

# HypoWave+ Implementierung eines hydroponischen Systems als nachhaltige Innovation zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Statusseminar der BMBF-Fördermaßnahme  
Wassertechnologien: Wiederverwendung (WavE II)  
8. Februar 2023, DECHEMA, Frankfurt am Main

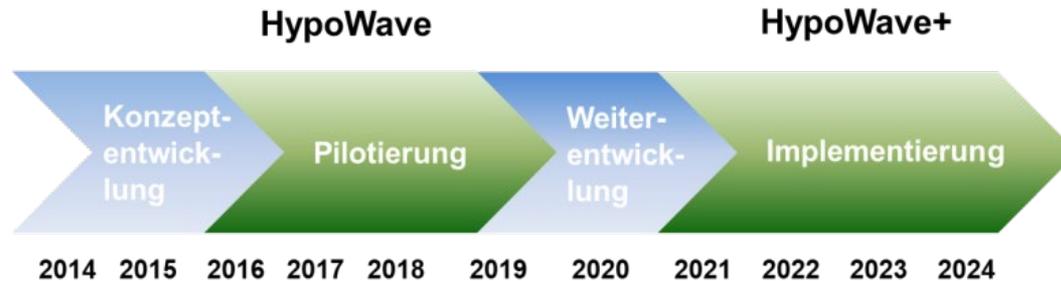
Prof. Dr.-Ing. Thomas Dockhorn



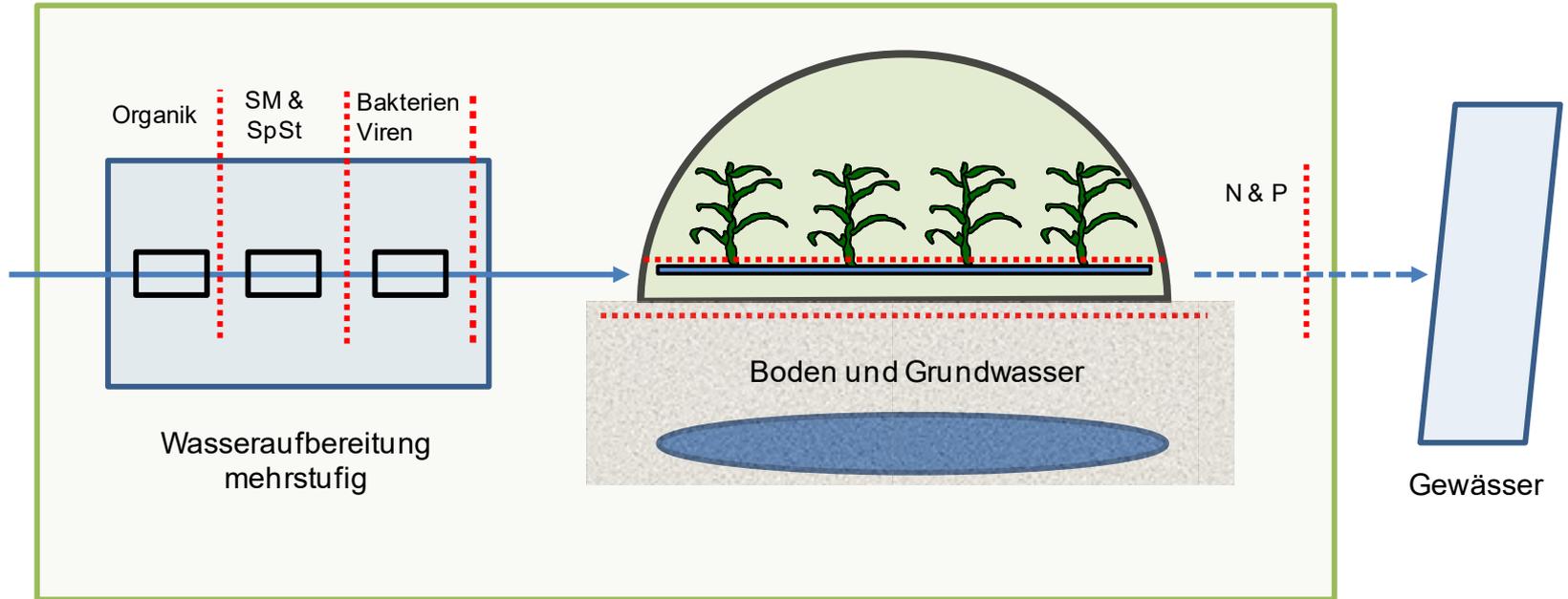
Foto: Klaus D. Wolf

## Projektziele HypoWave/HypoWave+

- ▶ Entwicklung einer nachhaltigen Gesamtsystemlösung
- ▶ Hohe Ressourceneffizienz (→ Wasser und Nährstoffe)
- ▶ Erzeugung qualitativ hochwertiger Produkte (→ Schadstoffe und Hygiene)
- ▶ Abwasseraufbereitung: so viel wie nötig (→ Ermittlung von Systemgrenzen)
