

Dissertation – Harald Exler

*Leistungsfähigkeit der
Ultra-Low-Pressure-Ultrafiltration (ULPUF)
zur dezentralen Wasseraufbereitung
in Not- und Katastrophenfällen*

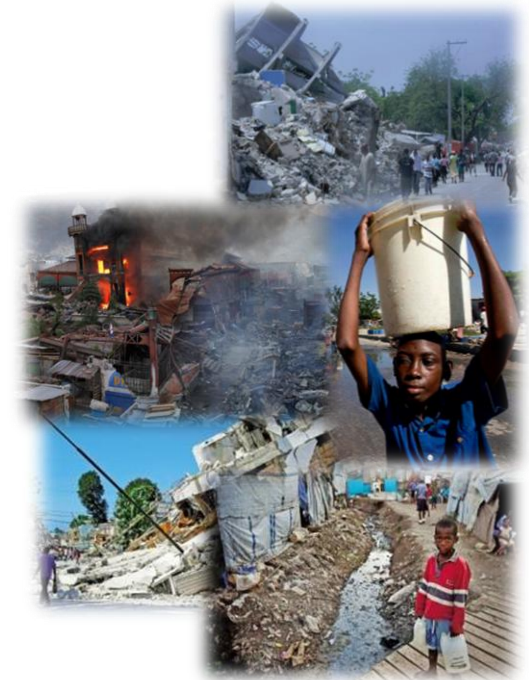
Bewerbung IFWW-Förderpreis 2016





Einführung und Problemstellung

- **Situation 2015:** *Immer noch weltweit über 660 Millionen Menschen ohne Zugang zu sicherem Trinkwasser*
- **Einfluss von Naturkatastrophen:**
Verstärken prekäre Trinkwassersituation vielfach (Intensität und Anzahl steigend !)
- **Dringlichste Aufgabe bei Katastrophen:**
Wiederherstellung Grundversorgung mit sicherem trinkbarem Wasser zur Verhinderung der Ausbreitung wasserinduzierter Krankheiten
- **Probleme heutiger Nothilfe:**
*Große, mobile Wasserwerke zur Notversorgung aufgrund von Kapazität, Technisierungsgrad und Personalbedarf nur für die Versorgung großer Städte oder Flüchtlingscamps geeignet
→ aber keine Hilfe für das Umland und entlegene Gebiete*
- **Lösungsansatz:** *Versorgungslücke mit Hilfe der **ULPUF** schließen*



Fotos: United Nations Photo



ULPUF, PAUL und Zielsetzung der Dissertation

- **Definition ULPUF:** *Gravimetrische Dead-End-Filtration mit Ultrafiltrationsmembranmodul bei sehr geringem TMP ($< 0,1$ bar)*
- **Techn. Umsetzung:** *Prototyp (links) eines einfachen membranbasierten Aufbereitungsgerätes nach dem Funktionsprinzip der ULPUF im Jahr 2006 vorgestellt (PAUL); serienreifes Exemplar von PAUL (rechts)*
- **Vorteile:**
 - *Verzicht auf Chemikalien und Betriebsstoffe*
 - *keine Energiezufuhr notwendig*
 - *robust und betriebsfertig lagerbar*
 - *intuitiv zu bedienen (auch für Analphabeten durch Piktogramme)*
 - *leicht zu transportieren*
- **Zielsetzung der Dissertation**
 - *Welche hydraulische u. stoffliche Leistungsfähigkeit wird von der ULPUF erreicht?*
 - *Was sind die maßgeblichen Einflussfaktoren?*
 - *Betriebsempfehlungen vor dem Hintergrund des Einsatzes im Katastrophenfall*





Untersuchungsprogramm

- Versuchsstände u. Untersuchungsprogramm:

- Feldversuchsstände (mobiler Versuchscontainer)

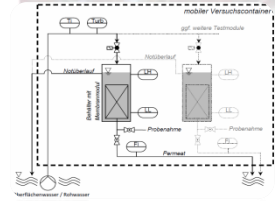
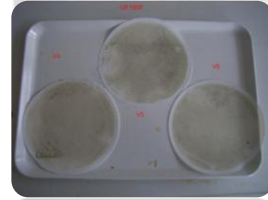
- Langzeittests zur Ermittlung der hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit im kontinuierlichen Betrieb
- Untersuchung unterschiedlicher Betriebsweisen

