

EnOB: ULTRA-F – Ultrafiltration als Element der Energieeffizienz in der Trinkwasserhygiene (FKZ: 03ET1617)

Technische Anforderungen an UF-Anlagen in Trinkwasserinstallationen

Vortragender Dr. Andreas Nahrstedt, IWW – Zentrum Wasser, Mülheim an der Ruhr

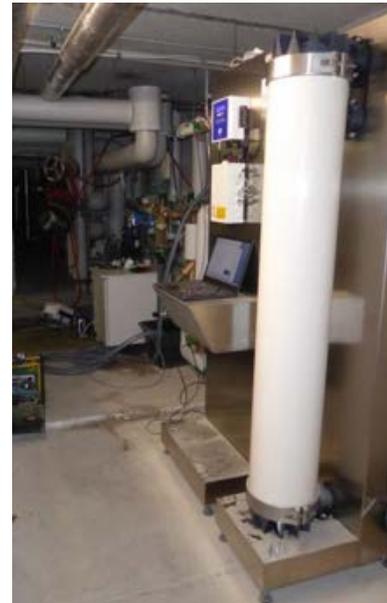
IWW-Kolloquium | Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz - ein Widerspruch? – 20. Juni 2024



- Vorstellung im Projekt eingesetzter UF-Anlagen
- Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA)
 - Konzept für ULTRA-F
 - Anwendung bei 3 UF-Produkten
- Ableitung grundsätzlicher Anforderungen an
 - UF-Anlagen für die TWI
 - Hersteller von UF-Anlagen
 - Betreiber von UF-Anlagen
- TrinkwV und Regelwerke



Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen



Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage: ULTEC S150 der Firma GF-JRG (Pilotanlage, Unikat)

- Durchfluss max. 12 m³/h
- Anzahl Module 3
- Membranfläche 153 m²
- Modul/Membrantyp 3M Liqui-Flux[®], Multifiber P.E.T.[®]
- Membranwerkstoff PES
- Filtrationsart Deadend
- Spülung Backwash mit Filtrat (direkt)
Forwardflush m. Zulauf
- Integritätstest Module Druckhaltetest automatisiert



Bildquelle: ULTRA-F-Konsortium



Bildquelle:
www.youtube.com/watch?v=N81FvL_ZswU

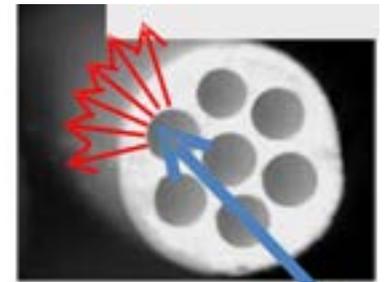
Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage: AquaproteQ der Firma Kebos/PB Int. (Seriengerät)

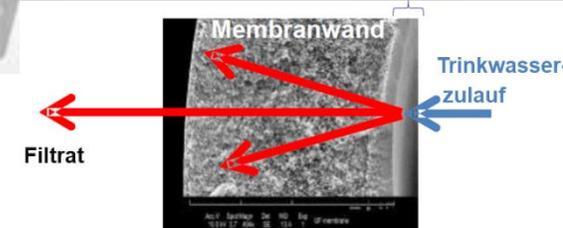
- Durchfluss (Serie gestuft) 3 bis 20 m³/h
- Anzahl Module 2
- Membrantyp inge/DUPONT Multibore®
- Membranwerkstoff PES
- Filtrationsart Deadend
- Spülung Backwash mit Filtrat (direkt)
Forwardflush mit TW-Zulauf
- Integritätstest Module Druckhaltetest automatisiert
- Wasserhärte < 20°dH