- ▶ Erste großtechnische Implementierung des Systems



# HypoWave - das Multibarrierenkonzept



SM: Schwermetalle    SpSt: Spurenstoffe

..... Barriere

Abb.: T. Dockhorn, 2022



Nutzung des Ablaufs eines Klärteichs zur Gemüseproduktion im Landkreis Gifhorn  
Eine HypoWave-Fallstudie  
M. Mohr, B. Ebert, E. Schramm, J. Germer, G. Bürgow



Weitergehend aufbereitetes kommunales Abwasser als alternative Wasserressource im Hessischen Ried  
Eine HypoWave-Fallstudie  
B. Ebert, T. Günkel-Lange, J. Parniske, E. Schramm

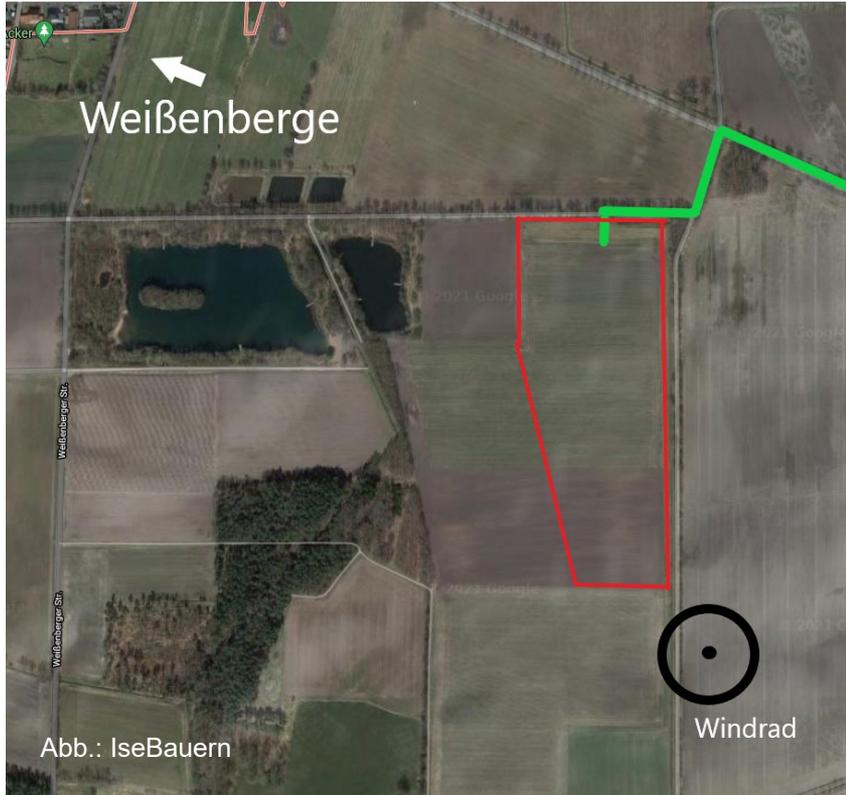


Modulares Wasser- und Nährstoffrecycling zur Schnittblumenproduktion in der Gemeinde Raeren, Belgien  
Eine HypoWave-Fallstudie  
M. Fischer, M. Beckett, G. Bürgow, B. Ebert



