HYPOWAVE

Arbeitsmaterial Abwasser
Einblicke in die Herstellung von Bewässerungswasser

HypoWave Abschlusstagung
08. November 2019, Braunschweig

Alexa Bliedung

SPONSORED BY THE
Federal Ministry of Education and Research
FONA Nachhaltiges Wassermanagement BMBF

Aufbereitungstechnologien

Kenndaten der Pilotierung (abwasserseitig)

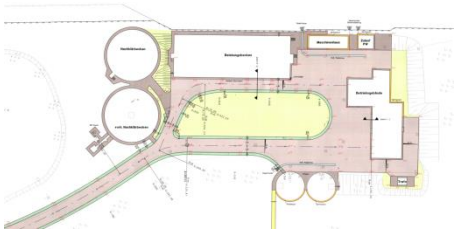


Foto: WEB

Kläranlage Hattorf

Kenndaten:

- Aerobes Verfahren
- Belebtschlammverfahren
- Q = ca. 390.000 m³/a
- C, N und P Elimination

Foto: ISWW

Ozonanlage

Kenndaten:

- oxidatives Verfahren
- $V_{Reaktor}$ = 300 l
- Ozondosis = 3–15 g/m³

Foto: ISWW

EGSB

Kenndaten:

- anaerobes Verfahren
- $V_{Reaktor}$ = 0,3 m³
- Q_h = 30–70 L/h
- HRT = 4,5–10,5 h
- Y = 0,34 L/g CSB

Foto: ISWW

SBR

Kenndaten:

- aerobes Verfahren
- Nitrifikation
- $V_{Reaktor}$ = 0,96 m³
- $V_{Austausch}$ = 0,24 m³

