

# Abwassertechnische Untersuchungen

## HypoWave: Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Alexa Bliedung, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW)



### Zielsetzung der Themenlinie

Ziel der abwassertechnischen Untersuchungen im Rahmen der Pilotierung auf der Kläranlage Wolfsburg-Hattorf ist es, eine angepasste Abwasserbehandlung für die Pflanzenproduktion in einem hydroponischen System zu realisieren, bei der sowohl die Wasser- als auch die Nährstoffbereitstellung bei gleichzeitiger Sicherung der hygienischen Qualität gewährleistet werden kann.

### Module der Pilotierung

Die Pilotierung dient der Untersuchung der technischen Einzelkomponenten und deren Zusammenwirken im Gesamtsystem. Entsprechend ihrer Funktionalität können die einzelnen Systemkomponenten in Module untergliedert werden:

- 1. Grundlegende Aufbereitung:** biologische Vorbehandlung des kommunalen Abwassers (Partner: ACS, FhG IGB, WEB)
- 2. Qualität und Hygiene:** Reduzierung von mikrobieller Kontamination bzw. Spurenstoffen (Partner: Xylem, ISWW)
- 3. Nährstoffmanagement:** gezielte Zugabe der Hauptnährstoffe Stickstoff und Phosphor (Partner: ISWW, AVB)
- 4. MSR-Technik:** Überwachung, Steuerung und Regelung des Prozesses (Partner: aquatune, FhG IGB, UHOH, ISWW)
- 5. Hydroponisches System:** nachhaltige Produktion von hygienisch sicheren Nahrungsmitteln (Partner: UHOH)

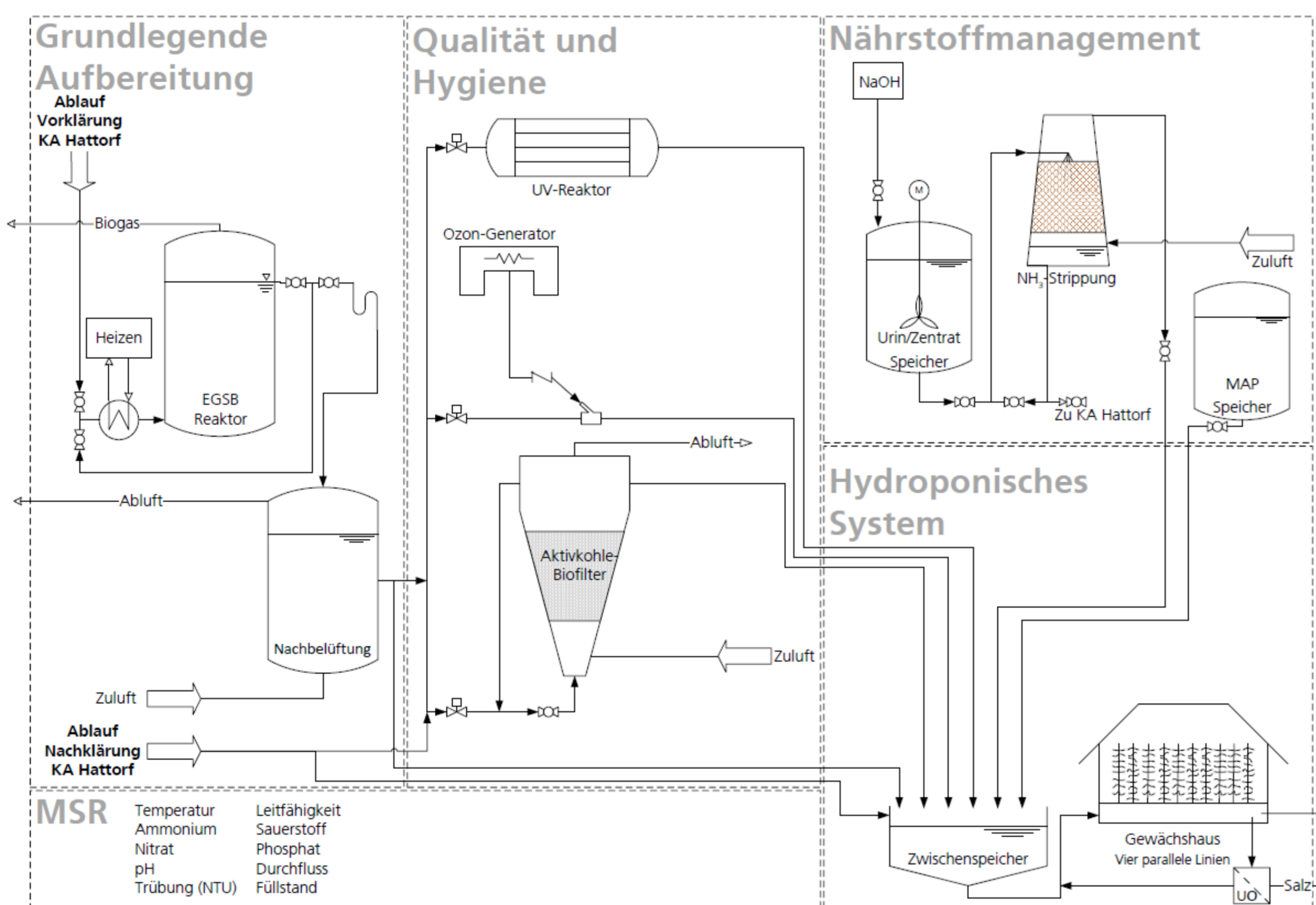


Abbildung 1: Vereinfachtes Fließschema der Pilotanlage (Quelle: A. Vidal, FhG IGB)

Aus der Kombination der Einzelkomponenten der Module 1 und 2 ergeben sich **vier Behandlungslinien**, die zu Bewässerungswasser unterschiedlicher Qualität führen und der jeweiligen Produktionslinie im hydroponischen System zugeführt werden.