Bildquelle: IWW



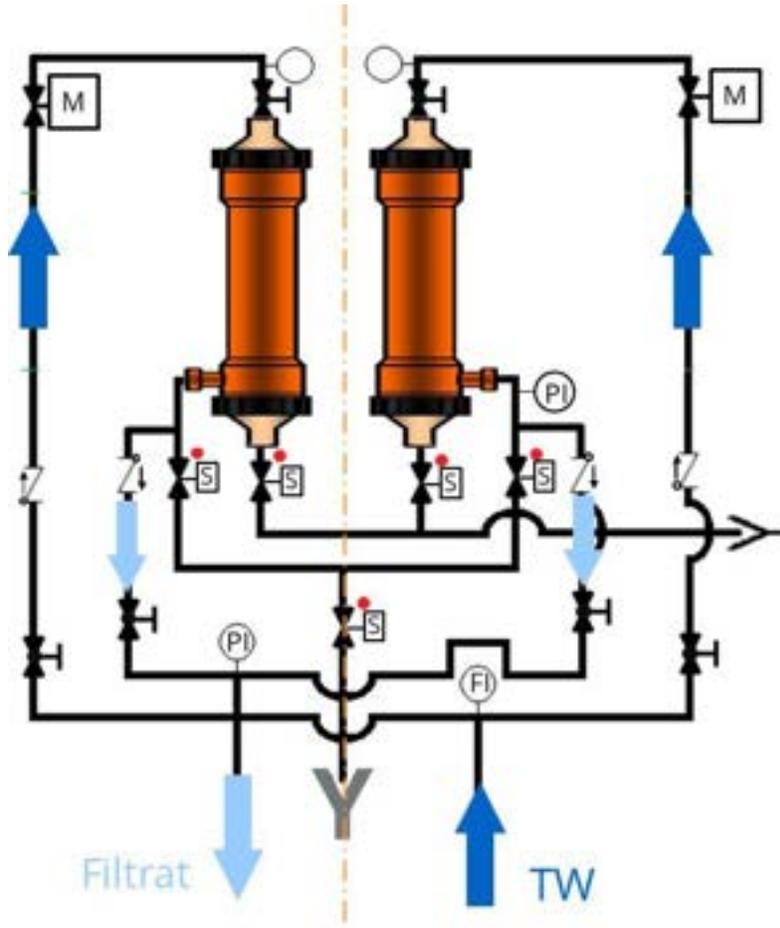
Membran



Bildquelle: DUPONT / KEBOS

Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage: AquaproteQ der Firma Kebos/PB Int. (Seriengerät)



Bildquelle: IWW



Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage:

Phoenix GT der Firma Seccua (Seriengerät mit modularem Aufbau)

- Durchfluss (Dauerlast) 9,7 bis 38,9 m³/h
- Anzahl Module 1 - 4
- Membrantyp inge/DUPONT Multibore®
- Membranwerkstoff PES
- Filtrationsart Deadend
- Spülung Forwardflush mit Trinkwasserzulauf
- Integritätstest Module Druckhaltetest automatisiert



Bildquelle: SECCUA



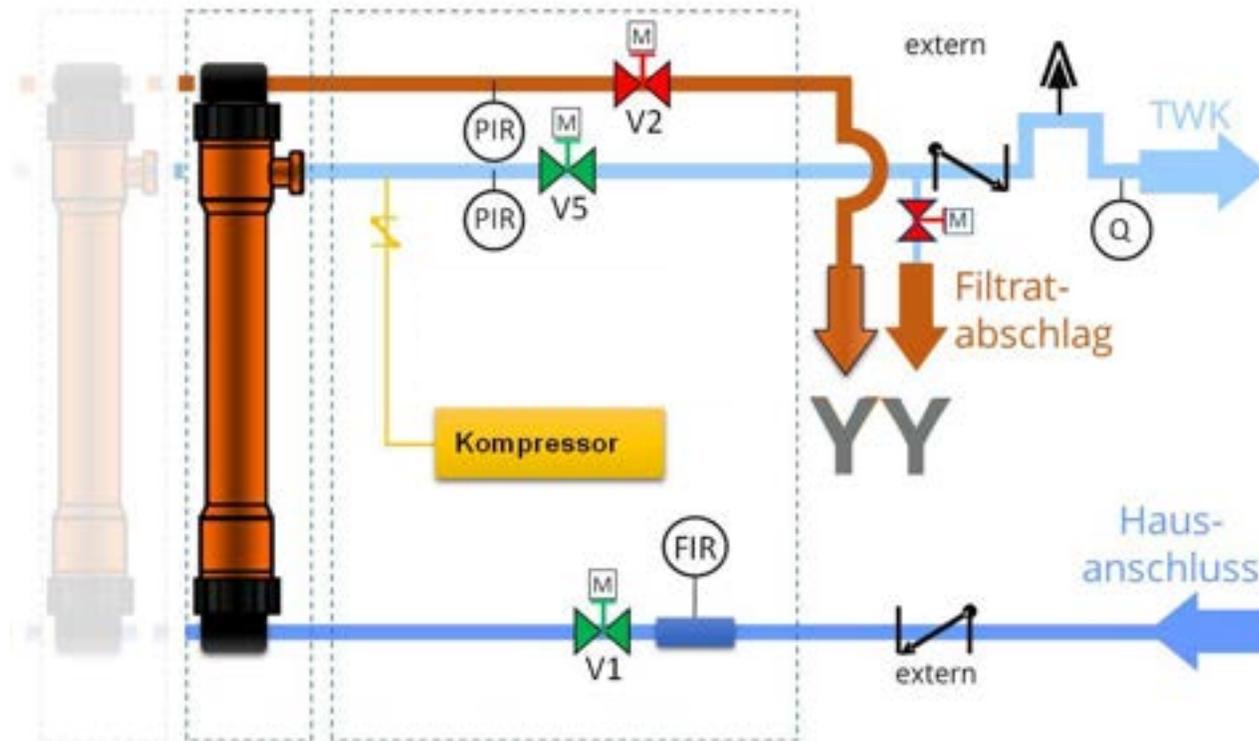
Bildquelle: IWW



Bildquelle: DUPONT / KEBOS

Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage: Phoenix GT der Firma Seccua (Seriengerät mit modularem Aufbau)



