, BIOTEC Biologische Naturverpackungen GmbH und Co. KG, Xylem Services GmbH
- Kurzbeschreibung:** Der Stakeholderdialog dient dazu Meinungen, Wissen und Bedürfnisse unterschiedlicher gesellschaftlicher Anspruchsgruppen im Projekt zu verankern. Die Stakeholder sind dabei zugleich Interessens- und Wissensträger. Der Stakeholderdialog garantiert die Berücksichtigung von Werteinschätzungen/-urteilen aus der alltäglichen Berufspraxis der unterschiedlichen Anspruchsträger sowie die Einbindung von relevantem Praxiswissen und -erfahrungen.
- Die HypoWave-Ergebnisse zielen sowohl auf die wissenschaftliche als auch auf praktische Verwertung. So findet eine erste Ergebnisverwertung und -weitergabe direkt im Verbund statt. Zudem wird auf der Grundlage der Wirkungsabschätzung ein Werkzeug für die Praxis entwickelt, das sich zur Unterstützung der Potenzialabschätzung und Entscheidung darüber verwenden lässt, ob eine Wiederverwendung von Abwasser sinnvoll ist und diese über hydroponische Systeme oder alternative Nutzungen gehen sollte. Auch erarbeitet HypoWave einen Leitfaden zum Betrieb eines solchen Systems für die siedlungswasserwirtschaftliche und landwirtschaftliche Praxis – um hier nur einige der Produkte zu benennen.

### 2.1.4 Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etoshia-Basins in Namibia (EPoNa)

**Laufzeit:** 01.09.2016 – 31.08.2019

**Koordinator:** **Prof. Dr. Susanne Lackner**, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Abwasserwirtschaft II, Institut IWAR, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: s.lackner@iwar.tu-darmstadt.de

**Webseite:** [www.epona-africa.com](http://www.epona-africa.com)

**Kurzbeschreibung:** An einer Abwasserteichanlage in Outapi in Nordnamibia verfolgt das Projektteam aus Wissenschaft und Praxis eine integrierte Systemlösung und analysiert unterschiedliche Vor- und Nachbehandlungstechnologien für Teichanlagen sowie Bewässerungs- und Pflanzenanbauverfahren. Dafür werden bereits bestehende Anlagen durch eine anaerobe und mechanische Vorbehandlung sowie einen Ablauffilter erweitert, um die Ressource Wasser sowie die Inhaltsstoffe weitgehend wiederverwenden zu können und die Treibhausgasemission der Abwasserbehandlung zu reduzieren. Die Entwicklung steht im Einklang mit den UN-Entwicklungszielen (Sustainable Development Goals – SDG) zur nachhaltigen Wiederverwendung von Wasserressourcen.

**Ziel:** Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Demonstration einer Methodik zur beispielhaften Sanierung, Erweiterung und Ertüchtigung einer Teichanlage durch Kombination mit vor- und nachgeschalteten technischen Maßnahmen hin zu einer Produktionsanlage für Bewässerungswasser. Die ganzjährige Erzeugung von Futtermitteln für die Viehhaltung ist für die Projektregion nicht nur wirtschaftlich, sondern auch soziokulturell von hoher Bedeutung. Des Weiteren können durch adäquate Wasserbehandlung und -wiederverwendung Verunreinigungen bei Überflutungsereignissen verringert, die Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung gesenkt und die Methanemissionen reduziert werden. Dabei gilt es, einen nachhaltigen Betrieb der Abwasserreinigung und Bewässerung durch Aus- und Weiterbildung sowie durch die Etablierung von Managementstrukturen zu sichern. Darüber hinaus wird eine weitere Ergebnisverwertung durch die deutsche Wirtschaft und lokale Betreiber in anderen Städten Namibias als auch weltweit unterstützt.

**Arbeitsschwerpunkte:**

- » Technische Lösungswege
- » Governance und Managementstrukturen
- » Bewässerungslandwirtschaft
- » Gesamtökonomische Betrachtung
- » Sozial-ökologische Folgenabschätzung und Transfer

## ARBEITSPAKETE

<b>Arbeitspaket 1:</b>	<b>Technische Lösungswege: Entwicklung technischer Lösungen für die Produktion von Bewässerungswasser aus kommunalem Abwasser mithilfe existierender Teichanlagen</b>
Ansprechpartner:	<b>Prof. Dr. Susanne Lackner</b> , Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Abwasserwirtschaft II, Institut IWAR, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: s.lackner@iwar.tu-darmstadt.de
Projektpartner:	IEEM gGmbH, Aqseptence Group GmbH, H.P. Gauff Ingenieure GmbH & Co. KG – JBG –
Kurzbeschreibung:	<p>Im ersten Arbeitspaket werden am Beispiel der Teichanlage der Stadt Outapi technische Lösungen für die Produktion von Bewässerungswasser aus kommunalem Abwasser entwickelt, im technischen Maßstab erprobt und die Auswirkung der verschiedenen Maßnahmen bezüglich der Zielerreichung analysiert und nachprüfbar dokumentiert.</p> <p>Das Ziel ist die Entwicklung technischer Lösungen für die Sanierung und Ertüchtigung, Vorbehandlung, Nachbehandlung, Schlammbehandlung, Qualitätssicherung und die Erstellung eines Leitfadens zur Dokumentation der notwendigen Maßnahmen.</p> <p>Arbeitsschwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Entwicklung gangbarer Optionen für die Sanierung und Ertüchtigung der Teiche unter den gegebenen Randbedingungen sowie die Verbesserung derer Leistungsfähigkeit</li> <li>» Entwicklung von Konzepten zur Entnahme, Behandlung, Lagerung und Nutzung des entnommenen Schlammes</li> <li>» Entwicklung von Optionen zur Vorbehandlung durch Feststoffabtrennung bzw. -abbau zur Minderung der Methanemissionen und zur Kapazitätserweiterung der Teiche</li> <li>» Entwicklung von Konzepten zur Nachbehandlung, um die Ablaufqualität zu verbessern</li> <li>» Kontrolle und Sicherung der Ablaufqualitäten</li> </ul>
<hr/>	
<b>Arbeitspaket 2:</b>	<b>Governance und Managementstrukturen: Entwicklung von Managementstrukturen und Organisationsformen für eine nachhaltige Betriebsführung</b>
Ansprechpartner:	<b>Dr.-Ing. Martin Zimmermann</b> , Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: zimmermann@isoe.de
Projektpartner:	TU Darmstadt
Kurzbeschreibung:	Das Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Entwicklung und Festigung von Managementstrukturen für eine nachhaltige Betriebsführung der Wasserbehandlungs- und -wiederverwendungsanlage sowie der landwirtschaftlichen Bewässerungsfläche. Zur Unterstützung des Managementkonzepts werden wesentliche Steuerungsinstrumente erarbeitet und etabliert. Dazu gehören auf Seiten der Stadtverwaltung als Betreiber eine angemessene Budgetierung für das Finanzcontrolling einschließlich eines Tarif- bzw. Gebührenwesens. Für den landwirtschaftlichen Betreiber werden ein Geschäftsplan und eine Marktanalyse erarbeitet. Flankiert werden die Maßnahmen durch den Aufbau einer Kläranlagennachbarschaft. Diese stellt ein überregionales Netzwerk verschiedener Betreiber von Kläranlagen und Abwasserteichen dar. Das Netzwerk soll einen Austausch von Informationen und Erfahrungen bzgl. Fragen des Betriebs und der Wartung sowie Material- und Ersatzteilbeschaffung ermöglichen. Die eingeführten Managementstrukturen und Steuerungsinstrumente werden durch Beratung und Trainings verstetigt.
<hr/>	
<b>Arbeitspaket 3:</b>	<b>Bewässerungslandwirtschaft: Optimierung von Bewässerungstechnik und Kultursystemen für die agrarische Nutzung von Abwasser und Klärschlamm in (semi-)aridem Klima</b>
Ansprechpartner:	<b>Dr. Johannes Max</b> , Hochschule Geisenheim, Von-Lade-Str. 1, D- 65366 Geisenheim, E-Mail: johannes.max@hs-gm.de
Projektpartner:	HS Geisenheim, TU Darmstadt
Kurzbeschreibung:	Die Ziele dieses Teilprojekts sind die Optimierung und ggf. Neuentwicklung von Bewässerungstechnik speziell für die Nutzung von behandeltem Abwasser in (semi-)aridem Klima und die Identifizierung

von Kultursystemen und -verfahren, die hierfür sowie für eine Düngung mit Klärschlämmen am besten geeignet sind. Die Auswirkungen von Abwasser- und Klärschlammnutzung auf Umwelt (Boden und Gewässer) und landwirtschaftliche Produkte (Ertrag, Qualität, hygienische Unbedenklichkeit) werden über die gesamte Projektlaufzeit wissenschaftlich evaluiert. Im Fokus steht dabei eine möglichst optimale Nutzung der Ressourcen bei gleichzeitig möglichst geringer Belastung der Umwelt und der Vermeidung von Risiken für die Humangesundheit. Auf Versuchsflächen vor Ort werden verschiedene Anbau- und Bewässerungssysteme getestet und die Ertragsleistung und Qualität erfasst. Parallel dazu findet ein intensives Monitoring zu Wasserqualität, Bodeneigenschaften und möglichen Belastungen durch Krankheits- und Schaderreger statt.

---

### **Arbeitspaket 4: Gesamtökonomische Betrachtung: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse und mögliche Finanzierungsoptionen**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Dr. h.c. Karl-Ulrich Rudolph, IEEM gGmbH – Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten / Herdecke, Alfred-Herrhausen-Str. 44, 58455 Witten, E-Mail: mail@uni-wh-ieem.de

**Projektpartner:** TU Darmstadt, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, HS Geisenheim

**Kurzbeschreibung:** Die ökonomische Bewertung der Kosten und Nutzen der Lösungsansätze aus AP 1 und AP 2 ist grundlegende Voraussetzung für die nachhaltige Implementierung und kommerzielle Verwertung der Projektergebnisse. Ziel dieses Arbeitspakets ist die vorhabenbegleitende betriebswirtschaftliche Optimierung der Abwasseraufbereitung und Produktion von Bewässerungswasser. Unter Einbeziehung volkswirtschaftlicher Aspekte und eines perspektivischen Finanzierungsmodells wird so eine ökonomisch nachhaltige und effiziente Lösung für die Abwasserbehandlung in Teichen in Schwellen- und Entwicklungsländern erarbeitet.

Basierend auf der betriebswirtschaftlichen Bewertung der technischen Lösungsansätze werden die um Sonderausgaben des Pilotbetriebs bereinigten Kennzahlen einer erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen und die ökonomische Eignung der Investitionen in die Ertüchtigung von Abwasserteichen untersucht. Ergänzend dazu werden bei der volkswirtschaftlichen Bewertung externe Effekte erfasst und soweit möglich bewertet, um die gesamtwirtschaftliche Rentabilität unter Berücksichtigung wohlfahrtsökonomischer Aspekte zu berechnen. Die flankierende Entwicklung eines geeigneten Finanzierungsmodells unter Einbindung von Geberbanken soll Refinanzierungsoptionen für die notwendigen Investitionen aufzeigen.

---

### **Arbeitspaket 5: Sozial-ökologische Folgenabschätzung und Transfer: Analyse und Bewertung von intendierten und nicht-intendierten Effekten auf Natur und Gesellschaft und Transferpotentialanalyse**

**Ansprechpartner:** Dr.-Ing. Martin Zimmermann, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: zimmermann@isoe.de

**Projektpartner:** TU Darmstadt, HS Geisenheim, IEEM gGmbH

**Kurzbeschreibung:** Die geplante Transferstudie beinhaltet sowohl eine sozial-ökologische Folgenabschätzung (Social-Ecological Impact Assessment, SEIA) als auch eine Analyse des Transferpotentials. Ziel der sozial-ökologischen Folgenabschätzung ist die Analyse und Bewertung von intendierten und nicht-intendierten Effekten der geplanten technischen und organisatorischen Maßnahmen auf Natur und Gesellschaft. Daraus sollen Empfehlungen für unterschiedliche Stakeholder wie Entscheidungsträger vor Ort und das Projekt selbst hervorgehen. In der Analyse zum Transferpotential werden Möglichkeiten und Wege der Übertragbarkeit und der Umsetzung des erarbeiteten Konzepts und der Technologien in andere Regionen geprüft und analysiert. Dabei gilt es, Risiken bei der Umsetzung der Maßnahmen zu identifizieren und zu bewerten. Abgesehen davon wird ein Wissenstransfer durch akademische Ausbildungsmaßnahmen und Schulungen angestrebt. Darüber hinaus wird ein praxisbezogenes Anwendermanual mit den Ergebnissen aus den Bereichen Technik, Landwirtschaft, Ökonomie und Governance erstellt.

## 2.2 Themenfeld „Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser“

### 2.2.1 Ressourcen und Energie-Effiziente Wasser-Membranfiltration mittels Dielektrophorese (REMEMBER)

<b>Laufzeit:</b>	01.10.2016 – 30.9.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Daniel Crawford</b> , MARTIN Membrane Systems AG, Friedrichstraße 95, 10117 Berlin, Tel.: +49 30 2096 4400, E-Mail: daniel-crawford@martin-membrane.com
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Die Trinkwasserknappheit spitzt sich aufgrund des zunehmenden Wasserbedarfs bei einer geringer werdenden Verfügbarkeit an reinen Wasserquellen immer mehr zu. Eine mögliche Quelle stellt die Förderung von Grundwasser dar, das jedoch vor der Verwendung als Trink- oder Bewässerungswasser gereinigt werden muss. In diesem Zusammenhang werden vor allem Technologien basierend auf Filtermembranen verwendet. Eine starke Einschränkung dieser Verfahren ist jedoch die Ablagerung der abzutrennenden Stoffe oder Partikel auf der Membranoberfläche. Im fortlaufenden Betrieb bewirken diese Verunreinigungen eine kontinuierliche Verringerung des Wasserflusses durch die Membran.
<b>Ziel:</b>	Ziel des Projektes REMEMBER ist daher die Entwicklung einer neuartigen Dielektrophorese(DEP)-Membran zur Reduzierung der Ablagerungseffekte während des Filterprozesses. Dazu sollen keramische oder polymere Membranoberflächen mittels Printingverfahren mit dünnen Leiterbahnen und Elektroden ausgestattet und anschließend durch einen innovativen Prozess mit einer Titanoxid-Beschichtung als Schutzschicht und Dielektrikum versehen werden. Zur Verbesserung der Membraneigenschaften soll weiterhin eine lokale Behandlung der funktionalisierten Membranoberfläche mittels Laser erfolgen. Alle Verfahren sollen inline unter Atmosphärendruck anwendbar sein, um dadurch kostengünstige Filter mit einer erhöhten Effizienz und Lebensdauer herstellen zu können.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>» Auslegung von Elektrodengeometrien sowie Anpassung an die spezifische Anwendung</li><li>» Erzeugung metallischer Elektroden auf Filtermembranen durch Verdrucken von partikulären, metallischen Pasten mittels Siebdruck</li><li>» Entwicklung eines Beschichtungsverfahrens auf Basis eines atmosphärischen (plasma-gestützten) Gasphasenabscheidungsprozesses für die Erzeugung von TiO<sub>2</sub>-Schichten</li><li>» Eignung einer UV-Laserbehandlung für die lokale Mikrostrukturierung der beschichteten Elektroden, Verdichtung der Beschichtung und Entschichtung auf der Membranoberfläche</li><li>» Membrantest hinsichtlich der Anwendungsbereiche und Geometrien der Filtermodule</li><li>» Festlegung von Spannungs- und Frequenzbereichen für einen optimalen Betriebspunkt</li><li>» Praxisnahe Tests der Filtermodule und -systeme für die Reinigung Oberflächen- und Grundwasser</li></ul>