- Aerobe Behandlung (bestehende Kläranlage)
- Anaerobe Behandlung (EGSB)
- Aerobe Behandlung + Ozon/UV
- Anaerobe Behandlung (EGSB) + Aktivkohlebiofilter

### Innovative Einzelkomponenten

Zur Erzeugung eines Bewässerungswassers in gewünschter Qualität und Gewährleistung der Funktionalität des Gesamtsystems finden folgende innovative Komponenten Anwendung:

- Anaerobe Aufbereitung von kommunalem Abwasser bei niedrigen Temperaturen (EGSB)
- Elimination von Spurenstoffen (Aktivkohlebiofilter, Ozon) und mikrobiellen Verunreinigungen (Ozon, UV)
- Luftstrippung ohne nachgeschalteten sauren Wäscher für den direkten Stickstoffeintrag in ein hydroponisches System
- MSR-Technik zur Datenerfassung, Überwachung und Entwicklung einer intelligenten Steuerung (neuronale Netze).
- Das Gesamtsystem stellt in Kombination mit dem hydroponischen System ein Multi-Barrieren-System dar.



Abbildung 2: Belebungsbecken (links) und Nachklärbecken (rechts) der Kläranlage Wolfsburg-Hattorf (Fotos: ISOE und ISWW)

### Analyseprogramm

- **Laboranalytik:** Analyse u.a. von pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, O<sub>2</sub>-Konzentration, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P und CSB mit Feldmessgeräten bzw. im Abwasserlabor
- **Ergänzende online Messungen:** kontinuierliche Überwachung der Wasserqualität anhand von ausgewählten Leitparametern (u.a. pH-Wert, Leitfähigkeit, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P) sowie zur Steuerung einzelner Module
- **Sonderanalytik:** Schwermetalle, Hygieneparameter und organische Spurenstoffe

### Betriebsstrategien hydroponisches System

- 2017: als Durchflusssystem mit einer nährstofflimitierenden Betriebsführung
- 2018: wasserlimitierende Kreislaufführung mit Nährstoffzudosierung (über Modul 3 Nährstoffmanagement)

### Kontakt

TU Braunschweig – Institut für Siedlungswasserwirtschaft | Pockelsstraße 2a | 38106 Braunschweig  
Alexa Bliedung | 0531 391 7948 | a.bliedung@tu-bs.de  
Prof. Dr. Thomas Dockhorn | 0531 391 7936 | t.dockhorn@tu-bs.de

GEFÖRDERT VOM



# Hydroponie: Effiziente Abwassernutzung zur Bereitstellung hygienisch sicherer Lebensmittel

## HypoWave: Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Paul Miehe und Dr. Jörn Germer, Institut für Tropische Agrarwissenschaften (Hans-Ruthenberg-Institut)



### Problemlage

Die Landwirtschaft ist weltweit der größte Verbraucher von Oberflächen- und Grundwasser und ihr Bedarf wird in den kommenden Jahrzehnten weiter zunehmen (1). Aufgrund des globalen Bevölkerungswachstums bei gleichzeitigem Anstieg des Wohlstandes erhöht sich die Nachfrage an Nahrungsmitteln und Agrarrohstoffen kontinuierlich. Der Klimawandel und die sich verknappenden natürlichen Ressourcen, wie z.B. kultivierbares Land, Phosphor, fossile Energieträger und die immer schwierigere Wasserversorgung, verlangen nach einer effizienteren Nutzung und Wiederverwertung der verfügbaren Ressourcen. Im Zuge der drastischen Zunahme und des Wachstums von urbanen Megastädten, bietet der hydroponische Anbau von hygienisch sicheren Lebensmitteln unter Einsatz von speziell aufbereitetem Abwasser die Möglichkeit, Wasserressourcen dezentral zu recyceln und somit hocheffizient zu nutzen.

### Aktuelle Bedeutung der Hydroponie

- 1980: weltweit 0,3 Mio ha Gewächshäuser, davon die Hälfte zur Zierpflanzenproduktion (2)
- 2003: Verdopplung auf mindestens 0,6 Mio ha
- Größter Teil der Gewächshausfläche für Gemüse und Obst liegt in China und Japan.
- Geführt von Spanien und den Niederlanden weist Europa eine Gesamtgewächshausfläche von 0,1 Mio ha auf und ist somit global das zweitwichtigste Gewächshausgebiet.
- Die Gewächshäuser in Europa zeichnen sich durch einen hohen Technologisierungsgrad aus.