Bildquelle: IWW

Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage:

GTS-Clean Barrier FF der Firmen GTS (Hersteller) sowie Solvis und Exergene (Vertreiber)

- Durchfluss bei p_{\max} 3 bis 10 m³/h
- Anzahl Module 2
- Membrantyp inge/DUPONT Multibore®
- Membranwerkstoff PES
- Filtrationsart Crossflow
- Transmembrandruck max. 1 bar
- Spülung Backwash mit Filtrat (direkt) und Forwardflush mit Zulauf
- Integritätstest Module Druckhaltetest anl. Wartung



Bildquelle: GTS



Bildquelle: GTS

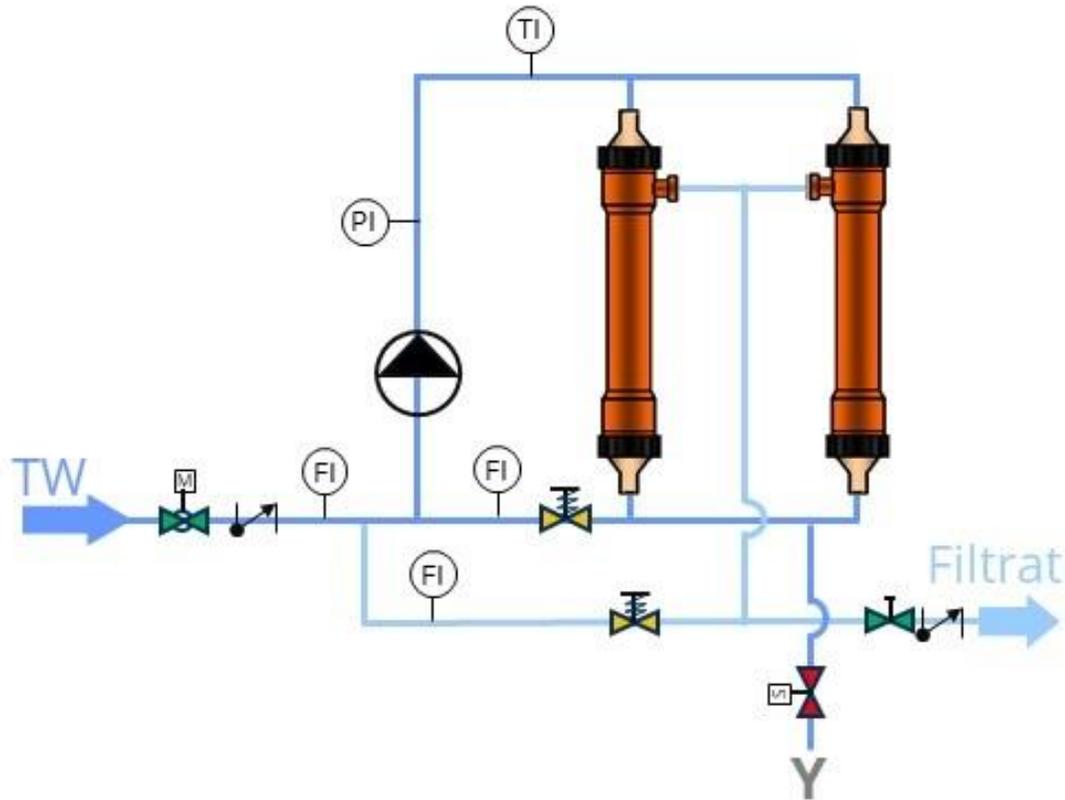


Bildquelle: DUPONT / KEBOS

Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF1-Einbaulage:

GTS-Clean Barrier FF der Firmen GTS (Hersteller) sowie Solvis und Exergene (Vertreiber)



Bildquelle: GTS



Bildquelle: GTS

Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF3-Einbaulage: GTS-Clean der Firmen GTS (Hersteller) sowie Solvis und Exergene (Vertreiber)