### ARBEITSPAKETE

#### **Arbeitspaket 1:      Materialspezifikation/-auswahl und DEP-Spezifikation und Simulation**

**Ansprechpartner:**      **Daniel Crawford**, MARTIN Membrane Systems AG (MMS), Friedrichstraße 95, 10117 Berlin, E-Mail: daniel-crawford@martin-membrane.com

**Projektpartner:**      Universität Bremen UFT, Plasmatreat GmbH, Fraunhofer IFAM

**Kurzbeschreibung:**      Anforderungen an die Elektrodengeometrie, Anlagentechnische Aspekte für die Handhabung von Titanhaltigen Beschichtungspräkursoren:

- » Simulation und Spezifizierung der Anforderungen an die DEP-Filtermembranmodule (MMS, UFT)
- » Erarbeitung und Umsetzung eines Konzeptes für die regelungstechnische Handhabung der feuchtesensitiven Precursoren im Plasmasystem (PT)
- » Durchführung erster Tests auf Modellsubstraten zur Abscheidung von TiO<sub>2</sub>-Schichten mittels PE-CVD- bzw. AP-CVD-Prozessen (IFAM)

---

#### **Arbeitspaket 2:      Versuche zur Elektroden- und Beschichtungsapplikation**

**Ansprechpartner:**      **Mike Becker**, nb technologies GmbH (NBT), Fahrenheitstraße 1, 28359 Bremen, E-Mail: becker@nb-technologies.de

**Projektpartner:**      Fraunhofer IFAM, Plasmatreat GmbH, Universität Bremen UFT, MARTIN Membrane Systems AG

**Kurzbeschreibung:**      Elektrodenherzeugung und -beschichtung auf den Membranoberflächen, elektrische Kontaktierung der Elektrodenstrukturen:

- » Grundlagenuntersuchungen zum Siebdruck und Beschichtungsmöglichkeiten (NBT, IFAM)
- » Untersuchungen zur Bedruckbarkeit der Membranoberflächen durch Anpassung der Sieb- und Drucktechnik sowie des Druckprozesses (NBT, IFAM)
- » Untersuchung des entwickelten Precursor-Einspeisesystems für die Erzeugung von TiO<sub>2</sub>-Schichten mittels (plasmainduzierter) chemischer Gasphasenabscheidungsprozesse bei Atmosphärendruck (IFAM, PT)
- » Ortselektive Abscheidung von TiO<sub>2</sub>-Schichten durch Verwendung von Masken oder einem nachträglichen Laserstripping mittels UV-Excimer-Laser (IFAM)
- » Entwicklung einer geeigneten elektrischen Kontaktierung der Beschichtung zur Spannungsversorgung (UFT, MMS)

---

#### **Arbeitspaket 3:      Analyse der Elektroden und Beschichtung**

**Ansprechpartner:**      **Dr. Michael Baune**, Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT), Leobener Straße, 28359 Bremen, E-Mail: mbaune@uni-bremen.de

**Projektpartner:**      Fraunhofer IFAM, nb technologies GmbH, Plasmatreat GmbH

**Kurzbeschreibung:**      Charakterisierung der Elektrodenstrukturen und -beschichtungen:

- » Charakterisierung der gedruckten Elektroden und Beschichtungen (analytisch und funktionstechnisch) (UFT, IFAM)
- » Anpassung und Optimierung der Metallfolienträger für Siebdruckverfahren (NBT)
- » Untersuchung von strömungsadaptierten Düsengeometrien zur Erhöhung der Ortsselektivität des Beschichtungsprozesses (PT, IFAM)
- » Untersuchungen zur Reduzierung von Defektdichten in den TiO<sub>2</sub>-Schichten durch Erforschung der Gasphasen-Reaktionsdynamik (IFAM)

**Arbeitspaket 4: Aufbau von Labormustern DEP-Membran-Filter**

- Ansprechpartner:** **Mike Becker**, nb technologies GmbH (NBT), Fahrenheitstraße 1, 28359 Bremen, E-Mail: becker@nb-technologies.de
- Projektpartner:** Fraunhofer IFAM, Plasmatrete GmbH, Universität Bremen UFT, MARTIN Membrane Systems AG, Weser Umwelttechnik
- Kurzbeschreibung:** Charakterisierung des Alterungs- und Foulingverhaltens der beschichteten Elektroden, Herstellung und Charakterisierung der Eigenschaften von DEP-funktionalisierten Membranen:
- » Herstellung von Elektrodenstrukturen mit adaptierten Dimensionen durch verbesserte Siebe (NBT, IFAM)
  - » Weiterentwicklung der Beschichtungsparameter hinsichtlich der dielektrischen Eigenschaften der TiO<sub>2</sub>-Schichten (IFAM, PT, UFT)
  - » Analysen zum Alterungs- und Fouling-Verhalten der TiO<sub>2</sub>-Schichten unter vereinfachten Prüfbedingungen (UFT, IFAM)
  - » Aufbau einer Laboranlage zur Untersuchung des Filtrationsverhaltens in Abhängigkeit der Betriebsparameter (UFT, MMS, WUT)
  - » Fertigung von Testmodulen für die Laboruntersuchungen (MMS)
- 

**Arbeitspaket 5: Optimierung der Elektroden und Beschichtungsprozesse**

- Ansprechpartner:** **Dr. Michael Baune**, Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT), Leobener Straße, 28359 Bremen, E-Mail: mbaune@uni-bremen.de
- Projektpartner:** MARTIN Membrane Systems AG, Weser Umwelttechnik, nb technologies GmbH, Fraunhofer IFAM, Plasmatrete GmbH
- Kurzbeschreibung:** Optimierung der einzelnen Prozessschritte:
- » Modellierung und Optimierung des Gesamtsystems (UFT, MMS, WUT)
  - » Optimierung der Druckprozesse durch Anpassung der drucktechnischen Parameter (NBT, IFAM)
  - » Erhöhung des Precursor-Umsatzes für den PE-CVD- bzw. AP-CVD-Prozess durch Anpassung der Precursor-Einspeisegeometrie/Vermeidung von parasitären Wand- und Gasphasen TiO<sub>2</sub>-Partikel-Prozessen (PT, IFAM)
- 

**Arbeitspaket 6: Auslegung und Realisierung einer Testanlage (1 m<sup>3</sup>/d)**

- Ansprechpartner:** **Mike Becker**, nb technologies GmbH (NBT), Fahrenheitstraße 1, 28359 Bremen, E-Mail: becker@nb-technologies.de
- Projektpartner:** Fraunhofer IFAM, Plasmatrete GmbH, Universität Bremen UFT, MARTIN Membrane Systems AG, Weser Umwelttechnik
- Kurzbeschreibung:** Testphase unter anwendungsrelevanten Bedingungen:
- » Herstellung von gedruckten Elektroden für Filtermodule mittels optimierter Siebe und Drucktechnik (NBT, IFAM)
  - » Anwendung der optimierten Beschichtungsparameter für dielektrische Schichten auf den gedruckten Elektroden (PT, IFAM)
  - » Umsetzung der optimalen Strukturen und Betriebsparameter – Aufbau und Betrieb einer Testanlage (UFT, MMS, WUT)
-

### 2.2.2 Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Entionisierung am Beispiel Vietnam (WaKap)

<b>Laufzeit:</b>	01.09.2016 – 30.08.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Prof. Dr. Jan Hoinkis</b> , Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Institut für Angewandte Forschung (IAF), Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de
<b>Webseite:</b>	<a href="http://www.hs-karlsruhe.de/hochschule/aktuelles/presse/energieeffizientes-verfahren-zur-trinkwassergewinnung-in-vietnam.html">www.hs-karlsruhe.de/hochschule/aktuelles/presse/energieeffizientes-verfahren-zur-trinkwassergewinnung-in-vietnam.html</a>
<b>Kurzbeschreibung:</b>	<p>Bis vor wenigen Jahren galten viele Länder in Südostasien wie beispielsweise Myanmar, Kambodscha und Vietnam als Länder ohne signifikante Wasserprobleme. Die Wasserversorgung dieser Länder ist jedoch durch stark ansteigende Bevölkerungszahlen und den Klimawandel bedroht.</p> <p>Durch das Eindringen von Meerwasser in viele küstennahe Regionen, weist das Grundwasser dort einen hohen Salzgehalt auf. Bis 2050 wird der Meeresspiegel noch deutlich ansteigen, was die weitere Versalzung des Grundwassers insbesondere während der Trockenzeiten beschleunigt. Zudem weisen viele Grundwasserquellen in Vietnam hohe Arsen-Konzentrationen auf – eine sehr giftige Substanz, die in Vietnam und vielen anderen asiatischen Ländern aus dem natürlichen Sedimentgestein ausgewaschen wird. Dies hat eine starke Auswirkung auf die Gesundheit der Bevölkerung. Weiterhin spielten und spielen für die wirtschaftliche Entwicklung Vietnams Wasserressourcen eine wichtige Rolle und werden als bedeutender Faktor in der sozioökonomischen Entwicklung des Landes betrachtet.</p> <p>Zur Entwicklung innovativer Lösungen startete im September 2016 das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt WaKap.</p> <p>Da die Verhältnisse in Vietnam für viele Länder in Südostasien als repräsentativ angesehen werden können, wird das Projekt am Beispiel Vietnam durchgeführt.</p>
<b>Ziel:</b>	Das Ziel dabei ist die Entwicklung eines innovativen modularen Systems zur Entsalzung von Grund-, Meer- und Brackwasser sowie der Aufbau einer Pilotanlage in Vietnam.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	Durch die Kombination von Kapazitiver Entionisierung (Capacitive Deionisation, CDI) und Umkehrosmose (UO) soll im Vergleich zu bestehenden Entsalzungsverfahren der Energieverbrauch deutlich reduziert und die Trinkwasserausbeute erhöht werden. Für arsenhaltiges Grundwasser ist zuvor eine In-situ-Behandlung auf Basis einer unterirdischen Enteisung und Entmanganung vorgesehen, um die für die CDI-Behandlung problematischen Stoffe weitestgehend zu entfernen.

## ARBEITSPAKETE

### Arbeitspaket 1: Laborversuche mit Modellwasser

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. Jan Hoinkis, Edgardo Canas-Kurz M.Sc, Ulrich Hellriegel M.Sc, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de

**Kurzbeschreibung:** Pilotversuche zum Kombinationsprozess CDI und UO: In der Hochschule Karlsruhe werden Versuche an einer bestehenden CDI- und UO-Anlage zunächst einzeln danach kombiniert durchgeführt. Hierbei sollen optimale Randbedingungen und Funktionsparameter experimentell ermittelt werden. Für die Versuche werden hauptsächlich salzhaltige Modellwässer benutzt. Die CDI-Anlage wird weiterhin auf die Fähigkeit der Arsenentfernung aus Grundwasser getestet.

---

### Arbeitspaket 2: Computerbasierte Systemanalyse

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. Jan Hoinkis, Edgardo Canas-Kurz M.Sc, Ulrich Hellriegel M.Sc, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de

**Kurzbeschreibung:** Eine computerbasierte Systemanalyse wird an der Hochschule Karlsruhe durchgeführt. Mit Hilfe eines Simulationsprogramms werden die physikalischen Vorgänge innerhalb des CDI- beziehungsweise UO-Moduls modelliert. Im Abgleich mit den praktischen Versuchen im Labor (AP1) können die Ergebnisse evaluiert werden. Anschließend kann der Kombinationsprozess (CDI + UO) simuliert werden. Diese Modellierungen sind wichtig für die Optimierung der Energieeffizienz des Gesamtsystems der Wasseraufbereitung (AP3) sowie für die Planung der Pilotversuche in Vietnam (AP6).

---

### Arbeitspaket 3: Konzept für regenerative Energieversorgung

**Ansprechpartner:** Dr. Simone Steinhilber, Inga Boie, Dipl.-Geoökologin, Fraunhofer ISI, Breslauer Straße 48, 76137 Karlsruhe, E-Mail: simone.steinhilber@isi.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Für die Entwicklung eines Konzeptes zur autarken Versorgung der Prozesse werden folgende Schritte vorgenommen:

1. Schritt: Identifizierung der Anforderungsparameter für die Energieversorgung unter Berücksichtigung von u.a. der regional abhängigen Verfügbarkeit von regenerativen Energiequellen, Skalierungsmöglichkeiten der Entsalzungsanlagen und Möglichkeiten der Energiespeicherung. Bewertung marktüblicher und innovativer Technologien in Form eines Technologieradars.
2. Schritt: Ableitung eines integralen Konzeptes zur autarken Energieversorgung der Anlagen mittels regenerativer Energie (PV, PV+TEG und Windrad). Hierbei wird eine Studie, basierend auf den meteorologischen Wetterdaten für die Sonneneinstrahlung sowie Windverhältnissen in Vietnam, durchgeführt.

Die Ergebnisse werden innerhalb der Pilotversuche in Vietnam sowohl an der Küste, wie auch im Landesinneren umgesetzt und überprüft.

3. Schritt: Aus dem resultierenden Erkenntnisgewinn über die Umsetzbarkeit und Praktikabilität der Systeme, werden gegebenenfalls notwendige Anpassungen des Konzeptes sowie Vorschläge zu begleitenden Maßnahmen entwickelt.
-

### **Arbeitspaket 4: Pilotierung in Vietnam (Meer- und Grundwasser)**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. Jan Hoinkis, Edgardo Canas-Kurz M.Sc, Ulrich Hellriegel M.Sc, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de

**Projektpartner:** Winkelkemper GmbH, Karl Spiegl GmbH & Co. KG

**Kurzbeschreibung:** Die Ergebnisse der anderen Arbeitspakete dienen als Basis zur Planung und Durchführung von Pilotversuchen vor Ort in Vietnam. Die Pilotierung umfasst zum einen die Durchführung von Experimenten zur systematischen Untersuchung der Energieausbeute mittels einer kombinierten Versuchsanlage, welche ein konventionelles Photovoltaik(PV)-System, ein PV + thermoelektrischer Generator (TEG) System sowie ein Windrad umfasst. Die Pilotierung soll an zwei Standorten durchgeführt werden (im Landesinneren und an der Küste). Des Weiteren wird innerhalb von Pilotversuchen der CDI/UO Kombinationsprozess in Vietnam mit Meerwasser und eine In-situ Behandlung von Fe/As-haltigem Grundwasser als Vorbehandlung pilotiert und mit dem CDI Prozess verknüpft.

---

### **Arbeitspaket 5: Entwicklung einer Bewertungsmethodik**

**Ansprechpartner:** Dr.-Ing. Felix Tettenborn, Dr. Frank Marscheider-Weidemann, Fraunhofer ISI, Breslauer Straße 48, 76137 Karlsruhe, E-Mail: felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Ausarbeitung einer angepassten Methodik zur Nachhaltigkeitsbewertung der Einzelprozesse und des Gesamtsystems unter Berücksichtigung von relevanten Kriterien zur Ökologie, Ökonomie und zu sozialen/gesellschaftlichen Aspekten:

- » Identifikation relevanter Randbedingungen
- » Darstellung der Sinn- und Vorteilhaftigkeit des Ansatzes
- » Ermittlung der Grenzen der Einsetzbarkeit
- » Abschätzung möglicher Auswirkungen

Neben der Bewertung der untersuchten Technologie soll mit der Methodik ein Beitrag geleistet werden zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anwendungsfälle und Regionen im Sinne einer breiten Umsetzung sowie zur Unterstützung der Markteinführung.