Concept for sustainable wastewater treatment and water reuse in the Alentejo, Portugal  
A HypoWave Case Study  
Jörn Germer, Björn Ebert, Marius Mohr

# Der Projektstandort in Weißenberge



## Die Arbeitspakete

---

- ▶ **AP1 Bewässerungswasser:** Wasseraufbereitung (HUBER SE) ist gebaut, hat den ersten Testbetrieb erfolgreich gemeistert und ist bereit für einen Standortwechsel; Pilotanlage AK-Biofilter (ISWW) befindet sich Testbetrieb
- ▶ **AP2 Pflanzenproduktion:** Untersuchungen im Gewächshaus UHOH laufen, erste Untersuchungsergebnisse liegen vor
- ▶ **AP3 Digitalisierung:** Entwicklung d. Steuerungskonzepts parallel zur GW-Planung
- ▶ **AP4 Reallabor** startet mit großtechnischer Implementierung
- ▶ **AP 5 Qualitätsmanagement** hat seine Arbeit Mitte 2021 aufgenommen
- ▶ **AP6 Übertragbarkeit** kann erst parallel zur Inbetriebnahme der Großtechnik starten
- ▶ **AP 7 Projektkoordination**
- ▶ Aktueller Stand **Planungs- und Genehmigungsprozess**

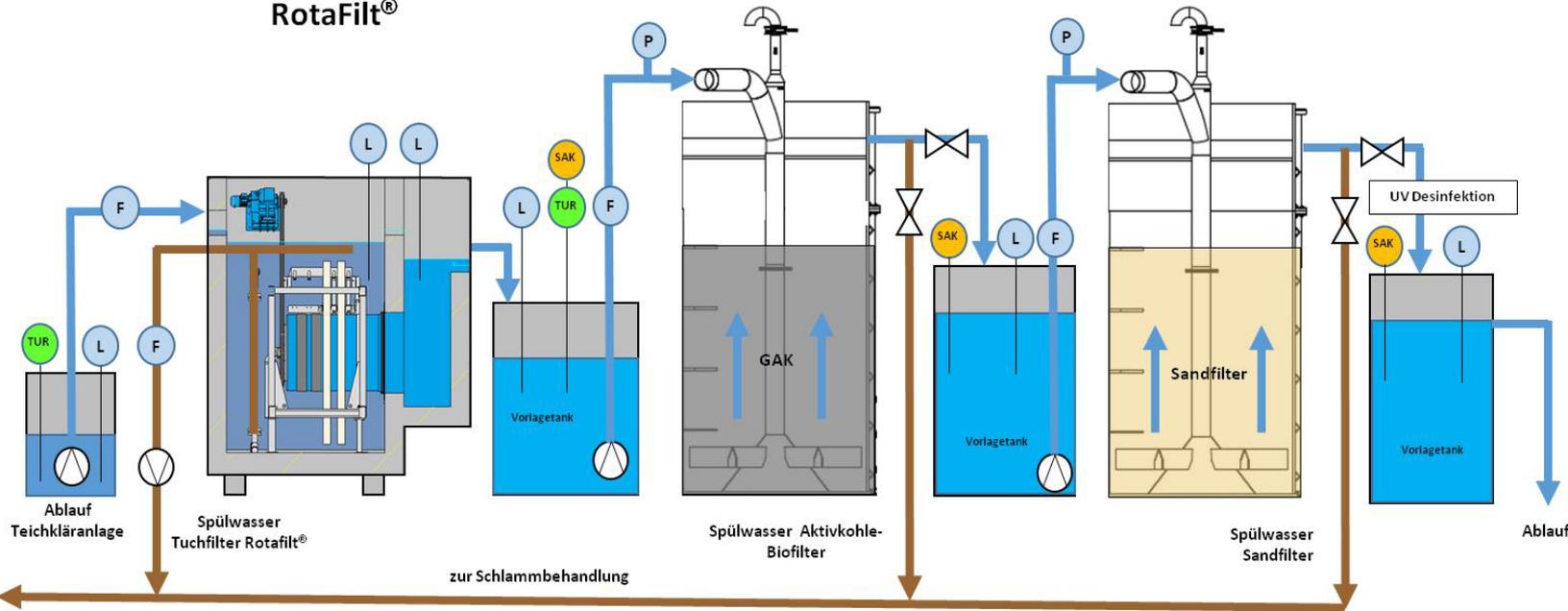
# AP1 Aufbereitung des Bewässerungswassers