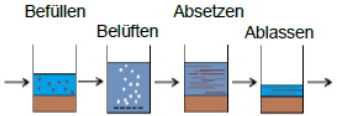


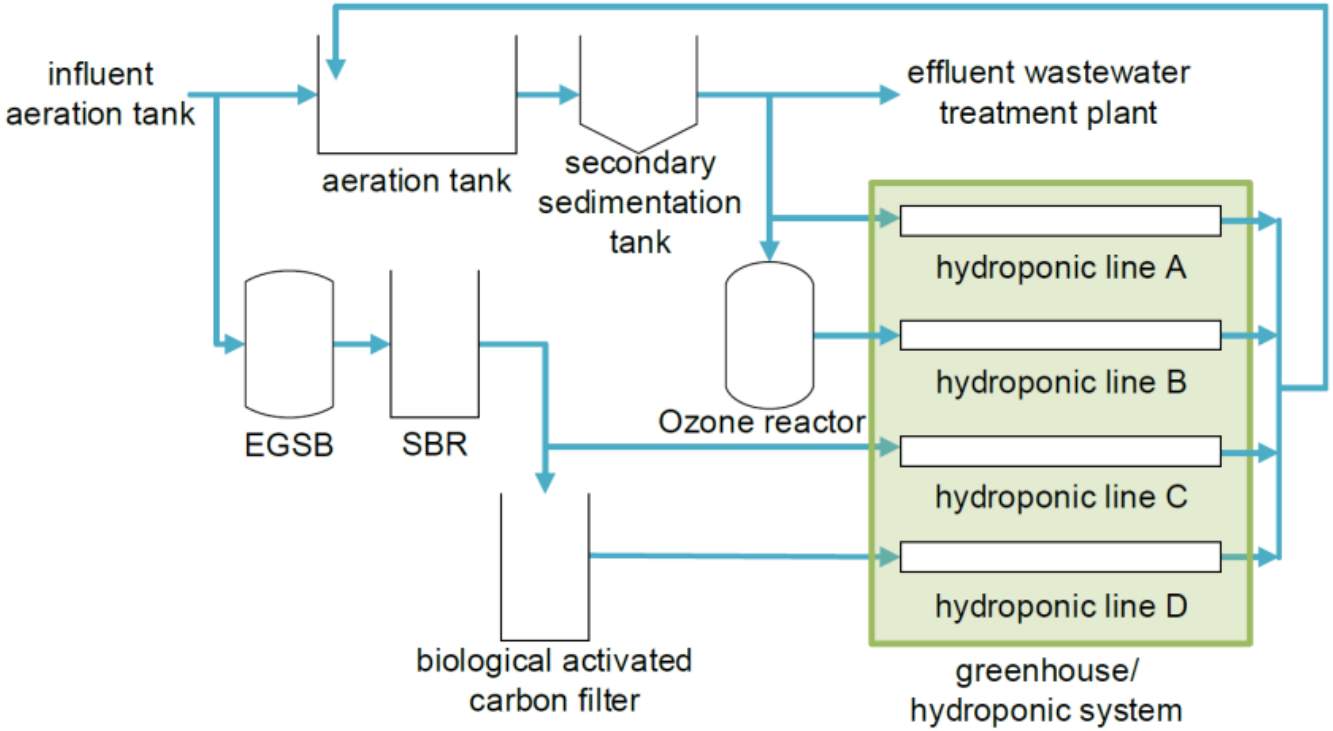
Foto: ISWW

Aktivkohlebiofilter

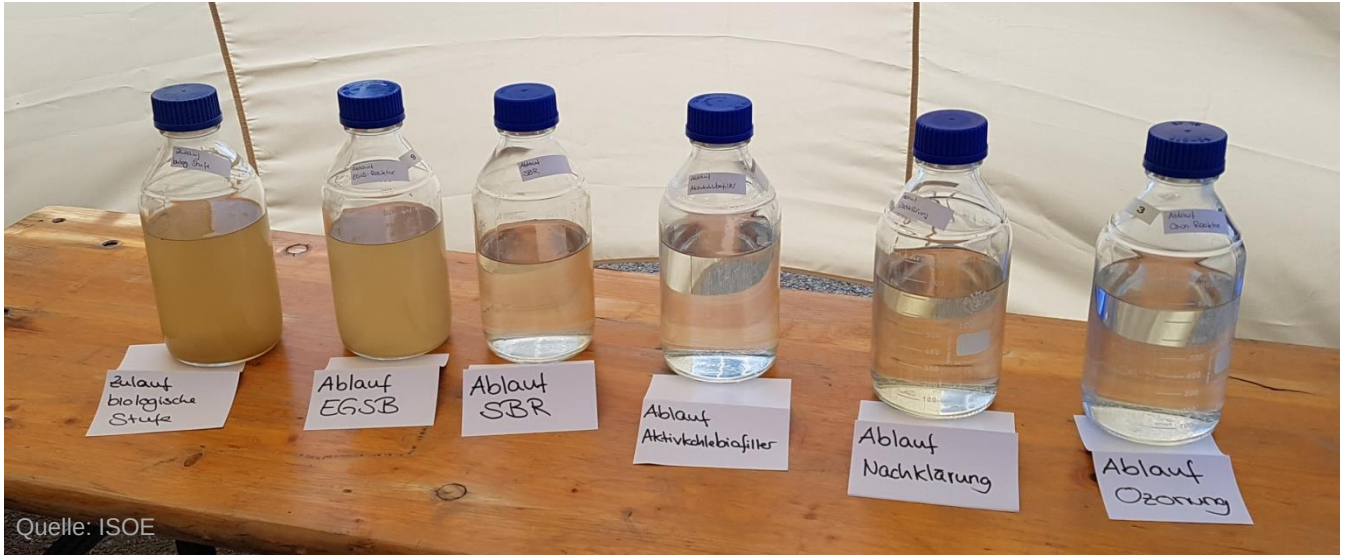
Kenndaten:

- aerobes Verfahren
- $V_{Reaktor}$ = 0,14 m³
- Q_h = 30–60 L/h
- EBCT = 2–4 h
- Körnung = 2,36–4,75 mm