---

### **Arbeitspaket 6: Gesamthafte Nachhaltigkeitsbewertung**

**Ansprechpartner:** Dr.-Ing. Felix Tettenborn, Dr. Frank Marscheider-Weidemann, Fraunhofer ISI, Breslauer Straße 48, 76137 Karlsruhe, E-Mail: felix.tettenborn@isi.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** In diesem Arbeitspaket wird die Bewertungsmethodik auf den Anwendungsfall angewandt, gegebenenfalls angepasst und die Methodik korrigiert. Abschließend folgt die Anwendung und Dokumentation der für eine Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle notwendigen Schritte.

Aufbauend auf den zusammengetragenen Informationen aus den anderen Arbeitspaketen bezüglich anlagenspezifischer Parameter und externer Randbedingungen sowie nach der zusätzlichen Datenerfassung externer Einflussfaktoren, Dateninterpretation und Schließen von Datenlücken, folgt die Bewertung:

- » des Kombinationsprozesses CDI und UO zur Meerwasserentsalzung
  - » des CDI Prozesses zur Behandlung von salinem Grund-/Brackwasser
  - » des CDI Prozesses zur Behandlung von Fe/As-haltigem Grundwasser
  - » des Gesamtansatzes der autarken Wasserentsalzung anhand eines ausgewählten Pilotstandortes
-

**Arbeitspaket 7: Projektmanagement**

**Ansprechpartner:** **Prof. Dr. Jan Hoinkis**, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de

**Kurzbeschreibung:** Das gesamte wissenschaftliche und administrative Projektmanagement wird hauptverantwortlich vom Verbundkoordinator, der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, unter der Leitung von Prof. Jan Hoinkis, durchgeführt. Darunter fallen das gesamte organisatorische und finanzielle Management des Projekts sowie das Organisieren zweier Workshops, einer internationalen Konferenz und wissenschaftliche Publikationen.

## 2.3 Themenfeld „Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser“

### 2.3.1 Entwicklung eines ressourceneffizienten Wassermanagement- und Anlagenkonzepts für Vorbehandlungs- und Tauchlackieranlagen unter Nutzung der Elektroimpulstechnologie zur Dekontamination von industriellen Wässern und Lacken (DiWaL)

<b>Laufzeit:</b>	01.11.2016 – 30.10.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Dr.-Ing. Wolfgang Frey</b> , Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Hochleistungs-impuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), Tel.: +49 721 608-22453, E-Mail: wolfgang.frey@kit.edu
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Im Projekt DiWaL soll ein ressourceneffizientes Wassermanagement- und Anlagenkonzept für die Oberflächenvorbehandlung (VBH) und die elektrophoretische Tauchlackierung (ETL) unter Nutzung der Elektroimpulsbehandlung (EIB) entwickelt werden.
<b>Ziel:</b>	Ziel ist es, die mikrobielle Belastung der verschiedenen Prozessflüssigkeiten zu unterbinden. Es soll eine verbesserte Kreislaufführung mit verringertem Frischwasserbedarf erreicht werden, die zur Schonung von Wasserressourcen und weniger Abwasseranfall beiträgt. Weiterhin wird der Eintrag von Bioziden ins Abwasser vermieden und so ein Beitrag zum Gewässerschutz erreicht. Aufgrund der rein physikalischen Wirkungsweise/Schädigung am Mikroorganismus ist die Entwicklung von Resistenzen gegenüber der EIB, anders als bei Bioziden, nicht zu erwarten. Mit einer effizienten Kontrolle der mikrobiologischen Belastung können eine optimale Beschichtungsqualität aufrechterhalten, Nacharbeit vermieden, weniger Lackmaterial verwendet, die Ressourceneffizienz erhöht und Betriebskosten reduziert werden.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	<p>Kern des Konzepts ist ein Entkeimungsverfahren auf Basis der Elektroimpulstechnologie. Dieses wird im Projekt durch die Einführung von wartungsfreien und bedienerfreundlichen, halbleiterschalteten Impulsgeneratoren auf eine neue technische Grundlage gestellt. Die Elektroimpulsbehandlung wird in ein neu zu entwickelndes Wassermanagement- und Anlagenkonzept für die Vorbehandlung und Tauchlackierung integriert. Dabei werden relevante Stakeholder frühzeitig eingebunden, Nutzeranforderungen und Anwendungshemmnisse unter Berücksichtigung der Aspekte Markt – Anwender – Technik – Umwelt analysiert und in Konzeptentwicklung und technische Entwicklungsarbeiten eingebracht. Weiterhin wird eine Innovations- und Nachhaltigkeitsanalyse durchgeführt, um die ökonomischen und ökologischen Leitplanken für die Projektarbeiten zu bestimmen und Wassermanagement- und Anlagenkonzept in Bezug auf die Ressourceneffizienz zu optimieren.</p> <p>Der Fokus des Projekts liegt dabei primär auf der Oberflächenbehandlung für die Automobilindustrie (kathodische Tauchlackierung – KTL). Weiterhin wird die Anwendung für die allgemeine Industrie (Lackierung anderer Industriegüter mit anodischer Tauchlackierung – ATL) untersucht. Dabei werden technische, wirtschaftliche und ökologische Rahmenbedingungen und Anforderungen betrachtet.</p>

## ARBEITSPAKETE

### Arbeitspaket 1: Projektmanagement und Verbundkoordination (KIT)

- Ansprechpartner:** **Dr.-Ing. Wolfgang Frey**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), Campus Nord, Bau 421, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: wolfgang.frey@kit.edu
- Kurzbeschreibung:** Ziel des AP ist die Koordination und Abstimmung der Arbeiten für eine zielgerichtete Vorgehensweise im Projekt.
- » Inhaltliche und zeitliche Abstimmung und Koordination von Projektarbeiten, des Informationsflusses unter den Partnern und mit dem Projektträger
  - » Aufbau und Pflege einer gemeinsamen Filesharing-Plattform
  - » Projekttreffen vorbereiten und organisieren, Meilensteine überprüfen, Koordination und Leitung des Berichtswesens, Terminverfolgung

### Arbeitspaket 2: Feststellung der Prozessbedingungen und Impulsparameter für die EIB von ET-Lack + Spülwässern

- Ansprechpartner:** **Dr.-Ing. Wolfgang Frey**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), Campus Nord, Bau 421, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: wolfgang.frey@kit.edu
- Projektpartner:** Eisenmann SE, Emil Frei GmbH & Co. KG, PPG Deutschland Business Support GmbH
- Kurzbeschreibung:** Ziel des AP ist die Identifikation des Prozessparameterfensters zur EIB von ETL und Spülwässern ohne prinzipielle Verfahrenseinschränkungen; Impulsparameterbereich und Medienführung für einen prozesssicheren EIB-Betrieb sind festgelegt.

Das Arbeitspaket ist in mehrere Tasks eingeteilt. Im ersten Task „Prozesssicherer Betrieb der Elektroimpulsbehandlung von ET-Lack (KIT, FL, PPG)“ werden die wichtigsten Einflussparameter der EIB-Prozessführung von ET-Lack untersucht. Behandelte Lackproben werden nachfolgend über die Lackierqualität beurteilt. Im zweiten Task „Optimierte Flüssigkeitsförderung (EN, KIT)“ wird ein Labormodell für Versuche zur effektiven Flüssigkeitsförderung hergestellt. Für ein Verständnis der maßgeblichen Einflussparameter der Wechselwirkung zwischen ET-Lack und Elektroden im gepulsten elektrischen Feld werden im dritten Task die „Grundlagen der Lackwechselwirkungen (PPG, KIT)“ erarbeitet. Darauf aufbauend werden „verfeinerte Betriebsvarianten (KIT, FL, PPG)“ erprobt und bewertet. Im letzten Task „Innovative Konzepte für Behandlungszellen (KIT, EN, PPG)“ werden alternative Behandlungszellenansätze zur Verfahrensverbesserung verfolgt.

### Arbeitspaket 3: Ermittlung der Verkeimungslage in Anlagen der industriellen ET-Lackierung

- Ansprechpartner:** **Dr. Markus Jeschke**, BMW Group, Werk Leipzig, 04349 Leipzig, E-Mail: Markus.Jeschke@bmw.de
- Projektpartner:** Emil Frei GmbH & Co. KG (FL)
- Kurzbeschreibung:** Dieses AP dient der Feststellung der Keimzusammensetzung und -häufigkeit an verschiedenen Orten im Gesamtprozess von ATL- und KTL-Anlagen in Abhängigkeit der zeitlichen Entwicklung und in Abhängigkeit von sonstigen keimreduzierenden Maßnahmen im industriellen Beschichtungsbetrieb.
- Das AP ist in zwei Tasks unterteilt:
- » Ermittlung des Keimspektrums in einer repräsentativen Anlage in der Automobilserienlackierung (KTL) und in einer AT-Lackieranlage (ATL) (BMW, FL)
  - » Langzeitentwicklung der Verkeimung in der Automobilserienlackierung (BMW), Identifikation von Rekontaminationsquellen

### **Arbeitspaket 4: Bestimmung der Impulsparameter und des spezifischen Energiebedarfs zur Keimabtötung mittels EIB**

**Ansprechpartner:** **Dr. Christian Gusbeth**, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: christian.gusbeth@kit.edu

**Projektpartner:** Emil Frei GmbH & Co. KG, BMW Group

**Kurzbeschreibung:** Die Untersuchungen des KIT-IFG zusammen mit den Partnern des KIT-IHM sollen klären, inwieweit sich (1) nicht-kultivierbare aber lebende Bakterien in den wasserlöslichen Lacken und Spülwässern vor und nach Behandlung befinden und (2) welchen Einfluss dabei Biofilme (sessile Populationen) auf die planktonischen Populationen haben. Die Zusammensetzung der natürlichen Population in genannten Bereichen könnte bedeuten, dass sich Keime durchsetzen oder persistieren, die bei den Prozessen unter bestimmten Bedingungen zu den beschriebenen unerwünschten Schadensfällen führen.

Das AP ist in drei Tasks unterteilt:

- » Etablierung von Extraktionsprotokollen für Gesamt-DNA aus planktonischen und Biofilm-Populationen und Herstellung von Medien mit repräsentativer Verkeimung (Modellmedien) (KIT, FL, PPG)
- » Molekularbiologische (DNA-basierte) Ermittlung der Inaktivierungsleistung in Abhängigkeit von impulstechnischen und medienspezifischen Parametern (KIT)
- » Molekularbiologische (DNA-basierte) Identifizierung der Bakterien nach EIB (KIT)

Im ersten Task dieses APs werden zunächst repräsentativ verkeimte Modellmedien von ATL, KTL und Spülwässern erstellt, die im zweiten Task zur Bestimmung der Impulsparameter und der erforderlichen Behandlungsenergie eingesetzt werden.

---

### **Arbeitspaket 5: Entwicklung von universellen 1kV-Generatormodulen zum Aufbau eines halbleiterschalteten Impulsgenerators**

**Ansprechpartner:** **Dr. Martin Sack**, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: martin.sack@kit.edu

**Kurzbeschreibung:** Ziel des APs ist das Design, Aufbau und Fertigung von 30 serienschaltbaren 1 kV-Generatormodulen mit IGBT Halbleiterschaltern. Auslegungsdaten eines Moduls: Impulsamplitude: 1 kV, Impulsstrom nominal 600 A, Impulsanstiegszeit im Sub-Mikrosekundenbereich, angestrebter Impulsdauer Bereich bis 10µs, Impulsform: unipolar rechteckförmig oder symmetrisch bipolar. Galvanisch isolierte Ansteuerung. Serienschaltung der Module zu einem 30 kV Impulsgenerator. Design der Generatorsteuerung und Sicherheitseinrichtungen. Aufbau eines Teststands und Test des Generators auf Nennleistungsfestigkeit.

---

### **Arbeitspaket 6: Analyse Nutzeranforderungen und Anwendungshemmnisse**

**Ansprechpartner:** **Herr Prof. Dr. Claus Lang-Koetz**, Hochschule Pforzheim-Gestaltung, Technik, Wirtschaft und Recht, Institut für Industrial Ecology INEC, Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim, E-Mail: claus.lang-koetz@hs-pforzheim.de.

**Projektpartner:** alle Projektpartner

**Kurzbeschreibung:** Ziel des APs ist die strukturierte Aufnahme und Abstimmung von Anforderungen an das Verfahren unter Berücksichtigung der Aspekte Markt - Anwender – Technik – Umwelt.

Das AP ist in zwei Tasks unterteilt:

- » Stakeholder-Analyse
- » Anforderungsanalyse

Im ersten Task werden die unterschiedlichen Stakeholder ermittelt und ihre grundsätzlichen Interessen dargestellt. Dies dient insbesondere als Grundlage für die Aufnahme von Anforderungen (zweiten Task). Im zweiten Task werden Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren zur Entkeimung auf Basis der EIB herausgearbeitet.