- Durchfluss gestuft 0,6 bis 3,5 m³/h
- Anzahl Module 1 - 2
- Membrantyp inge/DUPONT Multibore®
- Membranwerkstoff PES
- Filtrationsart Crossflow
- Spülung Backwash aus Filtratspeicher (durchströmtes Membranausgleichsgefäß) und Forwardflush mit Zulaufwasser
- Integritätstest Module Druckhaltetest anl. Wartung
- Wasserhärte < 16°dH



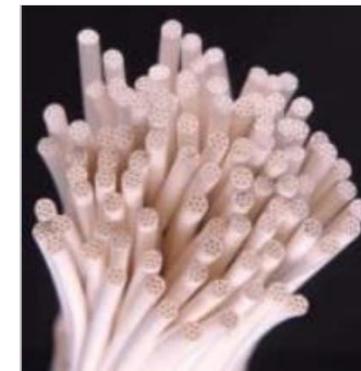
Bildquelle: EXERGENE



Bildquelle: IWW



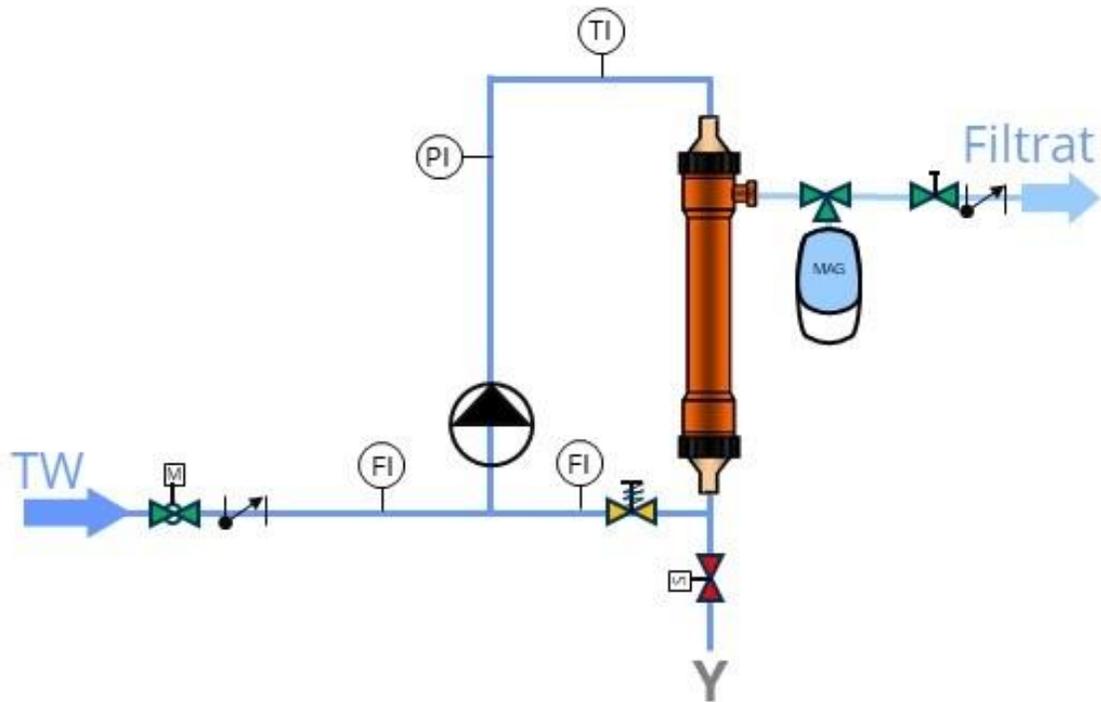
Bildquelle: SOLVIS



Bildquelle: DUPONT / KEBOS

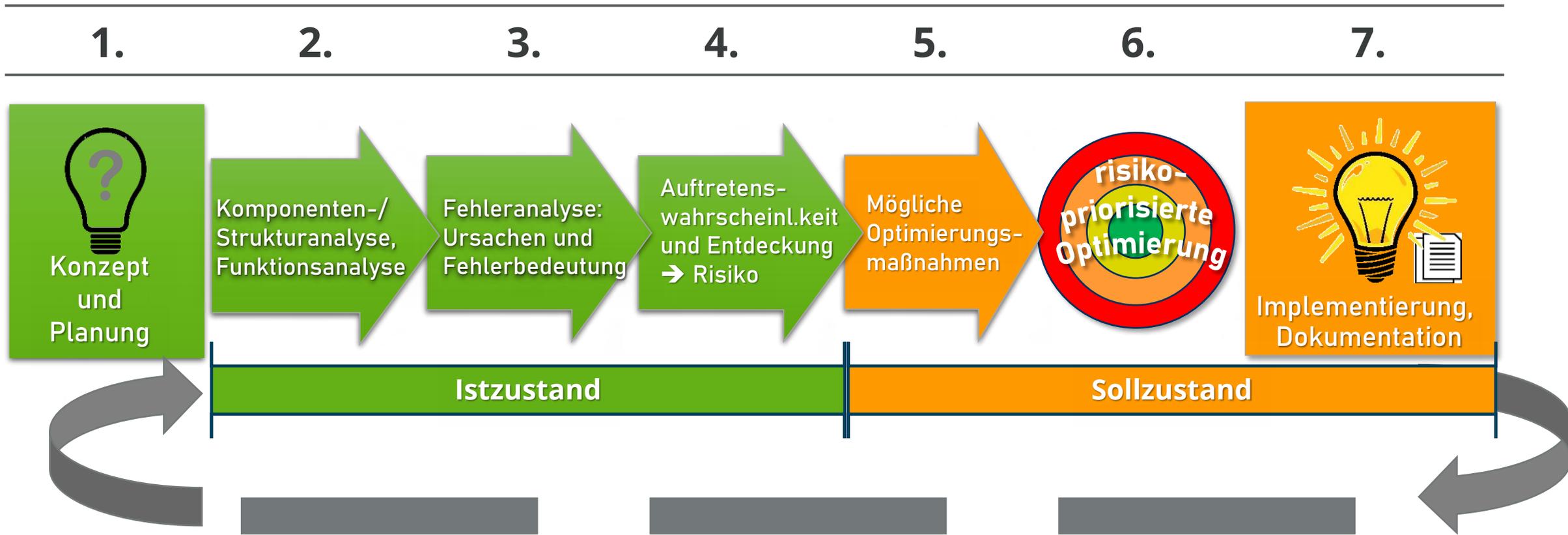
Vorstellung der 5 im Projekt eingesetzten UF-Anlagen

UF3-Einbaulage:
GTS-Clean der Firmen GTS (Hersteller)
sowie Solvis und Exergene (Vertreiber)



Bildquelle: IWW

Methodischer Ansatz: Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA)



abgeleitet aus:



FMEA-Konzept zur Priorisierung identifizierter Maßnahmen

3 Kriterien mit jeweils 10 bis 1 Wertungspunkten für potenzielle Fehler:

1. **Bedeutung** (*Schwere der Fehlerfolge*)

B = 10 (*sehr hoch*)

B = 9 – 6 (*hoch bis mäßig*)

B < 6 (*mäßig bis gering*)