Aufbau der Pilotierung

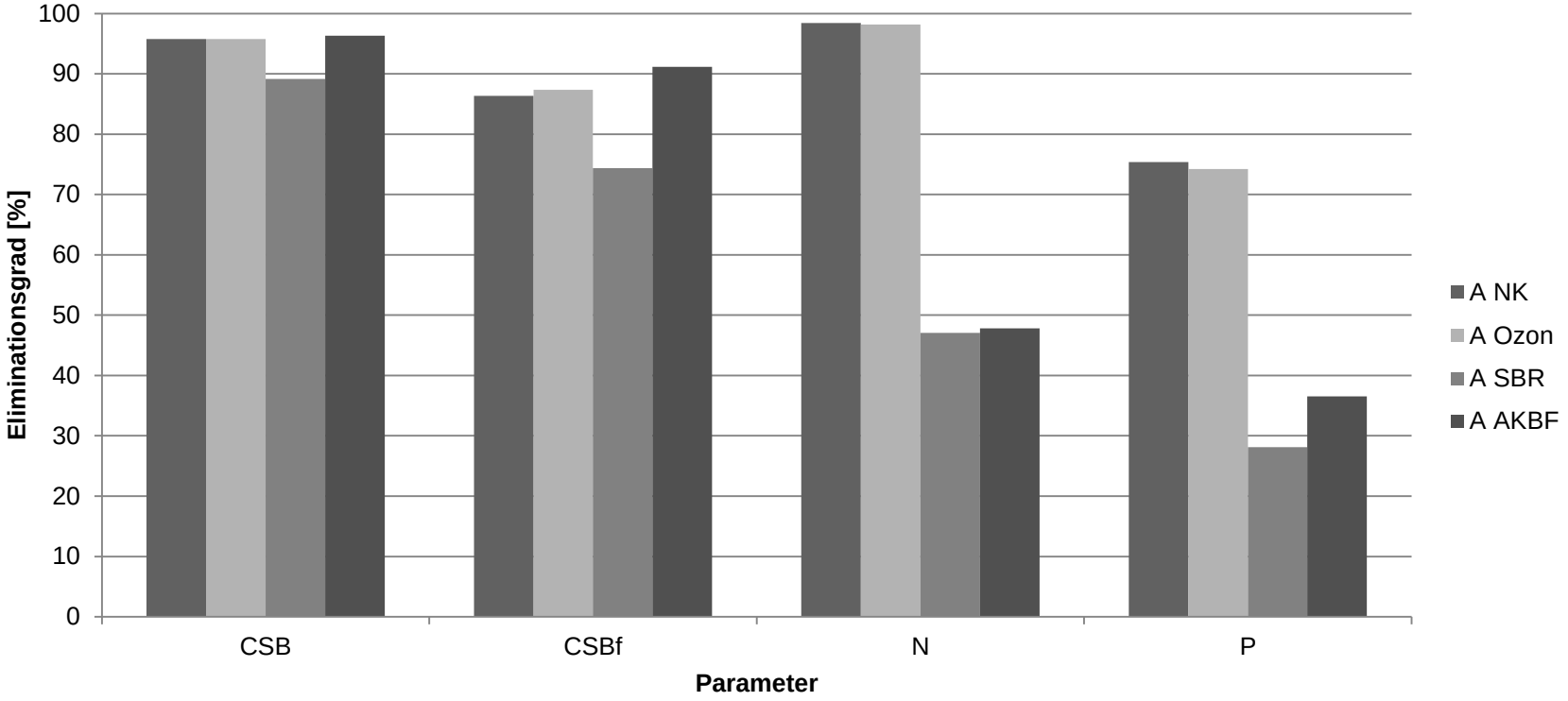


Bewässerungswasser

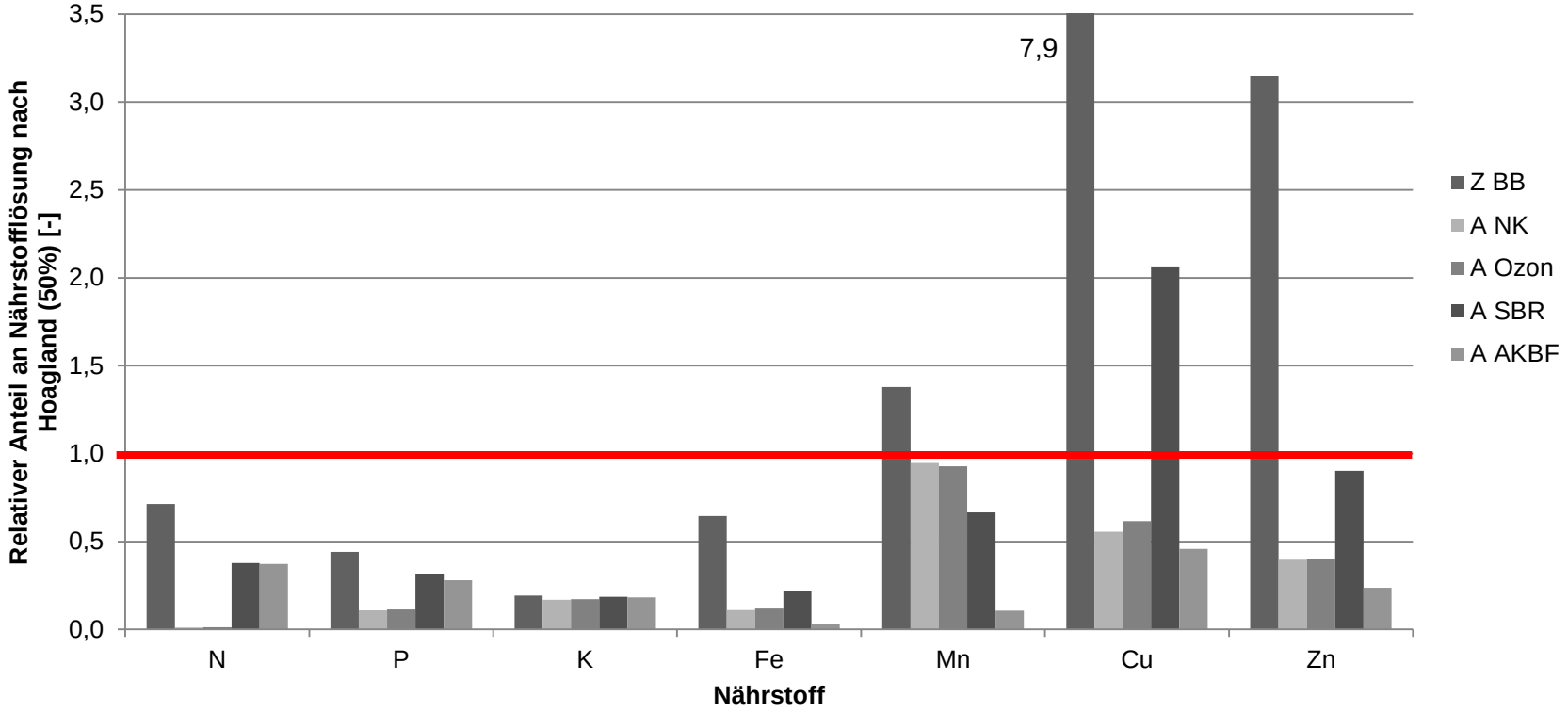


Quelle: ISOE

Relevante Parameter für die konventionelle Abwasserreinigung



Zusammensetzung des Bewässerungswassers hinsichtlich ausgewählter Nährstoffe (2017-2019)



Korrigierter Mittelwert der Schwermetallkonzentration (2017-2018)

		Z BB	EGSB-SBR	EGSB-SBR-AKBF	NK-Ozon	TrinkwV	TLL[1)]	DIN 19684-10	EPA 2012[2)]
Pb	µg/L	7,73 (<4 – 17,9)	5,65 (<4 – 15,3)	5,05 (<4 – 12,1)	5,35 (<4 – 12)	10	≤ 100	100	5000
Cd	µg/L	0,23 (<0,4 – 0,9)	0,21 (<0,4 – 0,6)	0,2 (<0,4)	0,2 (<0,4)	3	≤ 4	10	10
Cr	µg/L	3,07 (<0,4 – 9)	1,34 (<2 – 7)	1,0 (<2,0)	1,09 (<2 - 6)	50	≤ 100	50	100
Fe	mg/L	1,25 (0,19 – 8,3)	0,46 (0,085 – 6,9)	0,06 (<0,01 – 0,15)	0,25 (0,07 – 0,67)	0,2	≤ 1,5	10	5
Cu	µg/L	122 (26,3 – 346)	33,41 (6,0 – 232)	5,12 (<5 – 25,5)	8,89 (<5 – 34,8)	2000	≤ 100	1000	200
Mn	mg/L	0,08 (0,05 – 0,15)	0,04 (0,01 – 0,34)	0,001 (<0,002 – 0,02)	0,05 (0,02 – 0,36)	0,05	≤ 1,5	1	0,2
Zn	µg/L	202 (57,10 – 569)	54,53 (13,3 – 326)	10,85 (5 – 23,8)	25,01 (13,6 – 52,3)	-	≤ 300	2000	2000

1) Pfleger, I. (2010): Bewässerungsqualität – Hygienische und chemische Belange. Hg. V. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Jena (52.06), online verfügbar unter https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00020405/Bew%c3%a4sserungswasserqualit%c3%a4t.pdf, zuletzt geprüft am 17.09.2018

2) U.S. EPA (2012): Guidelines for water reuse. Hg. V. United States Environment Protection Agency, online verfügbar unter https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf, zuletzt geprüft am 17.09.2018