**Arbeitspaket 7: Entwicklung + Bau Demonstrationsanlage**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Georg Fröhlich</b> , Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG (EN), Corporate Engineering and R&D, Research & Development, 71032 Böblingen, E-Mail: georg.froehlich@eisenmann.com
<b>Projektpartner:</b>	Karlsruher Institut für Technologie
<b>Kurzbeschreibung:</b>	<p>Ziel des AP ist die Entwicklung einer Push-Button Anlage zur EIB von ET-Lacken und Spülwässern mit einfacher Bediener- und Wartungsstrategie. Die Arbeiten zur Erstellung der Demoanlage wurden in zwei Tasks organisiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Entwicklung und Bau der Demo-Anlage (Schnittstellen, Steuerung, Design, Konstruktion) (EN, KIT)</li> <li>» Entwicklung und Bau der Demo-Anlage (Behandlungszelle, Generatoreinbau und Inbetriebnahme, Leistungstest) (EN, KIT)</li> </ul> <p>Im ersten Teil werden die baulichen Maßnahmen zur Erstellung der Demoanlage getroffen, bis auf die Fertigung der Behandlungszelle und den Einbau des Generators, was im zweiten Teil erfolgt.</p>

**Arbeitspaket 8: Praxistests und Optimierung: Erster Test an ATL im Technikum von FL**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Andreas Segin</b> , Emil Frei GmbH & Co. KG (FL), Entwicklung Elektrotacklacke, Am Bahnhof 6, 78199 Bräunlingen, E-Mail: a.segin@freilacke.de
<b>Projektpartner:</b>	Emil Frei GmbH & Co. KG, Karlsruher Institut für Technologie, Eisenmann SE (EN)
<b>Kurzbeschreibung:</b>	<p>Ziel des AP ist die Demonstration der Keimabtötungsleistung der Demoanlage im Lackierprozess (anodische Tauchlackierung, ATL) und Identifikation der Behandlungsstrategie mit wirkungsvollster Keimreduktion im Gesamtprozess bei geringstem Energieeinsatz.</p>

**Arbeitspaket 9: Erarbeitung innovatives Wassermanagement für die Vorbehandlung und Tauchlackierung**

<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Georg Fröhlich</b> , Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG (EN), Corporate Engineering and R&D, Research & Development, 71032 Böblingen, E-Mail: georg.froehlich@eisenmann.com
<b>Projektpartner:</b>	alle Projektpartner
<b>Kurzbeschreibung:</b>	<p>Ziel des APs ist die Entwicklung von Anlagen- und Verfahrenstechniken für innovatives Wassermanagement in der VBH/ETL mit reduzierten Betriebskosten und verbesserter Kreislaufführung.</p> <p>Das AP ist in zehn Tasks unterteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» Definition typischer VBH- und ETL-Anlagen (EN, BMW, PPG)</li> <li>» Evaluierung von Anlagen- und Betriebsdaten an bestehenden VHB/ETL-Anlagen (EN, KIT, BMW, PPG, INEC)</li> <li>» Aufbau eines Versuchstandes zur experimentellen Verfahrensentwicklung von Behandlungs-, Spül- und Aufbereitungsprozessen im Labormaßstab (EN)</li> <li>» Konzeptentwurf zur Einsparung von Wasser und zur Technologieeinbindung in VBH/ETL-Anlagen (EN, KIT, BMW, PPG)</li> <li>» Experimentelle Untersuchungen zur VBH/ETL im Labor (EN)</li> <li>» Verfahrensentwicklung (EN, KIT, BMW)</li> <li>» Verfahrenstechnische Detailauslegung und -konstruktion (EN)</li> <li>» Mathematische Modellierung und Simulation (EN, KIT)</li> <li>» Konstruktion und Bau einer Anlage im Technikumsmaßstab (EN)</li> </ul>

### **Arbeitspaket 10: Integrierte Innovations- und Nachhaltigkeitsanalyse**

- Ansprechpartner:** **Prof. Dr. Claus Lang-Koetz**, Hochschule Pforzheim-Gestaltung, Technik, Wirtschaft und Recht, Institut für Industrial Ecology INEC, Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim, E-Mail: claus.lang-koetz@hs-pforzheim.de.
- Projektpartner:** alle Projektpartner
- Kurzbeschreibung:** Ziel des APs ist die Bestimmung der ökonomischen und ökologischen Leitplanken für die Projektarbeiten und Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen in Bezug auf die Ressourceneffizienz des Wassermanagement- und Anlagenkonzepts.
- Das AP ist in sechs Tasks unterteilt:
- » Aufstellen von Energie- und Stoffflussmodellen (konventionelle Anlage u. Anlage mit EIB)
  - » Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens
  - » Detaillierte Fachanalyse zu Bioziden
  - » Detailbewertung der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit
  - » Optimierung der Anlage mit EIB im Hinblick auf die ressourceneffizienteste Betriebsweise
  - » Erarbeitung einer gemeinsamen Technologie-Roadmap für das EIB-Verfahren
- 

### **Arbeitspaket 11: Validierung Automobillackierung**

- Ansprechpartner:** **Georg Fröhlich**, Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG (EN), Corporate Engineering and R&D, Research & Development, 71032 Böblingen, E-Mail: georg.froehlich@eisenmann.com
- Projektpartner:** PPG Deutschland Business Support GmbH, BMW Group, Karlsruher Institut für Technologie
- Kurzbeschreibung:** Ziel des AP ist die Validierung des Verfahrens für die VBH und für KT-Lack an der Becken- bzw. Spülkaskade im Technikum von EN unter modellgültigen Bedingungen der Automobilindustrie.
- Im ersten Task wird die Vorbereitung des Einbaus der Demoanlage und Festlegung der Vorgehensweise für eine aussagekräftige Validierung festgelegt. Im zweiten Task sollen die unter AP 9 theoretisch untersuchten Behandlungsstrategien unter modellgültigen Bedingungen überprüft werden.
- Das AP ist in zwei Tasks unterteilt:
- » Umbau der Technikumsanlage zur Einbindung der Demoanlage und Festlegung der Vorgehensweise zur Validierung (EN, KIT, BMW, PPG)
  - » Validierung des Einsatzes der EIB für die Automobillackierung (EN, BMW, PPG, KIT)
- 

### **Arbeitspaket 12: Dokumentation und Ergebnisverwertung**

- Ansprechpartner:** **Dr.-Ing. Wolfgang Frey**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnologie (IHM), Campus Nord, Bau 421, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: wolfgang.frey@kit.edu
- Projektpartner:** alle Projektpartner
- Kurzbeschreibung:** Ziel des AP ist die Dokumentation der Ergebnisse, Transfer der Ergebnisse in Industrie u. Wissenschaft
- » Konferenzbeiträge/Wiss. Veröffentlichungen, Fachvorträge, Anmeldung von Schutzrechten, Messexistand, Kundenpräsentationen
  - » Durchführung eines Workshops zur Initiierung des Stakeholder-Dialogs: Vorstellung der wichtigsten Projektergebnisse für relevante Akteure aus dem wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Umfeld des Projektes, aber auch für Akteure außerhalb von Wissenschaft und Technik (vgl. auch AP6). Es wird aktiv das Feedback der Stakeholder eingeholt, um es in die Projektarbeiten einbringen zu können.
-

### 2.3.2 Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung (HighCon)

<b>Laufzeit:</b>	01.09.2016 – 31.08.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen</b> , Technische Universität Berlin, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik, Sekr. KF 2, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de
<b>Webseite:</b>	<a href="http://www.highcon.de">www.highcon.de</a>
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Um die Konzentrate wiederverwenden zu können, bedarf es innovativer systemtechnischer Lösungsansätze, bei denen verschiedenste Aufbereitungsverfahren, aber auch Vermeidungs- oder Substitutionsmaßnahmen zusammenwirken müssen.
<b>Ziel:</b>	Basierend auf den Anforderungen ausgewählter Industriebranchen werden innovative Technologien wie die Membrandestillation, selektive Niedertemperatur-Destillation-Kristallisation und die monoselektive Elektrodialyse weiterentwickelt und an spezifische Anwendungen angepasst.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	Die Arbeitsschwerpunkte liegen dabei zunächst in der Analyse und Charakterisierung der Anforderungen für unterschiedliche industrielle Sektoren sowie umfangreichen Laborversuchen mit synthetischen und realen Abwässern und deren Übertragung auf den Technikumsmaßstab. Anschließend erfolgt im Rahmen von Referenzprojekten die Demonstration an Standorten der Clariant Produkte (Deutschland) GmbH, der DEK Deutsche Extrakt Kaffee GmbH und der MEWA Textil-Service AG & Co. Groß Kienitz OHG. Ein Simulationswerkzeug soll die komplexen Zusammenhänge von den Rohwasserströmen bis zur Konzentratverwertung abbilden und damit erstmalig die Wasserwiederverwendung ganzheitlich optimieren. Die Marktanalyse in Verbindung mit der Nachhaltigkeitsanalyse (LCA) sichern eine optimale wirtschaftliche Umsetzung, die in die Vorbereitung eines Spin-Off-Unternehmens münden soll.

### ARBEITSPAKETE

#### **Arbeitspaket 0: Projektkoordination und -management**

- Ansprechpartner:** **Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen**, Technische Universität Berlin, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik, Sekr. KF 2, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de
- Projektpartner:** DECHEMA e.V., Fraunhofer ISE, DVGW-Forschungsstelle KIT, WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH, Terrawater GmbH, DEUKUM GmbH
- Kurzbeschreibung:** Ziel des Arbeitspakets ist es, mit einer weitgehenden Entlastung der Partner von fachfremden Aufgaben eine effektive und effiziente Ergebnisproduktion zu gewährleisten. Zudem soll dem Begleitprojekt der Fördermaßnahme zugearbeitet werden. Die Aufgaben umfassen die Einrichtung und Pflege einer gemeinsamen softwaregestützten Arbeitsplattform, die Initiierung eines Konsortialvertrages und die Einbindung des Projektbegleitenden Ausschusses. Des Weiteren umfasst AP0 die Organisation von Verbundtreffen sowie das Berichtswesen an das BMBF.
- 

#### **Arbeitspaket 1: Applikationen, Prozessanalyse, Verwertungswege**

- Ansprechpartner:** **Alexander Frey**, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, D-60486 Frankfurt a.M., Germany, E-Mail: afrey@dechema.de
- Projektpartner:** TU Berlin, Fraunhofer ISE, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH
- Kurzbeschreibung:** Ziel des AP1 ist die Analyse und Charakterisierung der Anforderungen aus unterschiedlichen industriellen Sektoren an die Entwicklung von innovativen, mehrstufigen und selektiven Prozessen zur Wiederverwendung von industriellem Abwasser bis hin zur Verwertung der Konzentratinhaltsstoffe. Die dabei zu ermittelnden Spezifikationen bilden die Grundlage für die weiteren Arbeitspakete im Projekt.
- Arbeitsschwerpunkte liegen dabei in der Identifizierung relevanter Industriebranchen und Anwendungsfelder. Unter Berücksichtigung des einzuhaltenden Rechtsrahmens sollen die Spezifikationen für diese erarbeitet werden. Anschließend erfolgt eine technische, betriebswirtschaftliche und ökologische Detailanalyse der ermittelten Industriezweige. Ebenso sollen die Nutzungsanforderungen für die Verwertung der salzhaltigen Konzentrate geklärt werden.
- 

#### **Arbeitspaket 2: Anpassung und Entwicklung von Prozessen**

- Ansprechpartner:** **Dr.-Ing. Joachim Went**, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, E-Mail: joachim.went@ise.fraunhofer.de
- Projektpartner:** TU Berlin, DVGW-KIT, WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH, Terrawater GmbH, DEUKUM GmbH
- Kurzbeschreibung:** Im AP2 werden Gesamtprozesse für die Aufbereitung der an den Demonstrationsstandorten vorliegenden Abwässer sowie für weitere identifizierte industrielle Anwendungen entwickelt. Innovative Komponenten wie die Membrandestillation, die selektive Niedertemperatur-Destillation-Kristallisation und die monoselektive Elektrodialyse werden entsprechend der neuen Anforderungen weiterentwickelt und an die Prozesse angepasst. Daneben wird die konkrete innovative Prozessverschaltung verschiedenster Trennverfahren entwickelt und im Labor sowie Technikum erprobt. Hierzu werden Versuche im Labor an den einzelnen Komponenten einzeln und im Zusammenwirken durchgeführt. Im Technikumsmaßstab folgen Vorversuche für den Demonstrator an Subsystemen, begleitet von umfangreichen Analysen zur Bestimmung von Ausfällungen und Deckschichtbildungen, um Rückschlüsse auf die Komponentengestaltung und die erforderlichen Betriebsbedingungen zu schließen. Des Weiteren werden Strategien für eine Betriebsführung entwickelt.
-

**Arbeitspaket 3: Demonstration**

- Ansprechpartner:** **Rebecca Schwantes M.Sc.**, SolarSpring GmbH, Hanferstraße 28, 79108 Freiburg, E-Mail: rebecca.schwantes@solarspring.de
- Projektpartner:** TU Berlin, Fraunhofer ISE, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, SolarSpring GmbH, Terrawater GmbH, DEUKUM GmbH
- Kurzbeschreibung:** In AP3 werden die Entwicklungen aus AP2 als Gesamtkonzept synchronisiert und zusammengeführt. Um eine reibungsarme Zusammenführung der Verfahren zu gewährleisten, werden die Demonstratorplattform durch ein Hydraulikschema visualisiert und Schnittstellen zwischen den Partnern definiert. Neben der hydraulischen Verknüpfung der Anlagenkomponenten stellt die steuerungstechnische Harmonisierung der Gesamtanlage aus den Einzelsteuerungen einen Schwerpunkt der konstruktiven Phase dar. Nach Installation und Inbetriebnahme liegt der Hauptfokus auf dem Betrieb, der Evaluierung und der Optimierung des Demonstrators unter der Zuhilfenahme der gesammelten Erfahrungen an den Demonstrationsstandorten. Als Abschluss entsteht ein Evaluationsbericht mit Empfehlungen zu Betrieb und Wartung des Demonstrators, direkten Maßnahmen zur Rückführung in den kontinuierlichen Optimierungsprozess sowie auch Empfehlungen für das Up-scaling in die industrielle Umsetzung und Verwertung.
- 

**Arbeitspaket 4: Marktanalyse und LCA**

- Ansprechpartner:** **Prof. Dr.-Ing. Sven-Uwe Geißen**, Technische Universität Berlin, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik, Sekr. KF 2, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de
- Projektpartner:** DECHEMA e.V., WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH, Terrawater GmbH, DEUKUM GmbH
- Kurzbeschreibung:** Ziel von AP4 ist es, das Potential der in AP2 und 3 betrachteten Technologieansätze für die Wiederverwendung von Konzentraten auf dem Markt zu ermitteln. Hierfür werden in einer Marktanalyse die Zielmärkte für die Entwicklungen aus HighCon branchenspezifisch und geographisch charakterisiert. Dabei werden vorhandene Analysen einbezogen und Netzwerke wie z.B. DECHEMA und German Water Partnership genutzt. Eine begleitende LCA ergänzt die Ergebnisbewertung aus AP2 und AP3; darüber hinaus unterstützt sie mit ihren Ergebnissen die Marktanalyse. Die Nachhaltigkeit ist für Konzerne bis zu größeren mittelständischen Unternehmen bereits heute eine Anforderung, die wichtiger als die ökonomische Bewertung sein kann. Dieser Trend wird sich in den nächsten Jahren fortsetzen.
- 

**Arbeitspaket 5: Ergebnisverwertung und Netzwerkbildung**

- Ansprechpartner:** **Alexander Frey**, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, D-60486 Frankfurt a.M., Germany, E-Mail: afrey@dechema.de
- Projektpartner:** TU Berlin, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, WEHRLE Umwelt GmbH, SolarSpring GmbH
- Kurzbeschreibung:** Ziel von AP5 ist es, die Verwertung der Entwicklungen aus AP2 und AP3 zu unterstützen und umzusetzen. Hierfür werden zwei grundlegende Strategien verfolgt: Vorantreiben der Direktverwertung der HighCon-Entwicklungen über die HighCon-Partner und Vorbereitung der Gründung eines Spin-off-Unternehmens. Ziel ist, die Wasserwiederverwendung durch ein verbessertes Konzentratmanagement (d.h. bessere Verwertung, höhere Energie- und Kosteneffizienz) weiter voranzutreiben.
- Die Arbeitsschwerpunkte liegen dabei in der Veröffentlichung der Ergebnisse aus dem Projekt und der Netzwerkbildung für potentielle Nutzer der HighCon-Technologien. Die Erstellung einer Roadmap für die Implementierung der Technologien im Markt ist für die direkte Verwertung ein zentrales Element. Die inhaltliche Vorbereitung und Planung der Gründung eines Spin-off-Unternehmens stellt die abschließende Aufgabe für das Projekt dar.
-

### 2.3.3 Effektive Aufbereitung problematischer Prozess- und Abwässer mit keramischen Nanofiltrationsmembranen (PAkmem)

**Laufzeit:** 01.10.2016 – 30.09.2019

**Koordinator:** **Dr. Matan Beery**, akvola Technologies GmbH, Fasanenstr. 1, 10623 Berlin,  
E-Mail: beery@akvola.com

**Kurzbeschreibung  
und Ziel:**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Verfahren zur integrierten Wasseraufbereitung für salz- und organikhaltige Prozesswässer am Beispiel der Abwässer aus der Erdöl/Erdgas- sowie der keramischen Industrie. Für die gewählten Anwendungen sollen maßgeschneiderte Konzepte entwickelt werden, die jedoch ebenso Potential für eine Übertragung der Technologie auf weitere Einsatzfälle erlauben. Zentrales Aufbereitungsverfahren ist die Nanofiltration (NF) mit keramischen Membranen. Diese Membranen ermöglichen neben der Abtrennung feinsten Partikel insbesondere die Teilentsalzung und die Entfernung der wesentlichen organischen Fracht auch aus hochkonzentrierten Abwässern.