2. **Auftretenswahrscheinlichkeit** (*Häufigkeit der Ursachen*)

A = 10 (*hoch*) ... **1** (*gering*)

Ziel für A: A=1

3. **Entdeckungswahrscheinlichkeit** (*von Ursache oder Fehler*)

E = 10 (*gering*) ... **1** (*hoch*)

Ziel für E: E=1

→ Maßnahmen-Priorisierung gemäß **Risikoprioritätszahl** :

$$\text{RPZ} = \text{B} \cdot \text{A} \cdot \text{E}$$



„FMEA-Konzept ULTRA-F“ zur Priorisierung identifizierter Maßnahmen

3 Kriterien mit jeweils 10 bis 1 Wertungspunkten für potenzielle Fehler:

1. **Bedeutung** (*Schwere der Fehlerfolge*)

B = 10 und **Risikoklasse 1** (*Risiko für Trinkwasserhygiene*)

B = 9 – 6 und **Risikoklasse 2** (*Risiko für Versorgungssicherheit*)

B < 6 und **Risikoklasse 3** (*Risiken für Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit ...*)

2. **Auftretenswahrscheinlichkeit** (*Häufigkeit der Ursachen*)

A = 10 (*hoch*) ... **1** (*gering*)

3. **Entdeckungswahrscheinlichkeit** (*von Ursache oder Fehler*)

E = 10 (*gering*) ... **1** (*hoch*)

→ Maßnahmen-Priorisierung in 3 Risikoklassen **RK** gemäß **Risikoprioritätszahl**:

$$\mathbf{RK} = 1; 2; 3$$

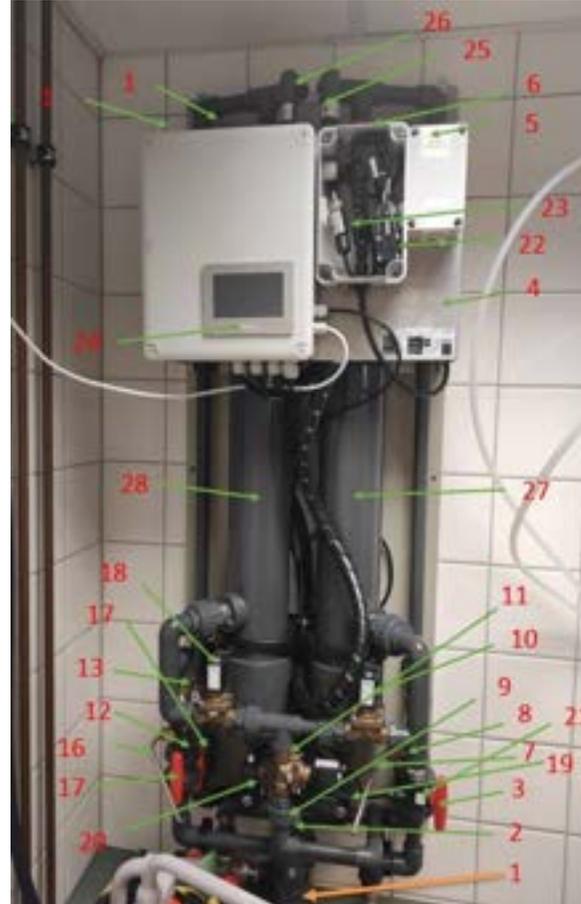
$$\mathbf{RPZ} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{E}$$

FMEA mit Systemtests für 3 UF-Anlagen aus Produktserien

**UF1-Anlage:
Seccua Phoenix GT1**



**UF1-Anlage: KEBOS /
PB-Int. AquaproteQ**



**UF3-Anlage: GTS / Solvis /
EXERGENE GTS-20**



Bildquelle:
IWW

Beispiel: FMEA-Protokoll für die UF3-Anlage vom Typ GTS-20



		FEHLER-MÖGLICHKEITS- UND EINFLUSS-ANALYSE 	M.-P. Berg <input checked="" type="checkbox"/> A. Nahrstedt <input checked="" type="checkbox"/>		Produktname GTS-Clean Filtrationssystem 20-1 K	Prof. 100%
			Modell-Nr. GTS-Clean 20-1 K	Hersteller GTS Green Technology Solutions GmbH	Baujahr 2020	Sonst. 4-

Funktion	Möglicher Fehler / Fehlfunktion	Mögliche Fehlerfolgen	Bedeutung hygienekritisch?	Mögliche Fehlerursachen	Derzeitiger Zustand					Empfohlene Abstellmaßnahmen	
					akt. Vermeidungsmaßnahmen	Auftreten	Entdeckungsmaßnahmen	Entdeckung	RPZ		R-Klasse
2 Motorventil Rohwasser				IP 44; Stellzeit: 30 sek; eigene Spannungsversorgung mit Stelleingang Umgebungstemperatur: 0 - 55 °C PN 32 max. Differenzdruck: 10 bar DVGW-Zulassung TW Betriebstemp Kugelhahn: 0 - 110°C	https://www.magnetventile-shop.de/datenblaetter/emv-110-220-9g30-k.pdf						↓ Priorität ↓ Priorität

2.1												
Ventil geöffnet	Ventil geschlossen	Filtration nicht möglich: keine Aufbereitung des Wassers TWZ	10	JA	Ventil öffnet nicht: Optokoppler defekt	unklar	1	Durchflusssensor (alle 5 min.)	2	20	1	Testroutine f. Platine?
			10	JA	Fehlbedienung manueller Modus nach Wartungsarbeiten	Schulung; Handbuch; Dokumentation	2	LED vorort; Durchflusssensor (alle 5 min.)	2	40	1	Implementierung Checkliste für Wartungsarbeiten

aktuelle Bestandsaufnahme:
Funktion/Fehlfunktion/**Bedeutung**

Ursachen, Vermeidung,
Auftretenshäufigkeit

Fehler-
Entdeckung

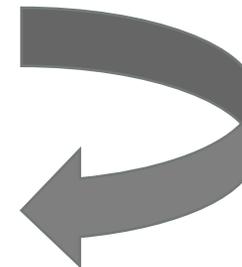


Beispiel: FMEA-Protokoll für die UF3-Anlage vom Typ GTS-20



Produktname 3-Clean Filtrationssystem 20-1 K		Produkt-Nummer 10000236		FMEA-Version (Datum) 29.09.2020		
Teil-Nr. 3-Clean 20-1 K		Sonstiges / Bemerkung				
Hersteller 3 Green Technology Solutions GmbH	Baujahr 2020	Druck 4 - 8 bar (10 bar)	Durchsatz < 800 L/h	Wassertemp. 30 - 60 °C	Wasserhärte < 16°dH	