## Vorfiltration HUBER Tuchfilter RotaFilt®

## GAK-Biofilter

## Sandfilter

## UV-Desinfektion



**Legende:**

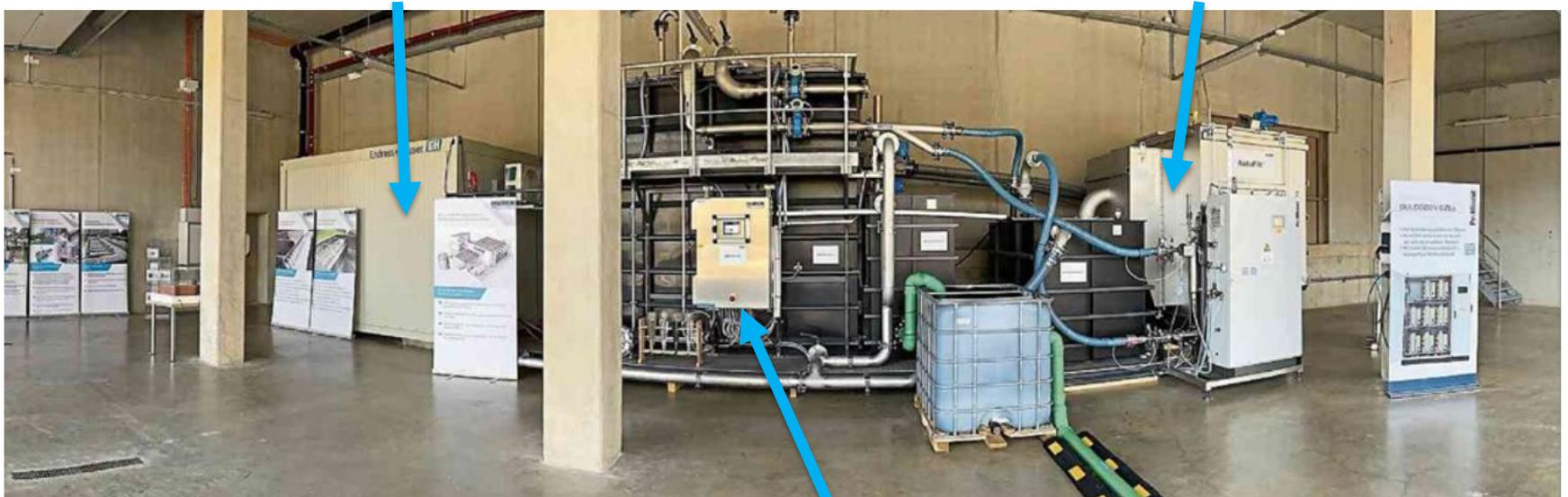
F	Durchfluss
L	Füllstand
T	Temperatur
P	Druck
RH	Redox Potential
pH	pH Wert
TUR	Trübung
SAK	Spektraler Absorptionskoeffizient

Quelle: HUBER

# AP1 HUBER Anlage am Versuchsstandort Grevenmacher

20" Messtechnik Container

HUBER Tuchfilter RotaFilt



Quelle: HUBER

GAK- Biofilter

# AP2 – Pflanzenproduktion

Zwei Hydrokulturversuche wurden in einem Gewächshaus der Universität Hohenheim (Stuttgart) durchgeführt.