**Arbeitsschwerpunkte:** Die entwickelte NF wird mit weiteren Technologien wie z. B. die Flotation und die Mikrofiltration als Vorbehandlung oder die Elektrodialyse und elektrochemischer Totaloxidation zur Zerstörung organischer Inhaltsstoffe kombiniert, um auch die aufkonzentrierten Retentate der Membranprozesse effektiv aufzuarbeiten und das Wasser bedarfsgerecht für die industriellen Prozesse zur Verfügung zu stellen. Im Sinne eines „Zero-Liquid-Discharge (ZLD)“ wird als weitere, ergänzende Strategie zur Konzentratbehandlung die Eindampfung der spezifischen konzentrierten Stoffströme untersucht. Ergänzt wird der Projektansatz durch die Entwicklung und den Einsatz neuartiger Monitoring-Verfahren zur Prozessüberwachung und -steuerung.

---

## ARBEITSPAKETE

### Arbeitspaket 0: Projektmanagement und Koordination

**Ansprechpartner:** Dr. Matan Beery, akvola Technologies GmbH, Fasanenstr. 1, 10623 Berlin, E-Mail: beery@akvola.com

**Kurzbeschreibung:** Verteilung von Ergebnissen und Informationen, Optimierung der konsortiuminternen Organisation. Organisation von Treffen und Telefonkonferenzen. Koordination der Berichterfassung.

---

### Arbeitspaket 1: Prozessanalyse/Präzisierung der Varianz von Stoffströmen und Qualitätskriterien/Erstellung Lastenhefte

**Ansprechpartner:** Dr. Marcus Weyd, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf, E-Mail: marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Das AP dient dazu einen Überblick über alle Prozesse der beteiligten Partner zu erarbeiten, anhand dessen die Stoffströme beschrieben und bilanziert werden können. Ziel ist es, für alle Partner Aussagen zu Menge und Zusammensetzungen von Wässern zu liefern, insbesondere dem IKTS zur Membransynthese und den Partner aktiv in den Trennversuchen eine detaillierte Planung der Versuchsanordnungen zu ermöglichen. Anforderungen werden definiert. Wichtige chemische Parameter sind z.B. Alkali- und Erdalkalielemente, Schwermetalle (über ICP-MS nach DIN EN ISO 17294-2 E29), NH<sub>4</sub> Spektralfotometrie, DIN 38405 E5-1, Anionen wie Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>, TOC/CSB, ggf. spezielle Verbindungsgruppen (MKW, Aromaten, PAK über GC-MS, HPLC Entsprechend DIN EN ISO 17993 (PAK), DIN EN ISO 9377-2 (MKW), DIN EN 1485 (H14) AOX)

Weiteres wichtiges Ziel ist das Festlegung der notwendigen Qualität des behandelten Wassers/Permeates zur Erreichung der Wiedereinsetzbarkeit in den jeweiligen Prozessen.

---

### Arbeitspaket 2: Voruntersuchungen und Membrananfertigung

**Ansprechpartner:** Dr. Marcus Weyd, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf, E-Mail: marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Ziel dieses Arbeitspaketes ist es geeignete Membranen und Membrangeometrien für die Trennversuche durch Membranfiltration zu finden. Dies betrifft schwerpunktmäßig keramische Membranen für die Nanofiltration als auch die Auswahl von Flachmembranen für die Vorbehandlung durch Flotation+Mikrofiltration als auch die Elektrodialyse. Die ausgewählten keramischen Membranen werden anschließend synthetisiert, um in den Technikumsversuchen eingesetzt zu werden.

---

### Arbeitspaket 3: Technikumsversuche

**Ansprechpartner:** Volker Prehn, Rauschert Kloster Veilsdorf GmbH (RKV), Industriestr. 1, 98669 Veilsdorf, E-Mail: info@rauschert.de

**Kurzbeschreibung:** Ziel der Technikumsversuche ist es geeignete Verfahrensbedingungen für die gewählten Membranen und Technologien zu finden. Dies ist die Grundlage für die Versuche beim Anwender vor Ort.

---

### Arbeitspaket 4: Feldversuche

**Ansprechpartner:** Dr. Marcus Weyd, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf, E-Mail: marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Erprobung der Membranverfahren am Ort des Wasseranfalls mit kleineren mobilen Anlagen, die an die Standorte angepasst wurden. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Auslegung der Pilotanlagen.

---

## 2. WavE-VERBUNDPROJEKTE

Themenfeld „Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser“

---

### **Arbeitspaket 5: Dimensionierung, Aufbau und Implementierung der Pilotanlagen**

**Ansprechpartner:** **Ivo Rochner**, Andreas Junghans – Anlagenbau und Edelstahlbearbeitung GmbH & Co. KG, Chemnitzer Straße 63, 09669 Frankenberg, E-Mail: i.rochner@ajunghans.de

**Kurzbeschreibung:** Mit dem Wissen, das in den Feldversuchen generiert wurde, sollen nun in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Partnern und aufbauend auf den Ergebnissen der Technikumsversuche Pilotanlagen für die Erdölindustrie (DBI) und Keramikindustrie ausgelegt werden.

---

### **Arbeitspaket 6: Betrieb der Pilotanlagen**

**Ansprechpartner:** **Dr. Marcus Weyd**, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf, E-Mail: marcus.weyd@ikts.fraunhofer.de

**Kurzbeschreibung:** Betrieb der Pilotanlagen bei Praxisbedingungen vor Ort über einen längeren Zeitraum, Auswertung der Ergebnisse und weitere Optimierung der Prozesse.  
Einsatz der gereinigten Wässer in den avisierten Anwendungen.

---

### **Arbeitspaket 7: Verwertung**

**Ansprechpartner:** **Udo Lubenau**, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Halsbrücker Straße 34 09599 Freiberg, E-Mail: udo.lubenau@dbi-gut.de

**Kurzbeschreibung:** Die gesamte Technologiekette wird abschließend bewertet und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt, um das Potential der entwickelten Anlagen bzw. Verfahren zu quantifizieren.

### 2.3.4 Recycling von industriellen salzhaltigen Prozesswässern (Re-Salt)

<b>Laufzeit:</b>	01.10.2016 – 31.09.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Dr. Yuliya Schießer</b> , Covestro Deutschland AG, Kaiser-Wilhelm-Allee 60, 51373 Leverkusen, E-Mail: yuliya.schiesser@covestro.com
<b>Webseite:</b>	www.Re-Salt.de
<b>Kurzbeschreibung:</b>	In vielen industriellen Prozessen fallen beträchtliche Mengen Abwasser an, in denen hohe Konzentrationen an Inertsalzen enthalten sind. Das Einleiten hoher Salzfrachten in Oberflächengewässer stellt eine große Belastung für das Ökosystem dar, insbesondere dann, wenn sie für die Trinkwassergewinnung genutzt werden. Daher sind Anstrengungen notwendig, die zur Reduzierung der Salzfrachten führen. Vor diesem Hintergrund besteht aus Sicht der Industrie Handlungsbedarf zur Erforschung und Entwicklung neuer, umweltfreundlicher und ökonomisch tragfähiger Verfahren zur Reinigung, Entsalzung und Nutzung der Salze bzw. der gereinigten aufkonzentrierten Salzlösungen.
<b>Ziele:</b>	Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Wiedergewinnung des in industriellen Abwasserströmen enthaltenen Salzes (NaCl) und dessen Rückführung als Rohstoff in die Chlor-Alkali-Elektrolyse sowie der Weiterverwertung des anfallenden Wassers. Das Projekt umfasst folgende Schritte: <ul style="list-style-type: none"><li>» Entwicklung der Spurenstoffanalytik in stark salzhaltigen Lösungen</li><li>» Reinigung der salzhaltigen Abwasserströme durch angepasste adsorptive und elektrochemische Verfahren</li><li>» Aufkonzentrierung der salzhaltigen Lösungen mittels innovativer und umweltfreundlicher Verfahren (u. a. unter Verwendung von Abwärme auf niedrigem Energieniveau)</li><li>» Prüfung der Nutzung der gewonnenen gereinigten und aufkonzentrierten Abwasserströme in der Chlor-Alkali-Elektrolyse</li></ul>
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	Bei erfolgreicher Projektdurchführung soll eine Demonstrationsanlage aufgebaut werden, die reale NaCl-haltige Abwasserströme, die bei Covestro in der Kunststoffherstellung anfallen, recycelt. Diese Anlage soll einen Abwasserstrom von ca. 20 m <sup>3</sup> pro Tag reinigen, aufkonzentrieren und anschließend einer Chlor-Alkali-Elektrolyse zuführen. Hierbei werden Langzeiterfahrungen gesammelt, mit denen eine wirtschaftliche und ökologische Bewertung der entwickelten Verfahrensschritte sowie deren Übertragbarkeit auf andere salzhaltige Abwässer erfolgen können.  Die beteiligten Projektpartner verfügen über ein exzellentes Know-how im Bereich Wasseraufbereitung.

### ARBEITSPAKETE

#### **Arbeitspaket 1: Analytik in hochkonzentrierten Solen**

**Ansprechpartner:** Dr. Oliver Happel, DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruher Straße 84, 76139 Karlsruhe, E-Mail: oliver.happel@tzw.de

**Projektpartner:** Covestro Deutschland AG

**Kurzbeschreibung:** Um eine effiziente Reinigung der Abwässer durchführen zu können, sollte zum einen bekannt sein, um welche Art von Verbindungen es sich handelt und zum anderen, in welchen Mengen diese vorliegen. Der Nachweis organischer Verbindungen, deren Konzentrationen im mg/L-Bereich liegen, wird durch die hohen Salzkonzentrationen erschwert. Die Erfolgskontrolle der im Projekt zu testenden Aufbereitungstechniken ist auch nur über eine begleitende Analytik möglich. Durch Aufkonzentrierungsverfahren kann der Salzgehalt bis auf ca. 300 g/L ansteigen. Verglichen mit der Bestimmung von organischen Komponenten in typischen Wassermatrizes (Oberflächen- oder Trinkwasser) muss bei diesen hohen Salzkonzentrationen eine spezielle Adaption der Probenvorbereitungstechniken und Analysetechniken entwickelt werden. Zur Detektion organischer Verbindungen, die problematisch für den nachfolgenden Prozess sind, soll eine Online-Sonde entwickelt werden, die Analyseergebnisse im Minutenbereich bereitstellen soll.

---

#### **Arbeitspaket 2: Entfernung von Verunreinigungen**

**Ansprechpartner:** Oliver Blatt, Donau Carbon GmbH, Gwinnerstraße 27-33, 60388 Frankfurt am Main, E-Mail: oliver.blatt@donau-carbon.com

**Projektpartner:** Universität Duisburg-Essen, Dechema-Forschungsinstitut, Covestro Deutschland AG

**Kurzbeschreibung:** In vielen industriellen Herstellungsprozessen fallen großvolumige Prozesswässer an, welche zeitlich starke Konzentrations- und Frachtunterschiede an organischen Verunreinigungen aufweisen. Um diese Prozesswasservolumenströme mit konstanter Qualität aufzubereiten, ist eine Vielzahl an Aktivkohle-Adsorbern notwendig, welche oft zur Regeneration ausgetauscht werden müssen. Das wirkt sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit des Prozesses aus. Um die Reinigung der salzhaltigen Abwasserströme effektiver durchzuführen, werden angepasste adsorptive und elektrochemische Verfahren entwickelt. Ziel ist dabei zum einen die Erhöhung der Adsorptionskapazität der verwendeten Adsorbentien, zum anderen die Verbesserung der Selektivität gegenüber bestimmten, im weiteren Aufbereitungsprozess besonders störenden Substanzen. Dabei steht die Erhöhung der Polarität der Aktivkohleoberfläche im Vordergrund.

---

#### **Arbeitspaket 3: Aufkonzentrierung**

**Ansprechpartner:** Dr. Eva Gilbert, Envirochemie GmbH, In den Leppsteinswiesen 9, 64380 Rossdorf bei Darmstadt, E-Mail: eva.gilbert@envirochemie.com

**Projektpartner:** TH Köln, Covestro Deutschland AG

**Kurzbeschreibung:** Für eine Rückführung des NaCl-haltigen Prozesswassers in die Chlor-Alkali-Elektrolyse ist eine Mindestkonzentration von 25 % notwendig, um die Elektrolyse optimal betreiben zu können. Es fallen jedoch großvolumige Prozesswassermengen mit einer geringeren NaCl-Konzentration an. Ein Aufkonzentrierungsschritt würde es ermöglichen, dass der gesamte Abwasserstrom recycelt und der Kreislauf für Wasser und NaCl geschlossen werden kann. Nach aktuellem Stand der Technik existieren aber keine Methoden, um großvolumige Wasserströme umweltfreundlich in Reinwasser und konzentrierte Salzlösungen (NaCl 25 %) aufzutrennen. In diesem Arbeitspaket wird daher die Aufkonzentrierung der salzhaltigen Lösungen mittels innovativer und umweltfreundlicher Verfahren (u.a. Membranverfahren unter stark erhöhtem Druck und thermische Verfahren auf niedrigem Energieniveau unter Verwendung von Abwärme) verfolgt. Sinnvollerweise werden mehrere Aufkonzentrierungsschritte gekoppelt.

---

### 2.3.5 Water-Reuse in Industrieparks (WaRelp)

**Laufzeit:** 01.10.2016 – 30.09.2019

**Koordinator:** **Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke**, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Landmanagement, Franziska-Braun-Str. 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: linke@geod.tu-darmstadt.de

**Webseite:** [www.wareip.de](http://www.wareip.de)

**Kurzbeschreibung:** Mit den Ergebnissen des Forschungsprojekts WaRelp sollen in einem Industriepark bzw. in einem Industriebetrieb mit verschiedenen Teilbereichen (Produktionslinien) Produktionsabwässer aber auch Sanitär- und Küchenabwässer zukünftig über **kaskadenartig angeordnete Stufen** nur in demjenigen Umfang aufbereitet werden, wie Brauchwasser einer bestimmten Qualität in einer anderen Produktionsanlage benötigt wird. Hierzu werden Möglichkeiten zur Abwasseraufbereitung und des Stoffstrommanagements entwickelt und so miteinander kombiniert, dass mit geringem Ressourcen- und Kostenaufwand ein möglichst hoher Nutzungsgrad erreicht werden kann.

Durch diesen Ansatz entfällt zwar nicht der Aufbereitungsbedarf zu höheren Wasserqualitäten bzw. der Einsatz von **Trink-/Grundwasser**, es wird jedoch die Menge des dem Industriepark zuzuführenden Trink-/Grundwassers reduziert. Gleichzeitig verringern sich die Kosten des Betreibers einer Produktionsanlage für die Wasserbereitstellung und Abwasserbehandlung wodurch wiederum die Umsetzungsbreite verbessert wird.

Neben der Bewirtschaftung der Wasserströme bietet der Ansatz das Potenzial **Produktionsrohstoffe** aus Abwässern (z.B. Tenside und Proteine) ebenfalls gezielt zurückzugewinnen, um so die externe Versorgung (z.B. Transportaufwand) mit solchen Rohstoffen und den Behandlungsaufwand des Abwassers in nachgeschalteten Stufen weiter zu reduzieren.