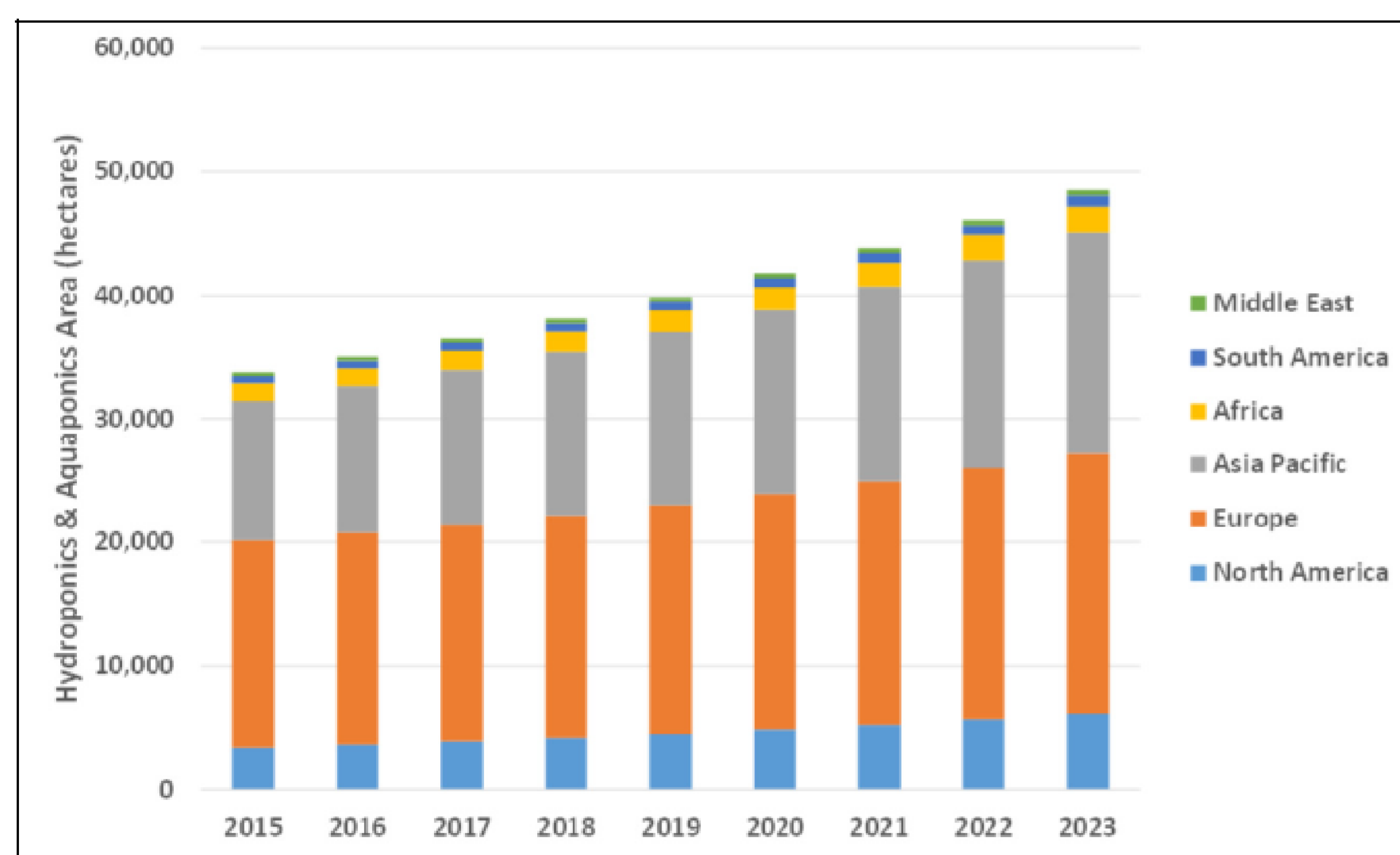


Abbildung 1: Aktuelle Fläche und erwartete Ausdehnung des hydroponischen Anbaus (3)

### Referenzen

- Website des Weltagrarberichts, Thema Wasser: <http://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/wasser.html> (Letzter Zugang: 29.11.2016)
- Wittwer, S. H./N. Castilla (1995): Protected Cultivation of Horticultural Crops Worldwide. HortTechnology, 5, 6–23
- Simpkins, D./B. D. Junge (2015): The Soilless Controlled Environment Agriculture (CEA) Industry. Hydroponics, Aquaponics, Issues, Crop Values, and Market Forecast Through 2023. Cannaan, NY, United States
- R. Somma (2008): Hydroponics with leafy vegetables. Uploaddatum: 04. Juni 2008. Wikimedia: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leafy\\_Greens\\_Hydroponics.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leafy_Greens_Hydroponics.jpg) (Letzter Zugang: 07.12.2016)

### Die Hydroponie

Die Hydroponie als bodenlose Form der Pflanzenproduktion erlaubt die Nutzung der urbanen nährstoffreichen Abwasserströme ohne in indirekte Flächenkonkurrenz mit der Bebauung und Infrastruktur der Städte zu treten. Geschützt vor den äußeren Umwelteinflüssen und bei optimaler Wasser- und Nährstoffversorgung erlaubt die Hydroponie ein Vielfaches der unter Freilandbedingungen möglichen Flächenproduktion. Somit können unidirektionale Nährstoffströme und Transportkosten reduziert und die Umwelt entlastet werden. Die Umsetzung verlangt einen hohen Grad an hygienischer Sicherheit.