## Experimental Design

- ◆ 24 Hydroponische Sets mit je 6 Pflanzen (Fig. 2b)
- ◆ 101.8 l Nährlösung pro Set
- ◆ **Niedrig konzentrierte Nährlösung:** 20 mg/l  $N_{tot}$ , 5 mg/l  $PO_4-P$
- ◆ **Relative Luftfeuchtigkeit:** Trocken < 40 %, Feucht: 70 – 80 %

## Experiment 1

Analyse der Nährstoffaufnahme, des Pflanzenwachstums und der Pflanzenphysiologie vier verschiedener Tomatensorten in einer **niedrig konzentrierten Nährlösung** unter dem Einfluss **verschiedener Luftfeuchtigkeiten**.

## Experiment 2

Untersuchung der Auswirkung von vier konstanten **Ammonium-Nitrat-Verhältnissen** (%  $NH_4$  von  $N_{tot}$ ) auf die Biomasseproduktion, die Nährstoffnutzungseffizienz und die Enzymaktivitäten von Tomaten unter zwei verschiedenen Luftfeuchtigkeiten.



Fig. 1: Überblick über den Versuchsaufbau im Gewächshaus

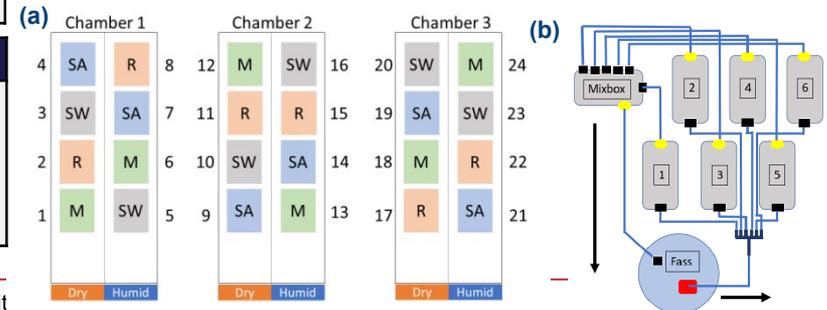


Fig. 2: (a) Versuchs design des ersten Versuchs (b) Darstellung eines Hydroponischen Sets

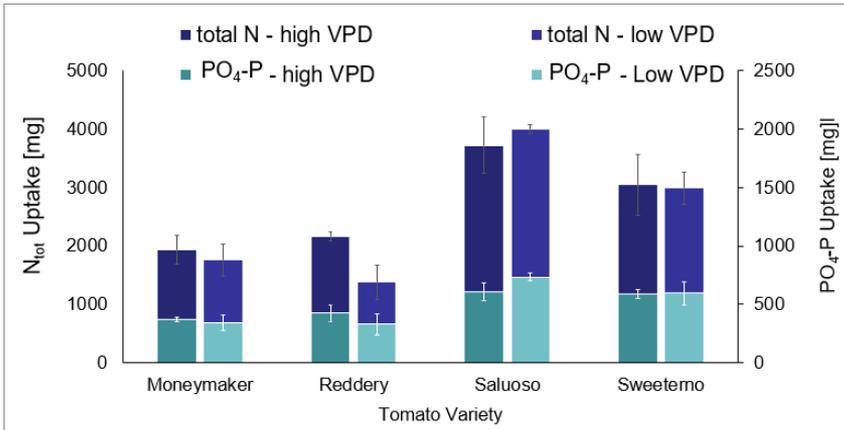


Fig. 3: Nährstoffaufnahme einer Pflanze von vier verschiedenen Tomatensorten aus der Nährlösung innerhalb von 30 Tagen in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit

- ◆ Signifikanter Unterschied in der Nährstoffaufnahme zwischen den Sorten
- ◆ Luftfeuchtigkeit beeinflusst die Nährstoffaufnahme der Sorte Reddery