Aktueller Zustand				Empfohlene Abstell- maßnahmen	Verant- wortlichkeit / Termin	Verbesserter Zustand				
Entdeckungs- maßnahmen	Entdeckung	RPZ	R- Klasse			Getroffene Maßnahmen	Bedeutung	Auftreten	Entdeckung	RPZ
https://www.magnetventile.de/datenblaetter/emv-110-110q30-k.pdf										
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Priorität</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Priorität</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">vorgeschlagene Maßnahmen</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Optimierung: getroffene Maßnahmen führen zu einer neuen Bewertung und somit Priorisierung (RPZ in der Risikoklasse)</p> </div> </div>										
Druckflusssensor (alle 5 min.)	2	20	1	Testroutine f. Platine?						
Vorort: Druckflusssensor (alle 5 min.)	2	40	1	Implementierung Checkliste für Wartungsarbeiten						



Beispiel: FMEA-Protokoll für die UF3-Anlage vom Typ GTS-20

Vollständige
EXCEL-Liste der
FMEA für GTS-20

Bildquelle: IWW

- Diskussion der einzelnen Bewertungen mit den jeweiligen Herstellern
- Dadurch ggf. neue Erkenntnisse, so dass Ergänzung / Anpassung der FMEA-Bewertung vorgenommen wurde
- Fazit: Gut durchdachte Anlagen
- Diskussion vorgeschlagener Maßnahmen für Risiken mit den jeweiligen Herstellern
- Status quo: Teilweise Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen durch Produktmodifikationen

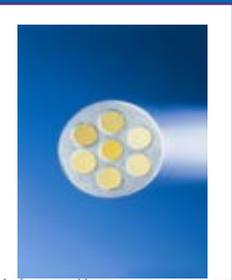
Prüfungskriterien für die Systemanalyse

■ Grundsätzliche Eignung aller Komponenten:

- UF-Module, Potting, Membran
- Rückflussverhinderer, Ventile/Hähne (Probenahme), Aktoren, Sensoren, Steuerung ...



Bildquelle: IWW



Bildquelle: DUPONT

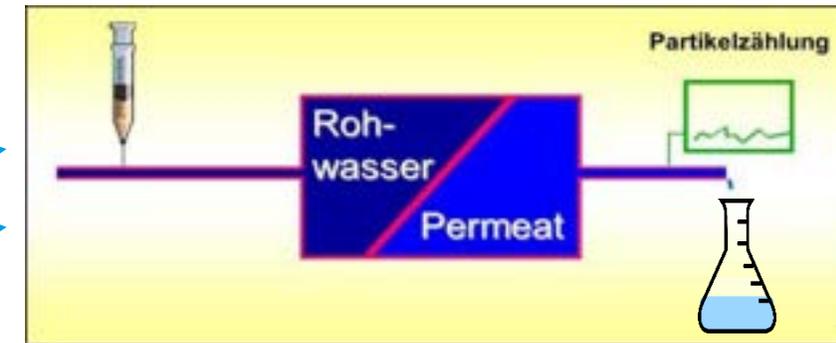
■ Funktion und Zusammenwirken aller Komponenten

■ Eignung automatischer Druckhaltetests für die Systemintegrität

■ Fernübertragung von Daten, Parametrierungen, Alarmen

■ Spezielle Anlagentests:

- ✓ Nachweis der Systemintegrität mittels Partikelrückhalt
- ✓ Nachweis des Bakterienrückhalts der Membran (ASTM)
- ✓ Nachweis des Virenrückhalts der Membran (W 213-5)
- ✓ Verweilzeitverhalten in Anlagenkomponenten (Salz-Tracer und Leitfähigkeitssensor)
- ✓ Verhalten in den verschiedenen Betriebsmodi bei Stromausfall
- ✓ Verhalten in den verschiedenen Betriebsmodi bei Ausfall Wasserdruck

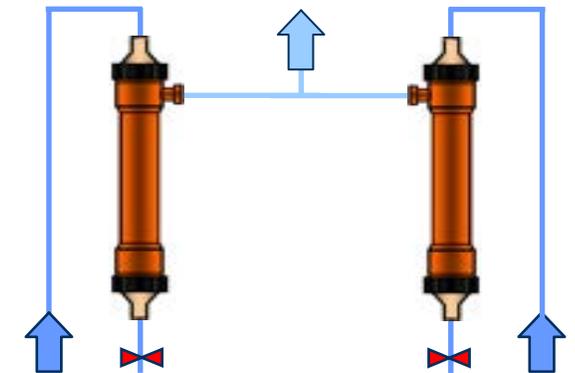


Bildquelle: IWW

■ Begleitung der Anlagenwartung mit **C**leaning **I**n **P**lace, CIP (nur bei Seccua Phoenix GT1)

Ableitung von grundsätzlichen Anforderungen an UF-Anlagen ...