Hierzu werden sowohl ein System der Entscheidungsunterstützung auf Basis einer Mehrzieloptimierung sowie neue Lösungsansätze zur Abwasserreinigung in Industrieparks entwickelt, die bei einer Wiederverwendung von großem Interesse sind. Zu letzteren gehören der Einsatz von Salz zur Verbesserung der Belüftung, die Reduzierung von Salzen (Entsalzung) sowie der Abbau bzw. die Elimination von refraktärem CSB. Die Entscheidungsinstrumente gliedern sich in die Bereiche: Auswahlmethoden, neue Abwasserbehandlungstechniken, neue Infrastrukturtechnik und Umsetzungsmethoden. In die Auswahl von Verfahren und Maßnahmen werden sozioökonomische Aspekte sowie die Ökobilanzierung integriert.

### TEILPROJEKTE

#### **Teilprojekt 1: Grundlagen des integrierten Wasser- und Ressourcenmanagement**

**Teilprojektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke, Fachgebiet Landmanagement, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Str. 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: linke@geod.tu-darmstadt.de

**Projektpartner:** Alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:** Voraussetzung für die Entwicklung von Instrumenten zur Entscheidungsunterstützung für eine optimierte Nutzung von Wasser in Industrieparks ist eine Erfassung der IST-Situation der Wasserströme in Produktionsanlagen und der verschiedenen Wasseraufbereitungstechniken. Daraus ergibt sich als erstes wissenschaftliches Arbeitsziel in diesem Teilprojekt, Produktionsanlagen nach ihren Wasserströmen (TP 1.1) sowie Techniken zu deren Aufbereitung (TP 1.2) zu klassifizieren. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse beider Klassifizierungen systematisch so miteinander verschnitten, dass zu jeder Kombination einer Produktionsanlage mit Abwasseranfall und einer anderen Produktionsanlage mit Wasserbedarf eine mögliche Prozesskette zur nötigen Aufbereitung des Abwassers identifiziert (TP 1.3) und nachfolgend bewertet werden kann (TP 4). Die Ergebnisse aus TP 1.3 werden auf die Fallbeispiele angewendet, um Optimierungspotenzial sowie die Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung zu identifizieren (TP 1.4) und anschließend eine erste Verifizierung der Ergebnisse aus TP 1.3 zu erhalten.

---

#### **Teilprojekt 2.1: Membrantechnik zur Aufbereitung typischer Industrieabwässer**

**Teilprojektleiter:** Prof. K.-H. Rosenwinkel, Prof. S. Köster, Dr. M. Beier, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover (ISAH), Welfengarten 1, 30167 Hannover, E-Mail: rosenwinkel@isah.uni-hannover.de, koesterl@isah.uni-hannover.de, beier@isah.uni-hannover.de

**Projektpartner:** TU Darmstadt FG Abwassertechnik, EnviroChemie GmbH, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG

**Kurzbeschreibung:** Die Membrantechnik in der Kombination mit einer Belebungsstufe (Membranbioreaktor - MBR) stellt ein großes Potenzial zur Wiederverwendung dar, da der Ablauf unabhängig von der sich ausbildenden Flockenstruktur feststofffrei sowie weitestgehend keimfrei/hygienisch ist. Der Schwerpunkt der Forschung der letzten zwei Jahrzehnte im Bereich der MBR-Technik lag bei der Identifizierung und Kontrolle des Biofouling – also der Deckschichtbildung auf und in der Membran mit negativen Folgen für die Durchlässigkeit/Fluxleistung aufgrund der direkten Abhängigkeit zur benötigten Membranfläche. Ein Aspekt, der bisher nicht genauer untersucht wurde, ist jedoch der positive Einfluss der Deckschicht auf den Abbau von schwerst abbaubaren CSB. Im verfahrensorientierten TP 2.1 werden daher der CSB-Abbau in der Deckschicht und mögliche Einflussfaktoren genauer untersucht. Dies ist vor allem auch in Hinblick auf die mögliche Wiederverwendung des Permeats und der Gefahr der Aufkonzentrierung des inerten CSB durch die Mehrfachverwendung eine wichtige Fragestellung. Industriellen Abwässer mit einem hohen „nicht abbaubaren“ Anteil an C-Verbindungen, kommen z.B. aus der Papierindustrie, Hefeindustrie, Brennereien, Pharmaindustrie usw.

---

#### **Teilprojekt 2.2: Salzbiologie in der Belüftung**

**Teilprojektleiter:** Prof. Dr.-Ing. M. Engelhart, Fachgebiet Abwassertechnik, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: M.Engelhart@iwar.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wagner, Fachgebiet Abwassertechnik, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: m.wagner@iwar.tu-darmstadt.de

**Projektpartner:** Universität Hannover ISAH, EnviroChemie GmbH, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG

**Kurzbeschreibung:** Durch Salze wird das Belebtschlammverfahren auf viele Weisen beeinflusst. So ist bekannt, dass Salze die Koaleszenz von Blasen hemmen. Bei Druckbelüftungssystemen führt das dazu, dass die Gas/Wasser-Grenzfläche im Vergleich zu Reinwasserbedingungen stark zunimmt. Die damit einhergehende Verbesserung des Sauerstoffeintrages hat große Auswirkungen auf Planung und Effizienz der Belüftung. Industrieabwässer weisen oft hohe Konzentrationen verschiedener Salze auf. Wie dieser Umstand bei der Planung zu berücksichtigen ist, wird im TP 2.2 untersucht.

---

Salze haben auch Einflüsse auf die Biozönose. So zeigen sich bei erhöhter Salinität starke Einbußen bei Leistungsfähigkeit und Absetzverhalten des Belebtschlammes. Durch eine optimierte Verfahrensführung und der Nachschaltung eines Mikrosiebes soll im Rahmen des TP 2.2 untersucht werden inwieweit der Schlammabtrieb verhindert, die Ablaufwerte verbessert sowie die Leistungsfähigkeit und Flexibilität des Belebtschlammverfahrens erhöht werden kann.

---

### **Teilprojekt 2.3: Anwendung von Entsalzungsverfahren im elektrischen Feld**

- Teilprojektleiter:** **Dr.-Ing. Eva Gilbert**, EnviroChemie GmbH, In den Leppsteinswiesen 9, 64380 Rossdorf, E-Mail: Eva.Gilbert@envirochemie.com.
- Projektpartner:** TU Darmstadt FG Abwassertechnik, Universität Hannover ISAH, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG
- Kurzbeschreibung:** Nach heutigem Stand der Technik beschränkt sich die Entsalzung von Abwasserströmen auf eine Aufspaltung in einen salzreichen Strom (Konzentrat) und einen salzarmen Strom (Diluat). Damit werden allerdings nicht nur Salze, sondern auch die meisten anderen Abwasserinhaltsstoffe entzogen und die Konzentrate müssen i.d.R. der Entsorgung zugeführt werden. Durch den Einsatz elektrochemisch getriebener Entsalzungsverfahren werden dem Abwasserstrom gezielt Inhaltstoffe entsprechend ihrer Ladung entzogen. Dies erleichtert eine Rohstoffrückgewinnung und ermöglicht die gezielte Elimination nicht verwertbarer Stoffe, wodurch die zu entsorgenden Restströme minimiert werden.
- In Labor- und Technikumsversuchen werden diese Möglichkeiten in Hinblick auf die Weiternutzung von Industrieabwasserteilströmen evaluiert. Ergänzend wird der Einsatz verschiedener Ionen-/Größenselektiver Membranen hinsichtlich der jeweils benötigten Selektivität bei der Abtrennung von Abwasserinhaltsstoffen bewertet.

---

### **Teilprojekt 3.1: Entwicklung eines nutzungsoptimierten, dynamischen Leitungsnetzes**

- Teilprojektleiter:** **Dr. Weimin Shen**, Kocks Consult GmbH, Stegemanstraße 32 – 38, 56068 Koblenz, E-Mail: shen@kocks-ing.de
- Projektpartner:** IEEM gGmbH, TU Darmstadt FG Landmanagement
- Kurzbeschreibung:** Aufgrund variabler Produktionsprozesse (kurzfristige Dynamik) und Produktionsanlagen (langfristige Dynamik) im Industriepark sind bei der Auslegung von Ver- und Entsorgungszentren und Leitungsnetzen zeitliche Variationen des Abwasseranfalls und Wasserbedarfs besonderes zu berücksichtigen. Um diesen extremen Schwankungen im kurz- und langfristigen Verlauf sicher entgegenzuwirken, sind in der Regel die Auslegungsgrößen für die beiden Komponenten im Industriepark zu vergrößern.
- Ziele des Vorhabens von TP 3.1 sind daher, als mögliche Alternative zur Reduzierung dieser Auslegungsgrößen ein nutzungsoptimiertes, dynamisches Leitungsnetz zunächst zu entwickeln und dann in der Praxis konzeptionell und planerisch umzusetzen.
- Mit diesem „integrierten“ Leitungsnetz besteht neben einer daraus resultierenden Kostenminimierung für die Investition und den Betrieb des Gesamtsystems zudem das Potenzial, den sich ändernden Anforderungen weitestgehend ohne zusätzliche Aufwände gerecht zu werden.

---

### **Teilprojekt 3.2: Entwicklung eines Messkonzepts zur Qualitätssicherung**

- Teilprojektleiter:** **Dr. Achim Gahr**, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG, Dieselstraße 24, 70839 Gerlingen, E-Mail: achim.gahr@conducta.endress.com
- Projektpartner:** TU Darmstadt FG Abwassertechnik, EnviroChemie GmbH, Universität Hannover ISAH, Kocks Consult GmbH
- Kurzbeschreibung:** Die Steuerung der Wasserströme in Industrieparks zum Zwecke ihrer spezifischen Nutzung erfordert ein Messkonzept, das auf der Basis von online-Daten geeignete Qualitätskriterien der Wasserströme ermittelt und als einfach nutzbare Informationen dem Betrieb zur Verfügung stellt. Dies macht es notwendig die Messdaten aus der Feldebene zeitlich synchronisiert und auf Plausibilität geprüft durch geeignete Methoden der Datenaggregation und Datenanalyse in Prozesskennzahlen zu transformieren. Ein wesentliches Element ist hierbei die Entwicklung der Transformationsalgorithmen, die auf die Aufbereitungs- oder Produktionsprozesse sowie die jeweiligen Zielsetzungen innerhalb der

Infrastruktur des Industrieparks zugeschnitten sind. Für dieses Konzept ist es zudem erforderlich, Kriterien für die Bewertung der Messdatengüte und Überwachungsschwellenwerte festzulegen, um den Betriebspunkt des Prozesses und Wasserqualitätszustand als Kennzahlenfeld für betriebliche Maßnahmen zu visualisieren.

---

### **Teilprojekt 4: Methodik und beispielhafte Erprobung multikriterieller Bewertung**

**Teilprojektleiter:** Prof. K.-H. Rosenwinkel, Prof. S. Köster, Dr. M. Beier, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover (ISAH), Welfengarten 1, 30167 Hannover, E-Mail: rosenwinkel@isah.uni-hannover.de, koesterl@isah.uni-hannover.de, beier@isah.uni-hannover.de

**Projektpartner:** Alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:** Für die bestmögliche Umsetzung eines standortspezifischen Wasseraufbereitungs- und -managementkonzeptes stellt die geeignete Auswahl der Behandlungsschritte und deren Verschaltung in Prozessketten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien – auch ökologischer und makroökonomischer – den ersten und wichtigsten Methodikschritt dar. Im Rahmen des Verbundprojektes wird die multikriterielle Bewertung, als grundsätzlich erprobtes und im Hinblick auf die Anwendung sehr „offenes“ Bewertungsverfahren, als Entscheidungsinstrument für diesen Schritt eingesetzt. Ziel des Teilprojektes 4 ist es diese modellunterstützte Bewertungsmethodik für die Fragestellung des Verbundprojektes anzupassen und die entsprechenden „Werkzeuge“ auszuformulieren und im Anwendungstest zu erproben.

Hierzu gehört die Formulierung des eigentlichen Mehrzieloptimierungsmodells, die Formulierung der Zielfunktionen der Optimierungsrechnung (z.B. minimaler Wasserverbrauch, minimale Kosten, usw.), die Formulierung der Randbedingungen der verschiedenen Szenarien und Definition der notwendigen Kenngrößen zur Abbildung der optionalen Aufbereitungstechniken und Teilstromcharakteristiken. Für die Ablage und „Verwaltung“ der Informationen erfolgt im Projektverlauf die Erstellung einer Kennzahlen-Datenbank und einer Modulbibliothek aus den Informationen des Teilprojektes 1.3 und TP 2.

---

### **Teilprojekt 5: Übertragung der Ergebnisse auf andere Industriestandorte und Industrieparktypen**

**Teilprojektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke, Fachgebiet Landmanagement, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Str. 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: linke@geod.tu-darmstadt.de

**Projektpartner:** Alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:** Damit die in den Teilprojekten 1 bis 4 erzielten Ergebnisse auch auf andere Industrieparktypen und Industriestandorte übertragen werden können, werden geeignete Indikatorsets entwickelt, die eine Übertragung der Ergebnisse der chemisch-pharmazeutischen Industrieparks in Deutschland und China auf andere Standorte weltweit und auf andere Industrieparks bzw. Produktionsprozesse erlauben. Insofern wird im Forschungsprojekt eine wasserstromspezifische Charakterisierung von verschiedenen Industrieparktypen bzw. von deren bestimmenden Produktionsanlagen vorgenommen. Um die Ergebnisse auf unterschiedliche Industriestandorte weltweit übertragen zu können, bedarf es eines spezifischen Indikatoren-Sets, das unterschiedliche Standortqualitäten erfasst und darauf aufbauend eine Übertragbarkeit von Ergebnissen erlaubt.

---

### **Teilprojekt 6.1: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für ein Betreiber- und Finanzierungsmodell**

**Teilprojektleiter:** Jens Hilbig, M.A., Dipl.-Ing. Johannes Wenschuh, Keno Strömer, M.Sc., IEEM gGmbH, Institut für Umweltechnik und Management an der Universität Witten / Herdecke, Alfred-Herrhausen-Str. 44, 58455 Witten, E-Mail: mail@uni-wh-ieem.de

**Projektpartner:** Alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:** Die nachhaltige effiziente Wasserversorgung von Industrieparks einschließlich Recycling/Reuse von Abwässern zur Reduzierung des für die Produktion benötigten Trink- oder Brauchwassers erfordert wirtschaftlich tragfähige Aufbereitungs- und Produktionsprozesse. Innovative technische Lösungen und komplexe Systeme müssen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden, um sicherzustellen, dass die technischen Lösungen für die Betreiber von Industrieparks einen wirtschaftlichen Mehrwert generieren und so einen Anreiz zu Investitionen in innovative Abwasserbehandlungskonzepte und -technologien bieten.

---

Neben reinen betriebswirtschaftlichen Analysen zur Ermittlung der Kosten- und Standortvorteile für Betreiber und ansässige Firmen spielen auch volkswirtschaftliche Aspekte (externe Effekte) und ökologische und soziale Komponenten eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei der umfassenden Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wasserwiederverwendung in Industrieparks. Aufbauend auf der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden ein angepasstes Finanzierungskonzept und Betreibermodell konzipiert und im Hinblick auf die Implementierung und kommerzielle Verwertung der Projektergebnisse evaluiert.