**Die Sortenwahl ist ein wichtiges Instrument zur Steuerung des Nährstoffentzugs aus dem Wasser.**

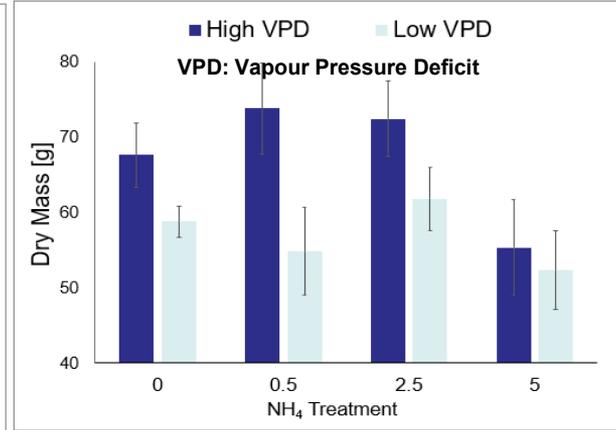


Fig. 4: Trockenmasse-Produktion einer Pflanze innerhalb von 30 Tagen beeinflusst vom NH<sub>4</sub>/N<sub>tot</sub>-Verhältnis und Luftfeuchtigkeit

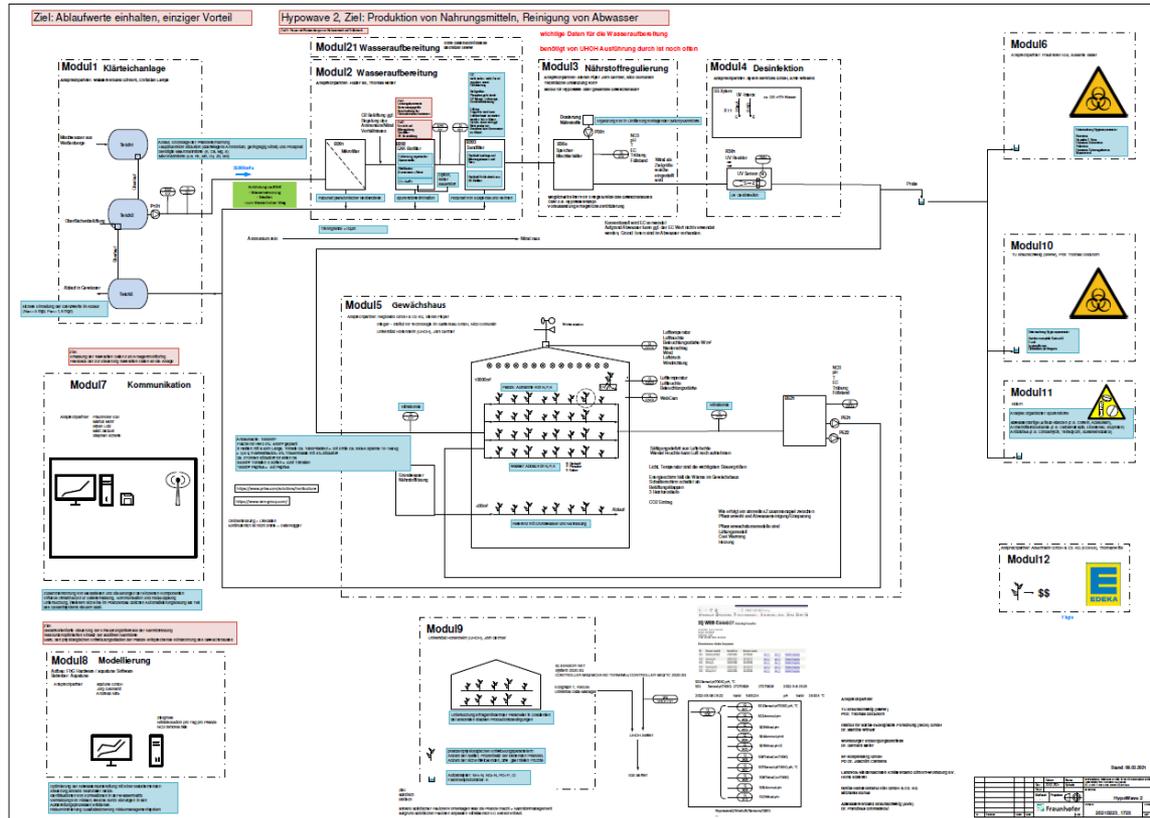
- ◆ Die höchste TM-Produktion erfolgt in einem trockenem Klima und bei einer konstanten Zugabe von 0,5 % NH<sub>4</sub>