- Kleinversuchsstände und Kurzmessreihen

- vornehmlich Untersuchung Bakterienrückhalt unter bestimmten Randbedingungen

- Labormaßstäbliche Untersuchungen

- Membrancharakterisierende Untersuchungen und weitergehende Versuche zum Bakterienrückhalt



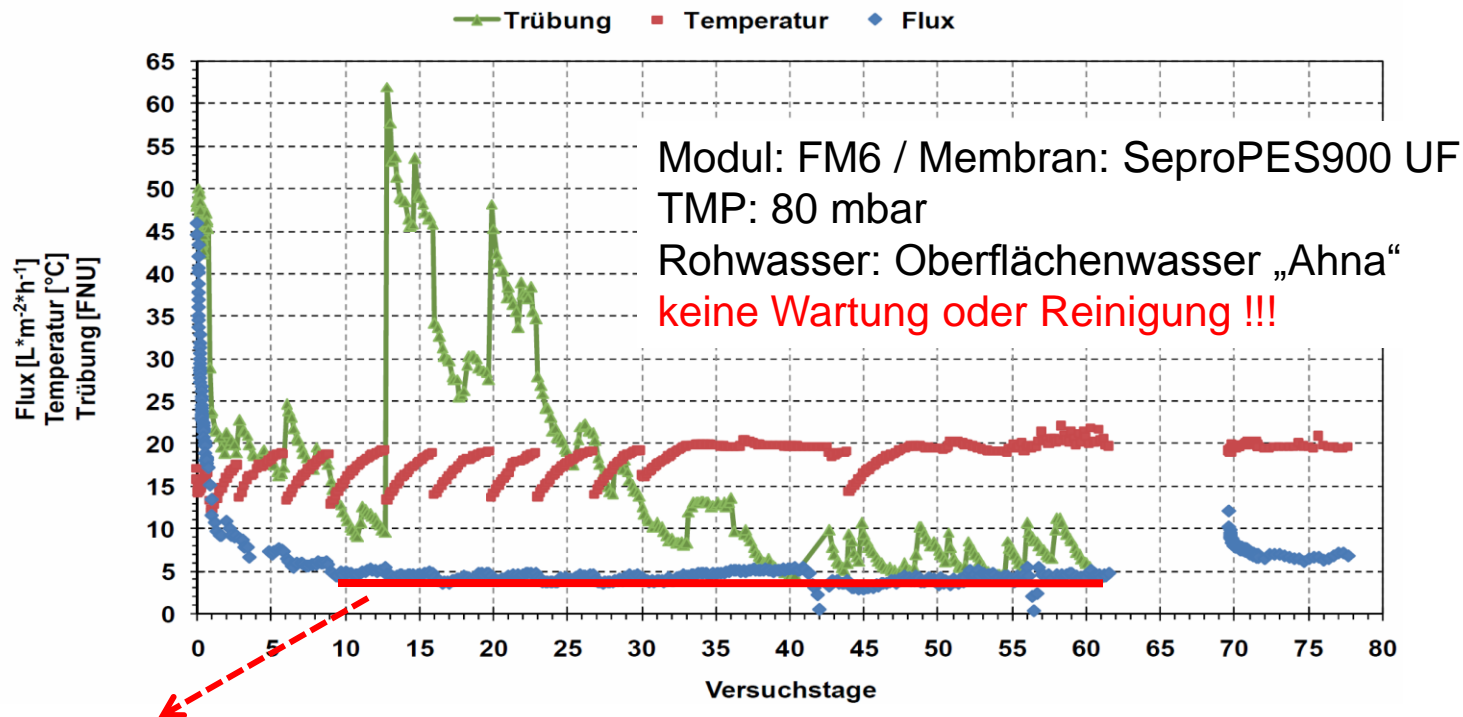


Ergebnisse: Hydraulische Leistungsfähigkeit

Wichtigste Ergebnisse

Hydraulische Leistungsfähigkeit:

- Flux-Stabilisation im kontinuierlichen Langzeitbetrieb nach ca. 7 – 10 Tagen
- Über mindestens mehrere Wochen konstant



- Niveau: 3,5 bis 5,0 L*m⁻²*h⁻¹

- Bei 11 m² Filtrationsfläche Versorgung von bis zu 400 Menschen (3 L*d⁻¹) bzw. 175 Menschen (7,5 L*d⁻¹) möglich !