---

**Teilprojekt 6.2:****Ökobilanzen****Teilprojektleiter:**

**Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek**, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Str. 7, 64287 Darmstadt, E-Mail: L.Schebek@iwar.tu-darmstadt.de

**Projektpartner:**

Alle Verbundpartner

**Kurzbeschreibung:**

Vor dem Hintergrund standortspezifischer Wasserverfügbarkeiten an den Untersuchungsstandorten sind die ökologischen Auswirkungen der Wassereinsparungen unterschiedlich zu bewerten. Dafür werden in einem ersten Schritt Indikatoren bestimmt und ggf. entwickelt, die eine solche standortspezifische Bewertung möglich machen. Im Anschluss daran werden die ökobilanziellen Auswirkungen des Status Quo bewertet und analysiert. Diese dienen im Folgenden als Referenz zum Vergleich der implementierten technischen Lösungen zur Realisierung der Wassereinsparungen. Die entwickelten Ökobilanz-Datensätze sollen dabei so gestaltet sein, dass sie durch Parametrisierung bestmöglich weitere Standorte mit individuellen Gegebenheiten abbilden können. Ein weiterer Anspruch im Projekt besteht an die Harmonisierung der erarbeiteten Datensätze. Die Ergebnisse des Teilprojekts fließen direkt als Indikatoren in die Mehrzieloptimierung ein.

---

**Teilprojekt 6.3:****Bewusstseinsbildung****Teilprojektleiter:**

**Prof. Dr. Joachim Vogt**, Forschungsgruppe Arbeits- und Ingenieurpsychologie FAI, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Humanwissenschaften, Alexanderstr. 10, 64283 Darmstadt, E-Mail: vogt@psychologie.tu-darmstadt.de

**Projektpartner:**

TU Darmstadt FG Landmanagement, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG

**Kurzbeschreibung:**

Ziel des TP 6.3 ist die Einbeziehung der Mitarbeiter in den Industrieparks. Sie sollen unterstützt werden, um auch in komplexen Situationen und bei hohen Belastungen mit vertretbarer Beanspruchung arbeiten zu können. Die erlebte Beanspruchung kann individuell ausfallen und sowohl von der Disposition des Individuums als auch vom aktuellen Zustand einschließlich zur Verfügung stehender Ressourcen abhängen. Die identifizierten Belastungsfaktoren führen folglich nicht immer zu den gleichen Reaktionen und müssen stets im Kontext betrachtet werden. Nachdem die Belastungs- und Beanspruchungsfaktoren im aktuellen Arbeitsumfeld erfasst wurden, sollen sie für zukünftige Industrieparks antizipiert werden. Schließlich werden Maßnahmen abgeleitet, um Mitarbeiter vor einer langfristigen Fehlbeanspruchung zu schützen. Hierbei werden technische Hilfestellungen (z. B. die Visualisierung von Warnsignalen) sowie psychologische Faktoren (z.B. eine Vertrauenskultur) einbezogen. Um Unterstützungsmaßnahmen zu identifizieren, werden Erkenntnisse über das Funktionieren anderer komplexer soziotechnischer Systeme berücksichtigt.

---

### 2.3.6 Effiziente Kreislaufführung von Kühlwasser durch integrierte Entsalzung am Beispiel der Stahlindustrie (WEISS)

**Laufzeit:** 01.10.2016 – 30.09.2019

**Koordinator:** **Martin Hubrich**, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Abteilung Ressourcentechnologie Flüssige Medien, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, E-Mail: martin.hubrich@bfi.de

**Kurzbeschreibung:** Ziel des Projektes ist die Halbierung des Frischwasserverbrauchs für Kühlkreisläufe am Beispiel der Stahlindustrie und damit eine Wassereinsparung von bis zu 800.000 m<sup>3</sup>/a für einen durchschnittlichen Stahlstandort. Dies soll über einen verminderten Salzeintrag durch bedarfsgerechte Dosierung von Kühlwasserchemikalien einerseits und durch die Verfahrensentwicklung geeigneter Verfahren zur Salzabtrennung aus Zulauf-, Kreislauf- und Absalzwasser andererseits erreicht werden. Aufgrund der komplexen Kühlwassermatrix und Struktur der Kühlkreisläufe ist dieses Ziel nur durch begleitende Entwicklung eines Simulationstools für das gesamte Kreislaufwassersystem möglich.

**Ziele:** Mit der Verbesserung der Effizienz der Wasserkreisläufe werden folgende Ziele erreicht:

- » Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von gekühlten Prozessen
- » Schutz der natürlichen Wasserquellen vor Verunreinigung durch Zusätze und Salze
- » Geringere Abhängigkeit der Stahlproduktion von der Wasserverfügbarkeit

**Arbeitsschwerpunkte:** Arbeitsschwerpunkte des Projektes sind:

- » Entwicklung eines Konzepts zur bedarfsgerechten Chemikaliendosierung auf Basis neuer Messverfahren für biologische Aktivität und Feststoffkonzentration in Kühlwässern
- » Entsalzung von Kühlwässern: Herstellung von Prototypen und Demonstrationsversuche unter betrieblichen Bedingungen als Kombinationsverfahren aus:
  - kapazitiver Deionisation
  - Umkehrosmose mit, im Projekt neu entwickelten Membranen mit Anti-Fouling-Beschichtung,
  - Hochleistungsumkehrosmose und Evaporation mit strukturierten Polymerwärmetauschern zur Konzentratminimierung auf dem Weg zu einer Zero-Liquid-Discharge-Lösung
- » Auf die vorstehenden Entsalzungsverfahren angepasste Vorbehandlung des Absalzwassers zur Erzielung einer hohen Betriebssicherheit
- » Exemplarische Abbildung der Kühlkreisläufe eines Stahlverarbeiters mittels Simulation, Entwicklung der Simulationsmodule der neuen Verfahren und Berechnung der wirtschaftlichsten und nachhaltigsten Prozesskombinationen und Betriebsweisen
- » Zusammenfassung der Ergebnisse in ein unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertetes Anlagenkonzept im Stahlbereich bestehend aus Vorbehandlung, 1. und 2. Entsalzungsstufe für neu zu errichtende Kühlkreisläufe oder als Ergänzungsanlage zum Wasserrecycling unter Berücksichtigung einer bedarfsgerechten Dosierung von Kühlwasserchemikalien
- » Transfer auf Kühlwasserkreisläufe anderer Branchen

In Europa bzw. in Ländern ohne Wassermangel wird ein Marktpotential für das System zur bedarfsgerechten Chemikaliendosierung gesehen. Weltweit, insbesondere in Gebieten mit Wassermangel, wird ein hohes Marktpotential für die entwickelte Verfahrenskombination zur Salzentfernung und hocheffizienten Wasserkreislaufführung gesehen.

## ARBEITSPAKETE

### Arbeitspaket 1: **Situationserfassung und detaillierte Zieldefinition**

**Ansprechpartner:** **Martin Hubrich**, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, E-Mail: martin.hubrich@bfi.de

**Projektpartner:** SMS group GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH

**Kurzbeschreibung und Ziel:**

Limitierende Salze der jeweiligen Kühlkreisläufe bestimmen sowie Rahmenbedingungen und detaillierte Ziele für die Salzabtrennung festlegen.

Arbeitsschwerpunkte:

- » Auswahl von zwei repräsentativen Kreisläufen zur direkten/indirekten Kühlung
- » Erfassung des IST-Zustands in Hinblick auf die Effizienz der Kühlwasserkreisläufe
- » Bestimmung der Schwankungsbreite der Wasserzusammensetzung und möglicher Störstoffe
- » Festlegung der Detailziele für die Wasserbehandlung für die direkte/indirekte Kühlung

### Arbeitspaket 2: **Entwicklung eines Mess- und Regelungskonzeptes zur Kühlwasserüberwachung und bedarfsgerechten Chemikaliendosierung**

**Ansprechpartner:** **Martin Hubrich**, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf, E-Mail: martin.hubrich@bfi.de

**Projektpartner:** SMS group GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH

**Kurzbeschreibung und Ziel:**

Minimierung des Salzeintrags in das Kühlwasser durch bedarfsgerechte Chemikaliendosierung abhängig von mikrobiologischer Aktivität und Feststoff-Gehalt.

Arbeitsschwerpunkte:

- » Konzeptentwicklung zur bedarfsgerechten Chemikaliendosierung basierend auf zeitnaher Messung der biologischen Aktivität und des Feststoff-Gehalts
- » Untersuchung des Einflusses von Störstoffen in Laborversuchen und Adaption der Messverfahren an die betriebliche Kühlwasserzusammensetzung

### Arbeitspaket 3: **Verfahrensentwicklung zur Entsalzung im Labormaßstab**

**Ansprechpartner:** **Prof. Mathias Ulbricht**, Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technische Chemie II, Universitätsstr. 7, 45141 Essen, E-Mail: mathias.ulbricht@uni-due.de

**Projektpartner:** SMS group GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, WEHRLE Umwelt GmbH

**Kurzbeschreibung und Ziel:**

Ermittlung von Wechselwirkungen der Wasserbehandlungschemikalien mit den ausgewählten Entsalzungsverfahren sowie Bestimmung des Einsatzbereiches im Labormaßstab.

Arbeitsschwerpunkte:

- » Wechselwirkungen von Wasserbehandlungschemikalien und weiteren Komponenten im Kreislaufwasser mit handelsüblichem und neu entwickeltem Antifouling-beschichtetem Membranmaterial sowie von Polymerwärmetauschern und Ableitung der Auswirkungen auf Trennleistung und Standzeit
- » Verringerung des Fouling in der Umkehrosmose-Stufe und der kapazitiven Deionisation durch Feststoffentfernung mittels Flockung/Fällung, Magnetabscheidung und Kiesfiltration als Vorbehandlung
- » Ausbeute und Regenerierbarkeit der kapazitiven Deionisation und der Umkehrosmose mit modifizierten Membranen mit regenerierbaren Antifouling-Beschichtungen
- » Konzentratminimierung durch eine 2. Umkehrosmosestufe und anschließende Evaporation: Untersuchung der maximal erreichbaren Salz- sowie Störstoffaufkonzentrierung
- » Beschreibung der Einsatzbereiche und Vor- und Nachteile der Verfahren und Festlegung der Anlagenkonfigurationen für Vor-Ort-Versuche

### **Arbeitspaket 4: Simulation der Stoffströme der ausgewählten Kreisläufe**

**Ansprechpartner:** Prof. Sven Geißen, Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz, FG Umweltverfahrenstechnik, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de

**Projektpartner:** SMS group GmbH, VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Institut für Automation und Kommunikation e.V.

#### **Kurzbeschreibung und Ziel:**

Entwicklung eines Modellierungstools für Kühlwasserkreisläufe.

Arbeitsschwerpunkte:

- » Abbildung der Stoff-, Wasser- und Enthalpieströme der ausgewählten Kühlkreisläufe in einer Simulation mittels SIMBA inkl. Einträge/Senken für Wasserchemikalien/Salze
- » Untersuchung der Einsparung von Kühlwasser durch eine Senkung des Wärmeeintrags (Nutzung Abwärme) – Berechnung/Vergleich Recycling-/Aufkonzentrierungs-Szenarien
- » Entwicklung von Modulen für neuartige Behandlungstechnologien (Vorbehandlung, kapazitive Deionisation, Umkehrosmose, Evaporation) – Ermittlung der Einbindung der Wasserbehandlung in die Kreisläufe
- » Datenermittlung mittels Simulation für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Life Cycle Assessment, Plausibilitätsprüfung
- » Abbildung der wesentlichen Wasserinhaltsstoffe und Beschreibung chemischer Gleichgewichtsreaktionen
- » Abbildung der verfahrenstechnischen Funktion von Kühlwassersystemen mit EPANET-Solver

---

### **Arbeitspaket 5: Betriebliche Erprobung und Demonstration der entwickelten Verfahren in Vor-Ort-Versuchen an zwei Kreisläufen mit direkter/indirekter Kühlung**

**Ansprechpartner:** Dr. Angela Ante, SMS group GmbH, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf, E-Mail: angela.ante@sms-group.com

**Projektpartner:** VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH, WEHRLE Umwelt GmbH, TU Berlin, Universität Duisburg-Essen, Institut für Automation und Kommunikation e.V.

#### **Kurzbeschreibung und Ziel:**

Pilotierung zum Nachweis der betrieblichen Machbarkeit der entwickelten Verfahrenskonzepte

Arbeitsschwerpunkte:

- » Implementierung der Messverfahren zur Dosierung von Kühlwasserbehandlungskemikalien sowie geeigneter Desinfektionsverfahren
- » Installation und Test von Verfahren zur Enthärtung bzw. Entsalzung von Zusatzwasser mit geeigneter Vorbehandlung
- » Konzeption einer Gesamtanlage zur Entsalzung von Kreislaufwasser durch Verschaltung der Vorbehandlung mit der 1. und 2. Entsalzung mit Unterstützung durch die Simulationssoftware
- » Beschaffung/Einrichtung von Testanlagen zur
  - Vorbehandlung: Entfernung/Inaktivierung von Störstoffen sowie Entfernung von Zunderpartikeln mittels Magnetabscheidung
  - Salzabtrennung aus dem vorbehandeltem Wasser: kapazitive Deionisation und Umkehrosmose mit modifizierten Membranen
  - maximalen Kreislaufschießung und Salzaufkonzentrierung: zweite Hochleistungsumkehrosmosestufe und Evaporation
- » Ermittlung optimaler Betriebsparameter und Bestimmung der Leistungsfähigkeit der entwickelten Verfahren und Verfahrenskombinationen unter betrieblichen Bedingungen
- » Validierung des Simulationstools und Optimierung des Versuchsanlagenbetriebs

---

<b>Arbeitspaket 6:</b>	<b>Erstellung spezifischer Verfahrenskonzepte und Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>
<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Dr. Angela Ante</b> , SMS group GmbH, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf, E-Mail: angela.ante@sms-group.com
<b>Projektpartner:</b>	VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH, WEHRLE Umwelt GmbH, TU Berlin
<b>Kurzbeschreibung und Ziel:</b>	Verfahrenskonzepte für Kühlwasserkreisläufe mit direkter/indirekter Kühlung mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bereitstellen  Arbeitsschwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> <li>» Erarbeitung betrieblicher prozessspezifischer Verfahrenskonzepte für eine effiziente Wasserkreislaufführung für zwei Kühlwasserkreisläufe mit direkter/indirekter Kühlung</li> <li>» Optimierung und technischer Vergleich der Verfahrenskonzepte zur <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entsalzung und/oder Enthärtung von Zusatzwasser</li> <li>– Entsalzung des Kreislauf- bzw. Absalzwassers</li> </ul> </li> <li>» Beschreibung der Versorgungssicherheit anhand von Wasserstresstests und der Nachhaltigkeit auf Basis des Life Cycle Assessment</li> <li>» Bewertung der Betriebssicherheit sowie der Zukunftsfähigkeit der Verfahrenskonzepte unter Einbeziehung von Wetterentwicklung, Wasser- und Energieverfügbarkeit sowie von industriellen Zukunftstrends</li> <li>» Vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Verfahrenskombinationen unter Beachtung lokaler Gegebenheiten und Ressourcenverfügbarkeit</li> <li>» Übertragung von ausgesuchten Verfahrenskonzepten für die Stahlindustrie auf Kühlkreisläufe anderer Industriebranchen</li> </ul>