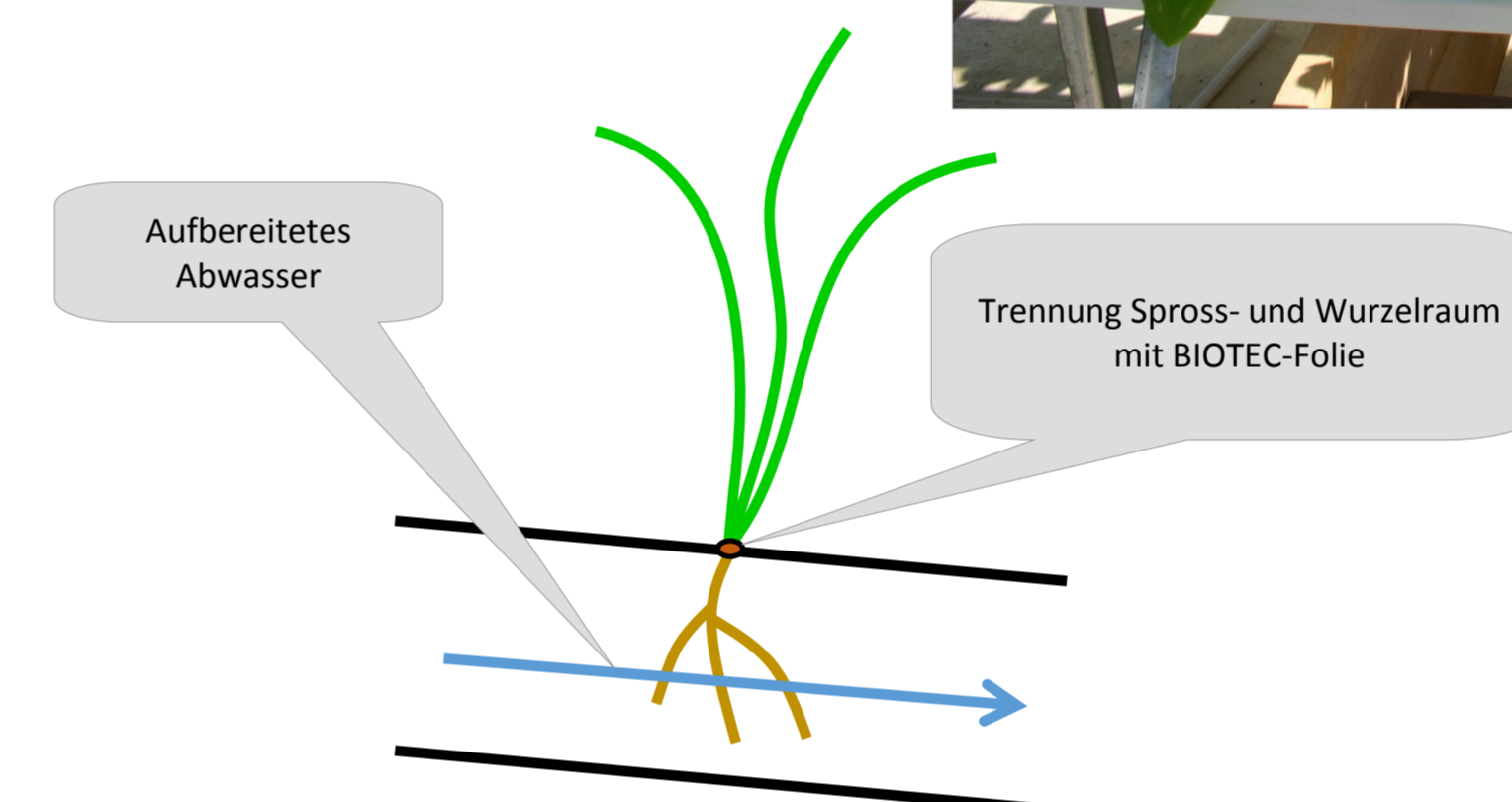


Abbildung 2: Hydroponisches System (4) und Trennung Spross- und Wurzelraum

### Zielsetzung der Themenlinie

- Im Siedlungsabwasser enthaltene natürliche Ressourcen, Wasser und Nährstoffe, effizient zur nachhaltigen Produktion hygienisch sicherer Nahrungsmittel heranzuziehen.
- Anpassung und Optimierung bisher entwickelter hydroponischer Konzepte, der Charakterisierung der Systemansprüche an das zugeführte Wasser und einer Validierung in Bezug auf Funktionalität, Produktion und Hygiene.
- Beschreibung der möglichen Optimierung in die Richtungen Wasser- und Nährstoffnutzungseffizienz
- Auswirkung der Bewässerung (Zyklen, Mengen, Temperatur etc.) auf Schadstoffaufnahme, -transport und -akkumulation in der Pflanze zu untersuchen.
- Testen der Spross- und Wurzelraumtrennung durch eine biologisch abbaubare BIOTEC-Folie zur Vermeidung von Luft und wasserbürtigen Kreuzkontaminationen.
- Definition von Standards für die Zulauf-Wasserqualität
- Validierung des Multibarrierensystems

### Kontakt

Institut für Tropische Agrarwissenschaften (Hans-Ruthenberg-Institut) (490) | Fg. Agrarökologie der Tropen und Subtropen (490f) | Garbenstr. 13 | 70599 Stuttgart  
Paul Miehe | 0711 459-23601 | paul.miehe@uni-hohenheim.de  
Dr. Jörn Germer | 0711 958-0375 | j.germer@uni-hohenheim.de

GEFÖRDERT VOM



# Konzept und Forschungsansatz des Projekts

## HypoWave

HypoWave: Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung



### Zielsetzung

In HypoWave wird erstmals ein hydroponisches System zur Pflanzenproduktion untersucht, das mit speziell aufbereitetem kommunalem Abwasser betrieben wird. 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.