Mikroschadstoffe

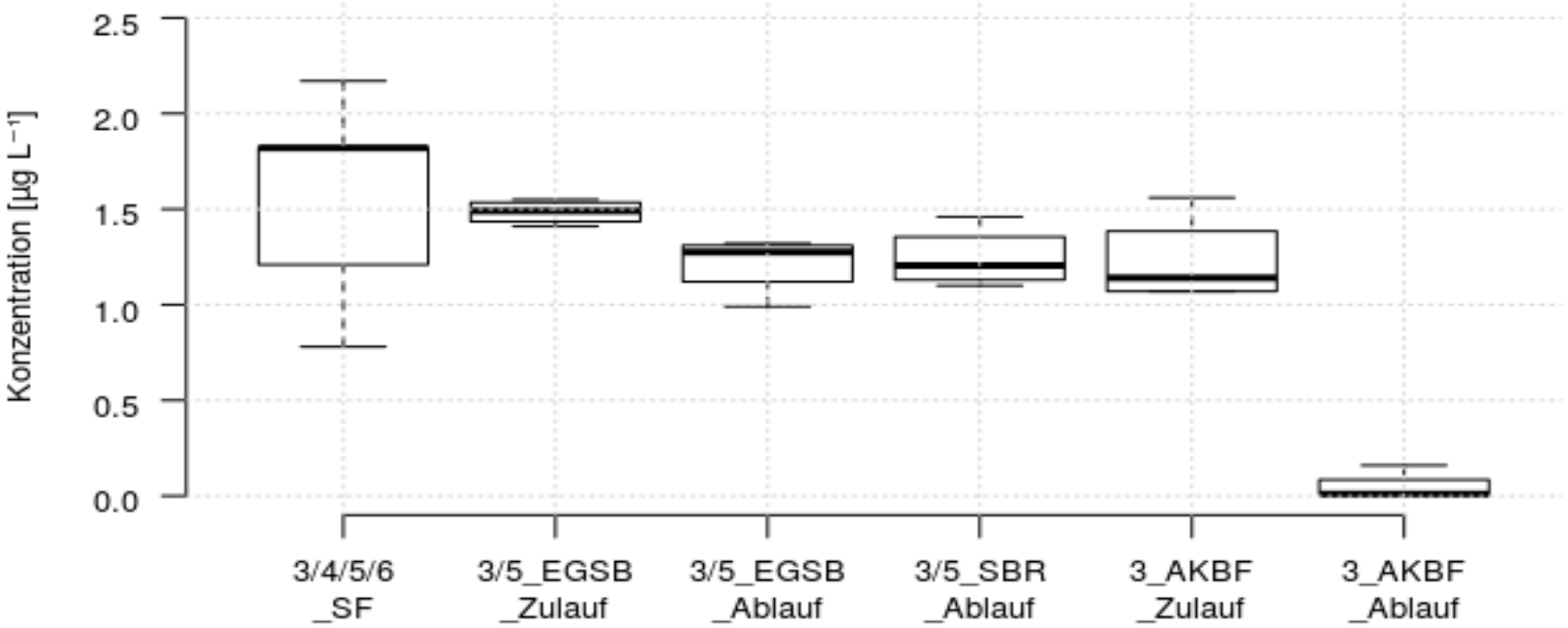
Mikroschadstoffelimination aus Abwasser mittels konventioneller Klärung und 4. Reinigungsstufe (Projektjahr 2017, Serie I-N)

Elimination [%] (SD [%])	ACE	COF	CBZ	DIC	IBU	SMZ	ASMZ	AMI	BTZ	MBT
konventionelle Klärung	**94 (4)**	**100 (0)**	-9 (46)	53 (15)	**100 (0)**	7 (72)	44 (100)	-2 (34)	54 (18)	22 (45)
Ozonierung	61 (21)	41 (57)	**95 (4)**	64 (74)	*	80 (25)	70 (61)	-6 (72)	62 (15)	60 (18)
EGSB-Zulauf / SBR-Ablauf	62 (50)	80 (30)	20 (11)	47 (25)	87 (27)	43 (27)	43 (54)	*	-20 (34)	9 (27)
AKBF-Zulauf / AKBF-Ablauf	14 (69)	78 (19)	**97 (4)**	**99 (2)**	*	**100 (0)**	**85 (29)**	**12 (68)**	**93 (16)**	**87 (29)**

COF: Coffein, ACE: Acesulfam, CBZ: Carbamazepin, DIC: Diclofenac, SMX: Sulfamethoxazol, ASMX: Acetyl-Sulfamethoxa-zol, AMI: Amidotrizoesäure, BTZ: 1*H*-Benzotriazol, MBT: 4/5-Methylbenzotriazol. *: keine Werte zur Berechnung vorhanden.