**Die Optimierung des NH<sub>4</sub>/N<sub>tot</sub>-Verhältnisses erhöht die Pflanzenproduktion.**



Fig. 4: Tomatensorte Saluoso 16 Tage nach dem Umpflanzen in der Kammer mit niedrigem Luftfeuchtigkeit

# AP3 Digitalisierung & Monitoring - Übersicht Prozessschema



Quelle: IGB

- ▶ Kontinuierlicher Prozess: Erfassen aller Datenquellen und Eingriffsmöglichkeiten in das Prozess-Schema
- ▶ Voruntersuchungen zu Pflanzenanbau in Hohenheim (2022): Daten in entwickelter Struktur auf Server des Fraunhofer IGB erfasst
- ▶ Anlage in Weißenberge: ein zentraler Rechner zur Datenerfassung geplant
- ▶ Vortrag auf 13th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse in Chennai (01/2023): *„Artificial Neural Networks as a tool for optimization and risk management in water reuse“*

- ▶ Ziel: Entwicklung eines integrierten Qualitätsmanagements (QM) von der Wasseraufbereitung über die Nahrungsmittelproduktion bis zum Produktverkauf.
- ▶ Fokus: Erarbeitung einer speziell auf das hydroponische Wasserrecycling ausgerichteten Qualitätssicherung (QS), insb. eines Risikomanagements (RM)
- ▶ Methoden: Literaturstudie (citavi), Dokumentenanalyse (MAXQDA), Experteninterviews (Leitfaden)
- ▶ Quellen: wissenschaftliche Artikel, Zertifizierungssysteme und Richtlinien, gesetzliche Regelungen zum Wasserrecycling insb. in der EU, Erfahrungen aus Interviews

## ▶ Zwischenergebnisse (vorläufig): Texte für die Dokumentenanalyse

Abwasser-entsorgung	Trinkwasserversorgung	Lebensmittel	Wasserwiederverwendung
DVGW W 1000; DWA Merkblatt 1000; DIN EN ISO 9001	DVGW W 1000; WHO Water Safety Plan Manual; DIN EN 15975-2; DIN EN 15975-1	Q+S; GlobalGAP; DIN 19650 (1999); DIN EN ISO 22000; FSSC 22000; IFS-Zertifizierung; BRCGS; EFSIS Safe & legal Standard	WHO Potable Reuse; WHO Guidelines (2006) ISO 16075:2020; ISO 20419:2018; Wastewater quality guidelines for agricultural reuse (1987/1999) (FAO); Guideline for water reuse (EPA); JRC – Technical guidance Water Reuse Risk Management for Agricultural Irrigation Schemes in Europe (2022); BfR Berichte (2021), EU Verordnung 2020/741

## ▶ Nächste Schritte:

- ▶ Experteninterviews: Hinweise zur praktischen Handhabung zu QM, QS, RM
- ▶ Einbeziehung der Praxispartner zur Vorbereitung der gemeinsamen Konzeptentwicklung für das integrierte QM