### Pilotierung

Am Pilotierungsstandort, der Kläranlage Wolfsburg-Hattorf, werden die modular aufgebauten und im Rahmen des Projekts aufeinander abgestimmten Verfahren zur Abwasseraufbereitung in direkter Kopplung mit dem hydroponischen System betrieben.

### Fallstudien

Das Konzept der Nutzung von aufbereitetem kommunalem Abwasser in hydroponischen Systemen wird in den Fallstudien

- **Griesheim** (Hessisches Ried),
- **Wolfsburg-Hattorf**,
- **Évora** (Portugal) und im
- **Dreiländerpark Euregio Maas-Rhein** (Grenzregion Belgien, Deutschland und Niederlande)

an unterschiedliche Rahmenbedingungen angepasst. Des Weiteren erfolgt eine erste Abschätzung, 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.

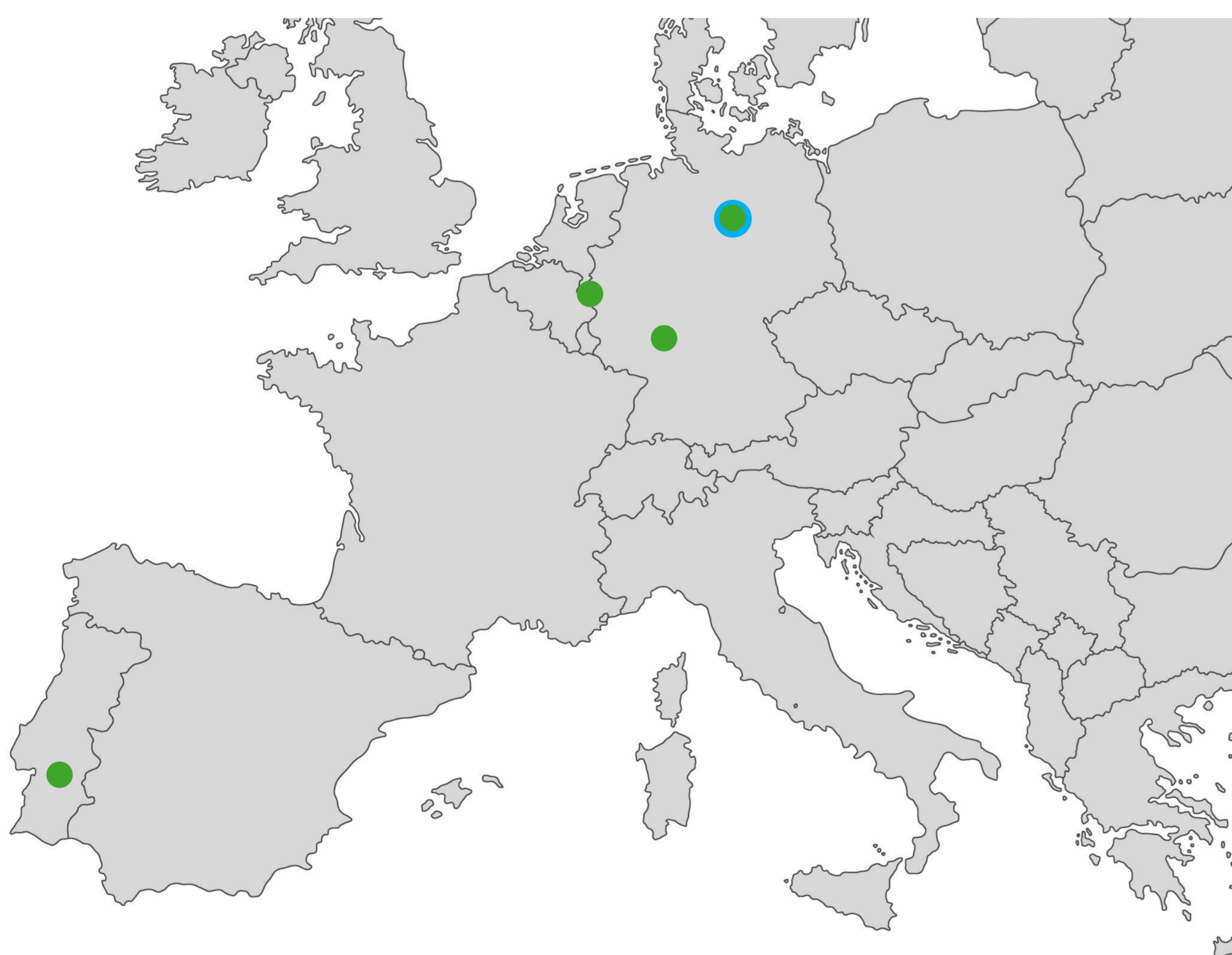


Abbildung 2: Pilotierungsstandort (blau) und Fallstudien (grün)