Quelle: C. Bischoff, J. Leppin, J. Haller-Jans, R. Kreuzig

Carbamazepin-Konzentrationen in der Verfahrenskette AKBF in 2017



Quelle: C. Bischoff, J. Leppin, J. Haller-Jans, R. Kreuzig

Überschlägige Bewertung der unterschiedlichen Bewässerungswasser

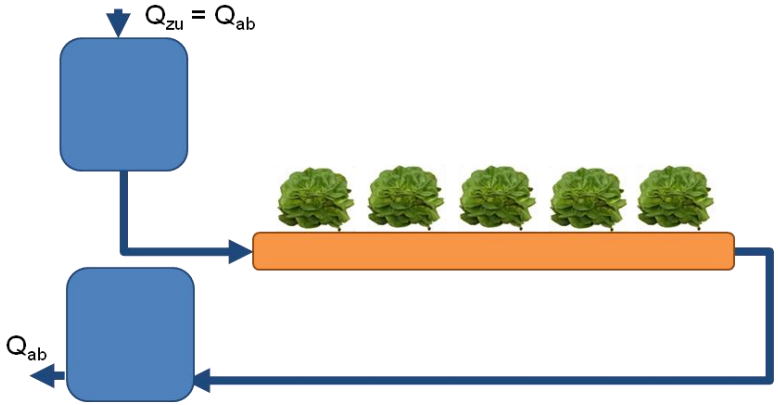
	CSB	CSB_f	N	P	Mikronährstoffe	Schwermetalle	Mikroschadstoffe
A NK	+	o	-	-	(+)	o	o
A Ozon	+	+	-	-	(+)	o	+
A SBR	o	-	+	+	(+)	-	-
A AKBF	+	+	+	+	-	+	+

- Hinsichtlich der Makronährstoffe ist das A AKBF-Wasser sehr gut geeignet und auch Schadstoffe können deutlich reduziert werden. Hier ist jedoch eine Zudosierung von Mikronährstoffen für ein optimierte Nährstoffversorgung erforderlich
- Hygienische Parameter sind darüber hinaus noch zu berücksichtigen

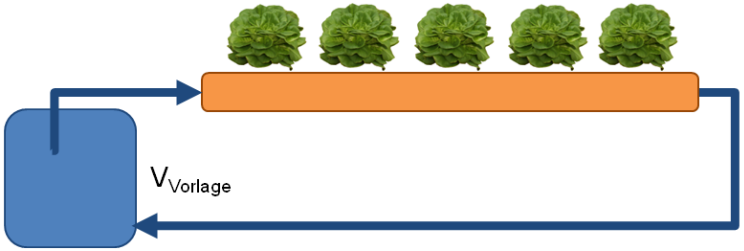
Nutzung des Bewässerungswassers

- Betriebsweise 2017:
  - **Durchlaufsystem** mit konstantem Durchfluss
  - Bewässerungswasser: Referenz, A NK, A Ozon, A SBR, A AKBF

- Betriebsweise 2018/2019:
  - **Feed & Deplete System**
  - NO3-N als Wasserwechselkriterium
  - Bewässerungswasser + erforderlicher Nährstoffzudosierung:
    Referenz, A Ozon, A SBR, A AKBF



2017: Durchlaufsystem



2018/2019: Feed & Deplete

Ablaufqualität Durchlaufsystem vs. Feed & Deplete

Ablaufqualität ausgewählter Makronährstoffe im hydroponischen System am Beispiel des A AKBF als Bewässerungswasser.