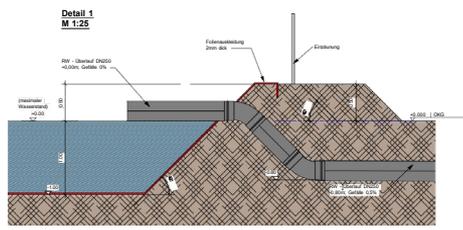
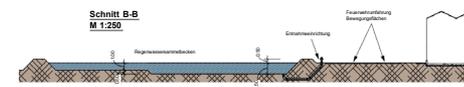
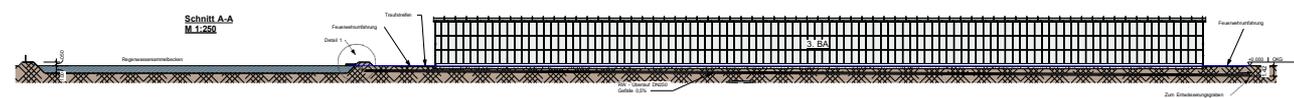
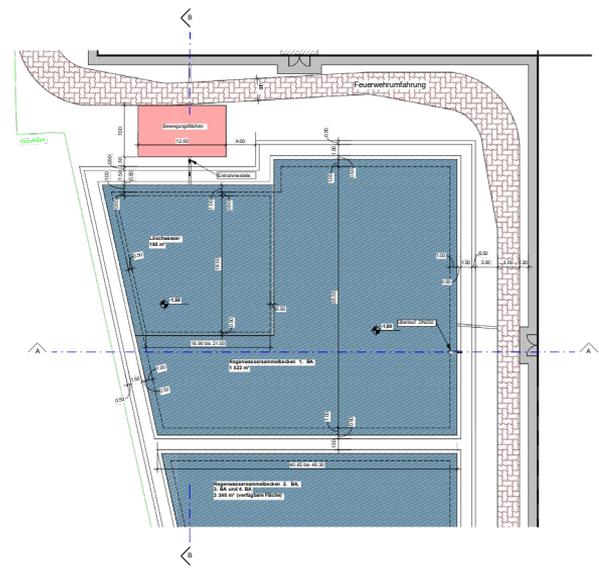
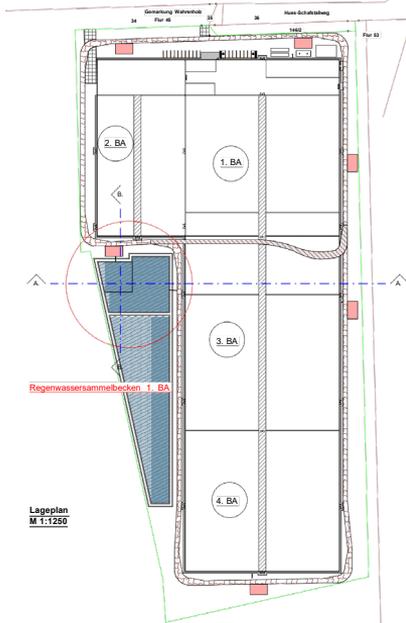
## Zeitplan und aktueller Stand

---

- ▶ Seit Projektstart 2021 Zeitverzug >1 Jahr absehbar  
Plan: kostenneutrale Verlängerung bis 12/2024
- ▶ Warten auf die Baugenehmigung; Start Bau Frühjahr 2023, Start Gemüseanbau 02/2024
- ▶ Vor 3 Wochen: überarbeitete Kostenplanung des Gewächshausplaners:  
Baukostensteigerung von 3 Mio. auf > 6 Mio. €
- ▶ Seither: intensive Diskussion von Alternativen
- ▶ Derzeitiger Favorit: Bau eines günstigeren und kleineren Foliengewächshauses (z.B. 1.000 anstatt 10.000 m<sup>2</sup>)
- ▶ Ziel: schnellere Realisierbarkeit und Halten des Zeitplans



# Die Planung...



Gefoma		Gefoma	
Gefoma		Gefoma	
Bezeichnung:	Neubau einer Gewächshausanlage	Zeichnungsnummer:	
Standort:	Haller-und-Heller-Str. 9 29308 Wahrenstorf	Projektor:	
Architekt:	Herr S. Pieper 29308 Wahrenstorf	Gezeichnet:	
Geplant:	GEFOMA GmbH Großbeeren Ingenieur- und Planungsgesellschaft Geotechnik - Bauplanung - Gebäudetechnik Wenden-Grabenweg 10/11   14878 Berlin-Neukölln Tel: 030 639 9000   Fax: 030 639 9001 info@gefoma.de   www.gefoma.de	Geprüft:	
Zweck:	Genehmigungsplanung	Gezeichnet:	
Zweck:	Regenwasser-sammelbecken 1. BA	Geprüft:	
Maßstab:	Wie angegeben	Blatt:	1 x 5/14
Blatt:	2002019_4_3000_1/02	Blatt:	

## ...und mögliche Alternative...



Quelle: Poppen Gewächshäuser

Implementierung eines hydroponischen Systems als nachhaltige Innovation zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung (HypoWave+)



Foto: Klaus D. Wolf

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

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

FKZ: O2WV1562A-K