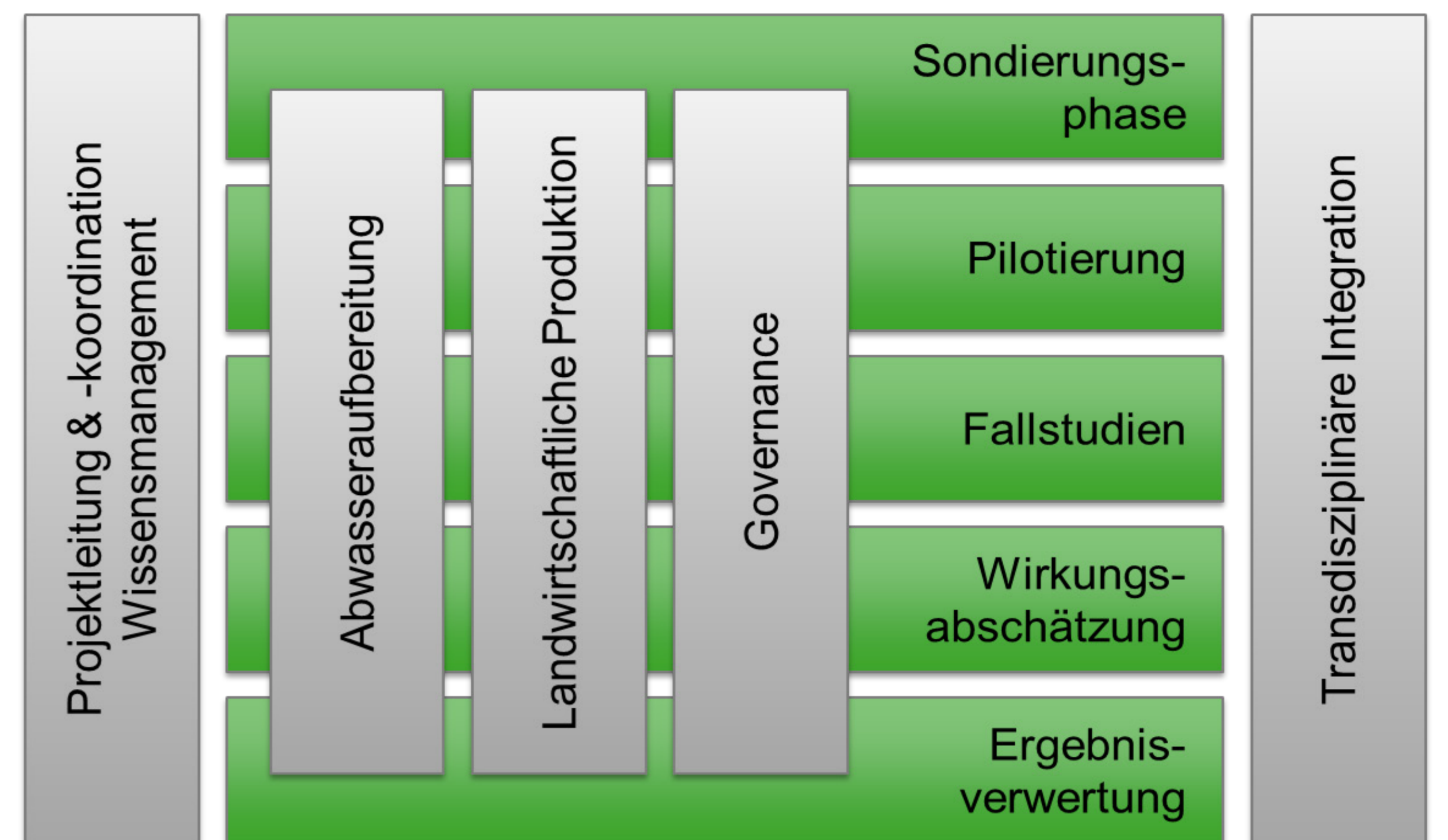


Abbildung 1: Projektstruktur HypoWave mit den Themenlinien, Prozessschritten in der Produktentwicklung und den stützenden und begleitenden Säulen

### Wirkungsabschätzung

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.

### Transdisziplinäre Integration

Der Stakeholderdialog verankert Meinungen, Wissen und Bedürfnisse unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen im Projekt und leistet damit einen Beitrag zur transdisziplinären Integration. Alltägliche, in der Berufspraxis begründete Erfahrungshorizonte, Problemstellungen und Werturteile ergänzen die transdisziplinäre Wissensgenerierung.

### Ergebnisverwertung

Im Rahmen der Ergebnisverwertung entstehen auf der Grundlage der Wirkungsabschätzung und der Praxisorientierung im Stakeholderdialog folgende Konzepte für die Übertragung der Ergebnisse:

- Werkzeug für Potentialabschätzung und die Entscheidungsfindung
- interaktive Infografiken
- Leitfaden zum Betrieb hydroponischer Systeme für potentielle Anwender
- Empfehlungen zur Anpassung von Gesetzen, Richtlinien und Standards

### Kontakt

TU Braunschweig – Institut für Siedlungswasserwirtschaft | Pockelsstraße 2a | 38106 Braunschweig  
Prof. Dr. Thomas Dockhorn | 0531 391 7936 | t.dockhorn@tu-bs.de

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung | Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main  
Dr. Martina Winker | 069 707 69 19-53 | winker@isoe.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# Governance: Institutioneller Rahmen und Kooperationsmodelle

## HypoWave: Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Björn Ebert, ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung



### Forschungsbedarf und Forschungsfragen

- Welche Akteurskonstellationen begünstigen Innovationen an der Schnittstelle zwischen Landwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft?
- Auf welchen geteilten Wertvorstellungen der betroffenen Akteure können Kooperationsformen aufgebaut werden? Wo besteht Konfliktpotential?
- Welche Modelle und Formen von Kooperation tragen der innovationsbedingten Neuordnung der Akteursbeziehungen Rechnung?