	2017 (Run 2, t = 38d)		2018 (Run 2, t = 35d)		2019 (Run 3, t = 32d)	
	F_{Zulauf} [g]	F_{Ablauf} [g]	F_{Zulauf} [g]	F_{Ablauf} [g]	F_{Zulauf} [g]	F_{Ablauf} [g]
N	1.099	1.109	36	6	31	5
P	160	152	8	3	6	3
K	586	535	44	3	44	0,2

2017: Durchlaufsystem; 2018/2019: Feed & deplete System

2018: Tag der Wasserwechsel rechnerisch ermittelt

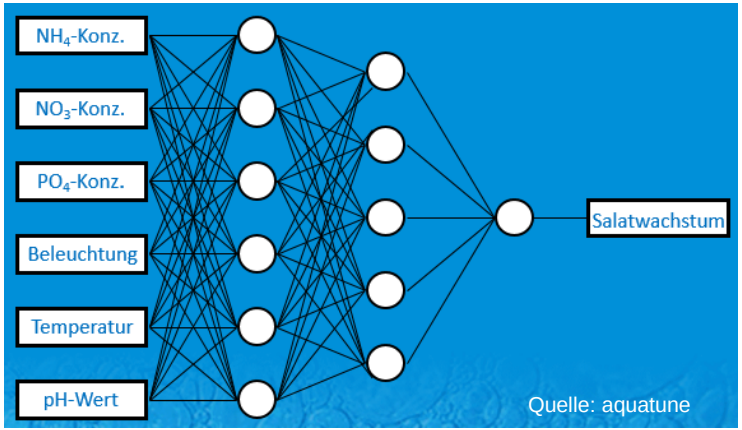
2019: Tag der Wasserwechsel analytisch ermittelt (NO3-N = < 10 mg/L)

Ablaufqualität

- Schwermetalle
  - Konzentrationen im Zu- und Ablauf lagen häufig unterhalb der Bestimmungsgrenzen
  - Konzentrationen im Spross waren sehr gering (z.B. Co und Hg deutlich unter den Grenzwerten)
- Mikroschadstoffe
  - Mikroschadstoffe, wie z.B. Acesulfam, Carbamazepin, Diclofenac konnten in den Wurzeln nachgewiesen werden
  - Mikroschadstoffe, wie z.B. Acesulfam und Carbamazepin konnten auch im Spross nachgewiesen werden
  - Konzentration ist abhängig von der Abwasseraufbereitung

Künstliche Neuronale Netze

- Auffinden relevanter Eingangsparameter
- Entzerren von Korrelationen
- Berechnung von einander unabhängigen Eingangsgrößen
- Berücksichtigung der zeitlichen Dimension
- Gewünschtes Ergebnis: Bestimmung einer optimalen Konfiguration der Eingangsparameter



Erkenntnisse aus dem Pilotierungsbetrieb für die Nutzung Neuronaler Netze

HYPOWAVE

- Grundlegende Zusammenhänge können modelliert werden (Wie wirken sich Temperatur, Beleuchtungsstärke, Luftfeuchte, u.ä. aufs Pflanzenwachstum aus?).
- Für exakte Modelle mit allen Einflussparametern werden mehr Daten bzgl. des Wachstums benötigt, bzw. eine Methode, Wachstum kontinuierlich zu erfassen.
- Besser: Statt Wachstum, Modellierung der Abbauquote im Gewächshaus (Abbauquote kontinuierlich messbar).
- Bedarfsgerechte Steuerung ist somit möglich.

Zusammenfasssung

- Eine Nitrifikation ist erforderlich.
- Nährstoffkonzentrationen liegen nicht im Optimum, jedoch ist gutes Pflanzenwachstum möglich.
- Mikronährstoffe sind ggf. zuzudosieren.
- Reduktion von Qualitätsmindernden Einflussgrößen (z.B. org. Spurenstoffe, Schwermetalle, (pathogene) Keime) ist erforderlich.
- Wurzeln können als Barriere fungieren.
- Steuerung über die Abbaurate im Gewächshaus, nicht über das Pflanzenwachstum um abwassertechnische Anlagen zu steuern.

Danksagung

SPONSORED BY THE
Federal Ministry of Education and Research

FONA Nachhaltiges Wassermanagement BMBF

NaWaM WavE

HypoWave -Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

Förderkennzeichen 02WAV1402

www.hypowave.de

Technische Universität Braunschweig
ISW Institut für Siedlungswasserwirtschaft
IÖNC Nachhaltige Chemie und Energieforschung
Institut für sozial-ökologische Forschung
Fraunhofer IGB
Universität Hohenheim
JKI Julius Kühn-Institut
Abwasserverband Braunschweig
WEB Wolfsburger Entwässerungsbetriebe
aquadrat ingenieure
ACS-Umwelttechnik GMBH & Co. KG
AQUATECTURA
aquatune
BIOTEC
xylem Let's Solve Water

Foto: ISWW

Foto: UHOH