---

<b>Arbeitspaket 7:</b>	<b>Life Cycle Assessment (LCA) der Kreislaufwasserbehandlung</b>
<b>Ansprechpartner:</b>	<b>Prof. Sven Geißen</b> , Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz, FG Umweltverfahrenstechnik, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, E-Mail: sven.geissen@tu-berlin.de
<b>Projektpartner:</b>	VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH, Institut für Automation und Kommunikation e.V.
<b>Kurzbeschreibung und Ziel:</b>	Lebenszyklus-Bewertung der Maßnahmen zur Effizienzsteigerung von Kühlwasserkreisläufen.  Arbeitsschwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> <li>» Bewertung der Nachhaltigkeit für die Szenarien direkte/indirekte Kühlung, mit/ohne Vorbehandlung zur Entfernung von Härtebildnern, Feststoffen, mit/ohne Salzabtrennung (Software GABI)</li> <li>» Kopplung Simulationsergebnisse (SIMBA) mit LCA und Integration der Salzfrachten/Temperatur für verschiedene Szenarien und Technologievarianten</li> <li>» Erweiterung der Simulationssoftware zur Mitberechnung des LCA und Visualisierung</li> <li>» Beschreibung der Qualität der verfügbaren Daten zur Beurteilung der Studienergebnisse</li> </ul>

---

### 2.3.7 Räumlich-zeitlich abgestimmte Kreislaufführung und Wiederverwendung bergbaulicher Abwässer am Beispiel eines urban geprägten Bergbaugebietes (WaterMiner)

<b>Laufzeit:</b>	01.08.2016 – 31.07.2019
<b>Koordinator:</b>	<b>Prof. Dr. rer. nat Harro Stolpe</b> , Ruhr-Universität Bochum, Umwelttechnik + Ökologie im Bauwesen, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, E-Mail: harro.stolpe@ruhr-uni-bochum.de
<b>Webseite:</b>	<a href="http://www.ruhr-uni-bochum.de/ecology/forschung/waterminer">www.ruhr-uni-bochum.de/ecology/forschung/waterminer</a>
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Kreislaufführung bergbaulicher Abwässer und Sumpfungswässer mit hohen Stoffkonzentrationen (Kohlestäube) im Steinkohlenbergbau ebenso wie die bedarfsgerechte und effiziente (Wieder)verwendung bergbaulicher Abwässer und Sumpfungswässer für bergbauliche Zwecke sowie für Trinkwasser- und Brauchwasserzwecke in der Projektregion Hon Gai in Vietnam.
<b>Ziele:</b>	Kern des Projektes ist die Entwicklung eines Stoffstrommodells zur Wasserwiederverwendung, zum Energieverbrauch, zur Verwendung von Hilfsstoffen sowie zur Entstehung von Schlämmen bei der Wasseraufbereitung. Neben den technischen Konzepten werden im Projekt WaterMiner Umweltwirkungen und der Umweltnutzen sowie die ökonomische Effizienz aus betrieblicher und gesellschaftlicher Sicht betrachtet.
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>» Räumlich-zeitlich abgestimmtes Wassermanagementkonzept entsprechend den Veränderungen des Bergbaus in der Beispielregion bis zur endgültigen Beendigung des Bergbaus</li><li>» Entwicklung eines hierfür erforderlichen GIS-basierten „mobilen Fachkataster“ zur Erstaufnahme und zur kontinuierlichen Datenpflege der relevanten Wasserinfrastruktur in Form von Geo-Objekten</li><li>» Einsatz neuartiger Monitoring- / Echtzeitmonitoringkonzepte zur Kontrolle und Steuerung der Wassermengen- und Wasserqualitätsentwicklung</li><li>» Entwicklung innovativer Verfahren und Konzepte zur Wasserwiederverwendung in Kombination mit Roh- und Wertstoffrückgewinnung insbesondere von Kohlestaub</li></ul>

---

## TEILPROJEKTE

**Teilprojekt 1: Projektkoordination, Projektkommunikation, Weiterbildung, Berichterstattung, Öffentlichkeitsarbeit, Grundlagenerhebung, Hydrologie, Hydrogeologie, Wasserwirtschaft**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. rer. nat. Harro Stolpe, U+Ö im Bauwesen, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, E-Mail: harro.stolpe@ruhr-uni-bochum.de

**Kurzbeschreibung:** Die Projektkoordination verbindet die Ergebnisse der Teilprojekte zu einem Gesamtkonzept. Daraus ergeben sich Empfehlungen für mögliche Implementierungen und verallgemeinerte Aussagen zur integrierten Wasserwiederverwendung in Bergbaugebieten mit einem urbanen Umfeld. Dazu erfolgt zunächst zur Schaffung der Ausgangsbasis für die weiteren Teilprojekte die Ermittlung der hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet sowie der Menge und Beschaffenheit bergbaulicher Abwässer, Sumpfungswässer und Prozesswässer; ferner die Ermittlung des Bedarfes an Trinkwasser und Brauchwasser sowie Untersuchungen im Hinblick auf Salzwasserintrusion in Tagebaue und Untertagebaue. Hierfür werden bestehende Daten erfasst und ausgewertet. Weiterer Gegenstand der Grundlagenerhebung ist die Erfassung der bestehenden Anlagen zur Wasseraufbereitung, der Wasserinfrastruktur (Wasserver- und -entsorgung) und der bestehenden und potenziellen Wassernutzer.

---

**Teilprojekt 2: Fachkataster Wasserinfrastruktur**

**Ansprechpartner:** Dr. Andreas Abecker, Disy Informationssysteme GmbH, Ludwig-Erhard-Allee 6, 76131 Karlsruhe, E-Mail: andreas.abecker@disy.net

**Kurzbeschreibung:** Es wird ein „mobiles Fachkataster“ zur computerbasierten Dokumentation und Kontrolle der Wasserinfrastruktur bei Ortsterminen realisiert. Dies ist eine GIS-gestützte Software für Mobilgeräte zur Erfassung von georeferenzierten Sach- und ggf. auch Sensordaten, insbesondere für Geo-Objekte. Sie basiert auf einem im Projekt zu gestaltenden Fachdatenmodell für die planungsrelevanten wasserwirtschaftlichen Objekte sowie auf speziellen Kartendarstellungen für diese Objekte und ihrer Rolle bzw. Effekte im szenario-basierten Planungsprozess.

---

**Teilprojekt 3 Fachinformationssystem Monitoring**

**Ansprechpartner:** Erich Berger, ribeka GmbH, Johann-Philipp-Reis-Straße 9, 53332 Bornheim, E-Mail: berger@ribeka.com

**Kurzbeschreibung:** Die im Projekt erhobenen Daten und Informationen werden in einem integrierten „Fachinformationssystem Monitoring“ basierend auf den Programmen GW-Base und GW-Web systematisch erfasst, ausgewertet und bereitgestellt. Das System wird in der Lage sein, neben den erhobenen Daten, auch Informationen durch Monitoring mit Sensoren mit GSM/GPRS Datenübertragung in Echtzeit zu erfassen und sowohl lokal (Desktopsystem), als auch im Internet (benutzerkontengesteuertes Websystem) bereitzustellen und auszuwerten.

---

**Teilprojekt 4 Räumlich-zeitliches Stoffstrommanagement zur Wasserwiederverwendung**

**Ansprechpartner:** Prof. Dr. rer. nat. Harro Stolpe, U+Ö im Bauwesen, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, E-Mail: harro.stolpe@ruhr-uni-bochum.de

**Kurzbeschreibung:** Die Entwicklung eines räumlich-zeitlichen Stoffstrommanagements zur Wasserwiederverwendung ist ein zentrales Element im beantragten FuE-Vorhaben. Es ermöglicht mit Hilfe eines zu erstellenden Simulationsmodells die räumlich-zeitliche Planung der Wiederverwendung anfallender bergbaulicher Abwässer und Sumpfungswässer in den Bergbaubetrieben selbst sowie bei externen Verbrauchsstellen in der Region.

---

### **Teilprojekt 5**      **Übergreifende technische Konzepte: Wasseraufbereitung, Wasserverteilung, regional integrierte Steuerung, Kohlenstaubrückgewinnung**

**Ansprechpartner:**      **Dr. habil. Felix Bilek**, DGFZ e.V. Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Meraner Str. 10, 01217 Dresden, E-Mail: fbilek@dgfz.de

**Kurzbeschreibung:**      Die Entwicklung eines gesamtheitlichen technischen Wassermanagement-Konzeptes zur Wasseraufbereitung und Wasserverteilung erfolgt aufbauend auf den Ergebnissen der Stoffstrommodellierung. Die Sumpfungswässer des Bergbaus stellen auf der Hon Gai Halbinsel eine der Hauptquellen des Oberflächenabflusses dar. Diese sollen in Zukunft gezielter für verschiedene Zwecke (Staubbekämpfung, Brauchwasser für Landwirtschaft, Industrie, etc.) nachgenutzt werden. Hierfür ist das Wasserdargebot jeweils anforderungsspezifisch vorzuhalten, aufzubereiten und zu verteilen. Dabei ist die ausgeprägte Saisonalität des Wasserdargebotes durch das regionale Klima zu berücksichtigen. Technische Anlagen zur Aufbereitung der Wasserqualität müssen daher auch geeignet sein, die Menge des abzugebenden Wassers zu steuern.

---

### **Teilprojekt 6:**      **Ökonomisches Konzept, Akzeptanz**

**Ansprechpartner:**      **Prof. Dr. Oliver Frör**, Environmental Economics, Universität Koblenz-Landau, Fortstraße 7, 76829 Landau, E-Mail: froer@uni-landau.de

**Kurzbeschreibung:**      Zur Untersuchung der ökonomischen Effizienz wird die Investition in Wasserwiederverwendung und -folgenutzung aus betrieblicher und gesellschaftlicher Sicht betrachtet. Die betriebliche Sicht berücksichtigt in Form einer Investitionsrechnung die im Rahmen möglicher Investitionen anfallenden Kosten (Investitionen, Instandhaltung, Betriebskosten) und Erträge (eingespartes Wasser, ggf. mögliche externe Wassernutzungen). Die betriebliche Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt in enger Kooperation mit dem Partner VINACOMIN. Die Erweiterung auf die gesellschaftliche Sicht berücksichtigt zudem explizit externe Wassernutzungen außerhalb des Bergbauunternehmens, z. B. als Trinkwasser, Brauchwasser für die Industrie, Bewässerung für die Landwirtschaft, sowie sonstige Ökosystemdienstleistungen für die Flussgebiete als auch die Ha Long Bay.

---

### **Teilprojekt 7**      **Exemplarische Implementierung technischer Konzepte inkl. Monitoring (Pilotinzugsgebiet), Planung, Begleitung und Implementierung**

**Ansprechpartner:**      **Dr. habil. Felix Bilek**, DGFZ e.V. Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Meraner Str. 10, 01217 Dresden, E-Mail: fbilek@dgfz.de

**Kurzbeschreibung:**      Ziel des Teilprojektes ist die Demonstration der erfolgreichen (regelungs-) technischen Wasserdargebots- und Wasserqualitätssteuerung unter den spezifischen hydrologischen, bergbautechnischen, kommunalen und touristischen Randbedingungen und Erfordernissen der Region. Es soll ein auf andere Regionen mit vergleichbaren Anforderungen übertragbares System entwickelt und im Feld als Demonstrationsobjekt implementiert werden. Praktisch umgesetzt wird das im Projekt entwickelte Konzept durch einfache, miteinander kombinierbare wasserbaulich-technische Grundelemente (Einbauten, Wehre, Absetzanlagen), die miteinander durch Steuer- und Regeltechnik (Strömungsmessung, Füllstandsmessung, Trübungsmessung, Schlammniveaumessung) vernetzt werden. Die Umsetzung erfolgt an einem exemplarisch ausgewählten Vorfluter der Hon Gai Halbinsel in enger Abstimmung mit den lokalen Stakeholdern.

---

---

### 3. Wissenschaftliches Begleitvorhaben (TransWavE)

<b>Projektlaufzeit:</b>	01.07.2016 – 30.04.2020
<b>Koordinator:</b>	<b>Dr. Thomas Track, Dr. Christina Jungfer</b> , DECHEMA Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: track@dechema.de, jungfer@dechema.de
<b>Webseite:</b>	www.bmbf-wave.de
<b>Kurzbeschreibung:</b>	Das wissenschaftliche Begleitvorhaben TransWavE wird von der DECHEMA e.V. wahrgenommen und ist ein zentraler Anlaufpunkt aller Akteure der Fördermaßnahme WavE. In ihrer Funktion hilft das Vorhaben, die Verbundprojekte der Fördermaßnahme WavE fachlich zu begleiten, themenübergreifend zu vernetzen (intern und extern) und den Ergebnistransfer in die Praxis (national – europäisch – international) zu unterstützen.
<b>Ziel:</b>	<p>Das Augenmerk des wissenschaftlichen Begleitvorhabens liegt auf der Unterstützung der erfolgreichen Entwicklung, Demonstration und Umsetzung von anwendungsorientierten Lösungen in den Verbundprojekten. Hierzu zählen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(I) technische Herausforderungen (z. B. Verfahrenskombinationen, Konzentrate, Monitoring, Dynamisierung),</li><li>(II) wirtschaftliche Anforderungen (z. B. Investitions-/Betriebskosten, Betreiberkonzepte, Kosten- und Energieeinsparungen, Substitutions- und Verwertungskonzepte) und</li><li>(III) gesellschaftliche und organisatorische Randbedingungen (z. B. hygienische Anforderungen, soziokulturelle Anforderungen bei der Wiederverwendung, Kooperationen, Symbiose-/Kaskadenkonzepte).</li></ul> <p>TransWavE zielt mit seiner Strategie und Ausrichtung darauf ab, ausgehend von der inhaltlichen Abstimmung und Vernetzung der Fördermaßnahme, mit fortschreitendem Verlauf von WavE, verstärkt die Ergebnisumsetzung und -verwertung aus den Verbundprojekten zu unterstützen.</p>
<b>Arbeitsschwerpunkte:</b>	<p>Folgende Arbeitsschwerpunkte hat TransWavE zur Aufgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>» die Entwicklung innovativer, zukunftsfähiger Lösungen für eine Erhöhung der Wasserverfügbarkeit mittels Wiederverwendung und Entsalzung durch inhaltliche Abstimmung und Vernetzung der Verbundprojekte zu unterstützen,</li><li>» Synergie-Potentiale zu identifizieren und Synergie-Effekte in den WavE-Projekten zu erzeugen,</li><li>» verbundübergreifende Querschnittsthemen zu identifizieren und in WavE zu etablieren,</li><li>» die effiziente Nutzung des vorhandenen Wissenspotentials in WavE sicherzustellen, auch mit Blick auf praxisrelevante Randbedingungen (z. B. Gesetze, Regelwerke, Richtlinien, Standards)</li><li>» die Zielgruppen in Wirtschaft, Wissenschaft, Behörden und bei Entscheidungsträgern in den Dialog mit der Fördermaßnahme und die Verwertung ihrer Ergebnisse einzubinden,</li><li>» Ergebnisse, Produkte, Lösungen und Empfehlungen der Projekte in WavE in ihrer Gesamtheit zusammenzuführen und an Zielgruppen (national und international) zur Unterstützung der Ergebnisverwertung und -umsetzung zu kommunizieren und</li><li>» die Verwertung der Ergebnisse aus den Vorhaben, besonders ihre Umsetzung in die Praxis, national und international zu unterstützen.</li></ul>