## Governance

### Akteure und Institutionen Polity

- Stakeholderidentifikation: Welche Interessen- und Wissensträger sind von der Innovation hydroponischer Systeme betroffen?

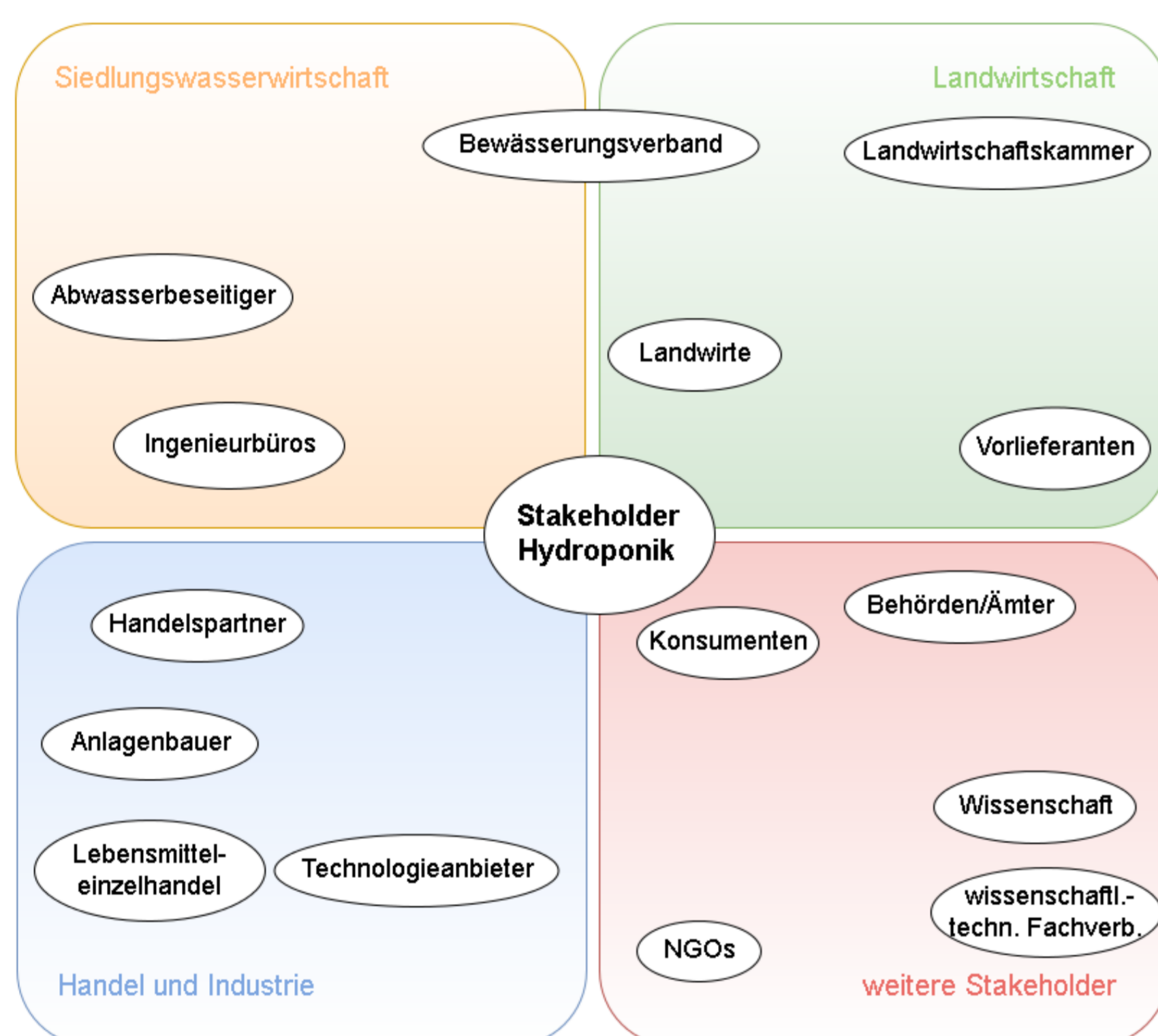


Abbildung 1: Systematisierung der Stakeholder

- Mit hydroponischen Systemen verändern sich die Akteursbeziehungen zwischen Siedlungswasserwirtschaft, Landwirtschaft, Industrie, Handel, Konsumenten und Kreditwirtschaft. Analyse der netzwerkartigen, sich über mehrere politische, ökonomische und gesellschaftliche Ebenen erstreckenden Kooperationsformen.