Ergebnisse: Hydraulische Leistungsfähigkeit

Wichtigste Ergebnisse

Hydraulische Leistungsfähigkeit:

- Einfluss der Membran nur untergeordnet bzw. nur zu Beginn relevant

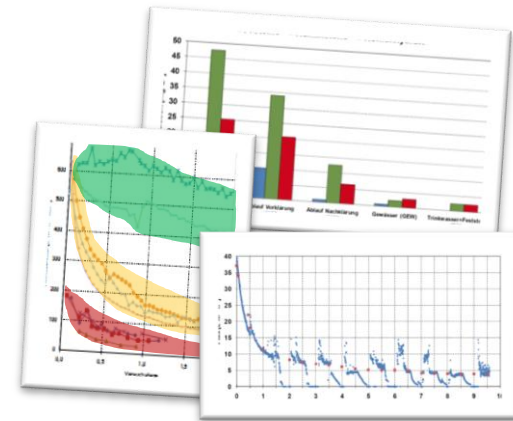
- Das Niveau und die Zeit bis zum Erreichen des stabilisierten Flux wird durch die Rohwassercharakteristik bestimmt:

➤ Gelöste organische Inhaltsstoffe (EPS) beeinflussen die hydraulische Leistungsfähigkeit negativ

➤ Je höher die Konzentration, desto schneller sinkt die hydraulische Leistungsfähigkeit und umso niedriger ist der Wert des stabilisierten Flux

- Diskontinuierliche Betriebsweise:

➤ Regeneration des Flux während Stillstandszeiten, dabei gilt:
Je länger die Filtrationspause, desto höher die Regeneration der hydraulischen Leistungsfähigkeit



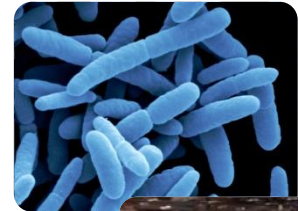


Ergebnisse: Stoffliche Leistungsfähigkeit

Wichtigste Ergebnisse

• Stoffliche Leistungsfähigkeit

- *Kontinuierlicher Langzeitbetrieb, Filtration von moderat mikrobiologisch belastetem Oberflächenwasser*
 - LRV = 4,0 (Log-removal-value) für *E.coli*, Gesamtcoliforme, I.E. (99,99% Rückhalt)
 - Für hoch belastetes Rohwasser (Abwasser:Trinkwasser 1:1) auch LRV > 6,0 (> 99,9999% Rückhalt)
- *Statistische Auswertung (ULPUF mit Membran UP150)*
 - In 98 % der Fälle → „**schützender Effekt**“
LRV ≥ 2,0 gemäß WHO¹⁾
 - In 85 % der Fälle → „**sehr schützender Effekt**“
LRV ≥ 4,0 gemäß WHO¹⁾
- *Orientierende Versuche mit somatischen Coliphagen (Indikator für Viren)*
 - LRV = 3,7 bis > 4,3



¹⁾ WHO (2011): Evaluating household water treatment options



Zusammenfassung

- *ULPUF sowohl aus hydraulischer als auch stofflicher Sicht geeignet, im Rahmen einer dezentralen Wasserversorgung die Gefahr wasserinduzierter Krankheiten maßgeblich zu reduzieren*

Betriebsempfehlungen

- *Möglichst kontinuierliche Betriebsweise*
- *Wenn Stillstandszeiten nicht zu vermeiden, Membranmodul bei Außerbetriebnahme mit unbelastetem Trinkwasser oder Permeat spülen*
- *Bei Wiederinbetriebnahme nach längeren Stillstandszeiten ca. die ersten 5 L pro verbautem m² Membranfläche verwerfen*



Fotos: FG SWW