### Inhalte Policy

- Kopplung der Versorgungssysteme Wasser und Ernährung: Verringerung des Wasserbedarfs für landwirtschaftliche Bewässerung, des Flächenbedarfs und des Düngemiteleinsatzes durch Verbleib pflanzenspezifischer Nährstoffmengen im wiederverwendeten Abwasser
- Identifikation möglicher Zielkonflikte, unerwünschter Folgeproblematiken und unterschiedlicher Bewertungen
- Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten: Herausforderung der Entwicklung von „Win-Win“-Situations, die auf hohe Akzeptanz stoßen



Abbildung 2: Themencluster Hydroponik (Fotos: ISOE)

### Prozesse Politics

- regulative Governance: kollektiv verbindliche Gesetze und Normen
- liberale Governance: überwiegend informelle Formen der (freiwilligen) Selbstregulierung und der ‚best practice‘; marktwirtschaftliche Anreizsysteme
- partizipative Governance: Informationskanäle, Formen der Bürger- und Verbändebeteiligung, der Beratung und des wechselseitigen Lernens

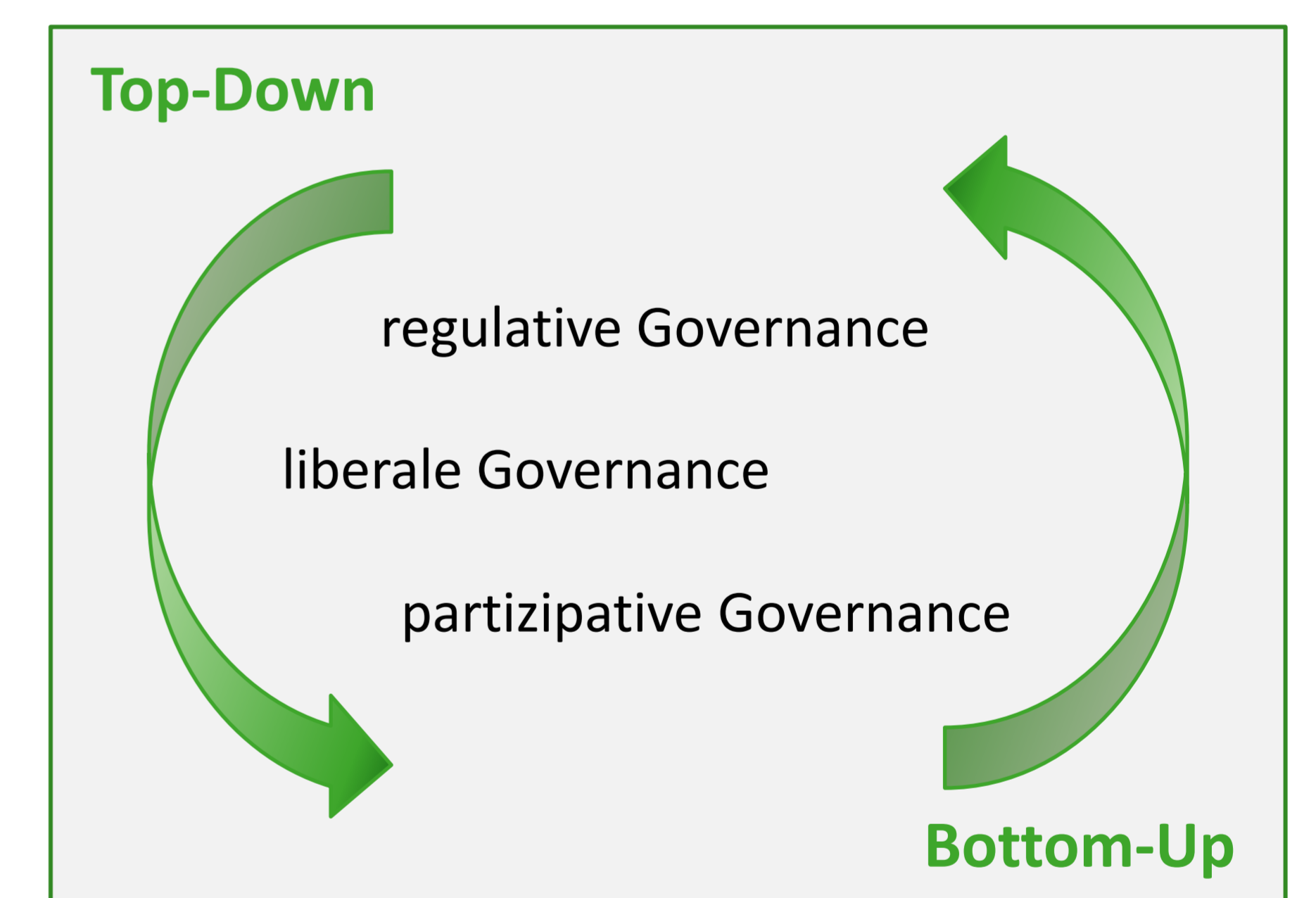


Abbildung 3: Governance-Formen zwischen Top-Down und Bottom-Up

- Prozesse, die vom Gesetzgeber ausgehen (Top-Down), und Prozesse, die in der Zivilgesellschaft ihren Ursprung haben (Bottom-Up), ergänzen sich dabei.

### Zielsetzung der Themenlinie

Die Entwicklung von Kooperationsmodellen zwischen den bislang wenig vernetzten Sektoren Landwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft ergänzt die Verknüpfung technischer Komponenten und trägt damit unmittelbar zu deren Umsetzbarkeit bei.

### Kontakt

ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung | Hamburger Allee 45 | 60486 Frankfurt am Main  
Björn Ebert | 069 707 69 19 -28 | ebert@isoe.de  
Dr. Engelbert Schramm | 069 707 69 19- 17 | schramm@isoe.de