- Geeignete Werkstoffe (Leitlinien/Bewertungsgrundlagen für Werkstoffe, W 270)
- Spülwasseraustritt grundsätzlich im freien Auslauf (DIN 1988-100 → DIN EN 1717, Typ AA)
- Filtrat- und Feedseite mit kontrollierbarem Rückschlagventil (DIN 1988-100 → DIN EN 1717, Typ EA)
- Sicheres Entlüftungskonzept (siehe DIN EN 14652) → Einbaulage der Module (Membranfläche vollständig durchströmt, keine Gammelzonen, kein Lufteintrag in die TWI)
- Temperaturbeständigkeit (DIN EN 14652), bei UF3 bis 75 °C
- Trennung Filtrat- und Feed-/Konzentrat-Seite: nur durch Module bzw. ihre Membranen
- Probenahmestellen nach DIN EN ISO 19458 (abflämmbar) für Feed, Filtrate / Sammelfiltrat
- Mindestens zwei Module je Anlage zur:
 - Bereitstellung von frischem Filtrat zu Spülzwecken (Backwash)
 - Filtratproduktion auch während Spülung (und als Redundanz)
- Wasseraustausch mittels Spülung bei Stagnation (< 24 Std.)
- Mechanische Zugangssicherung des Geräts



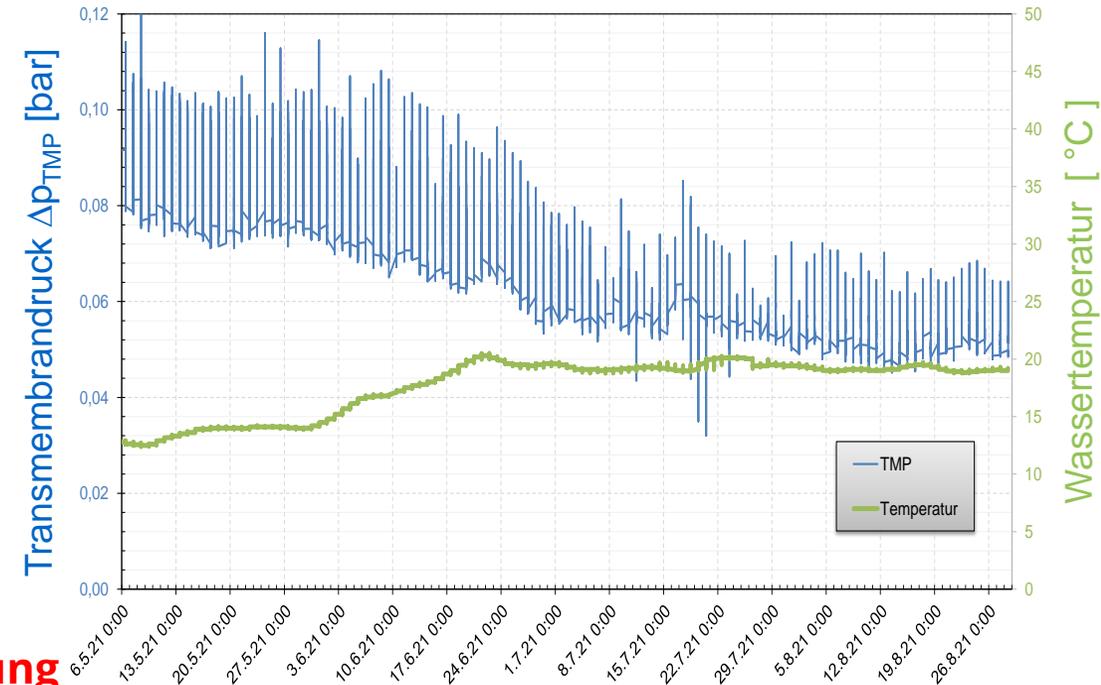
Bildquelle: IWW

Ableitung von grundsätzlichen Anforderungen an UF-Anlagen ...

Elektrik & EMSR:

- Überspannungs- / EMV-Schutz / Schutzklasse > IP65
- Hoher Automatisierungsgrad mittels resilienter SF
- Zugriffsrechte SPS
- Ventile mit
 - mechanischer/elektrischer Stellreserve
 - Endlagenkontrolle
- Mindestmaß an Online-Sensorik:
 - Wassertemperatur
 - Druck Feed, Druck Filtrat
 - Volumenstrom Feed (für UF3 aus Pumpenansteuerung ableitbar)
- Datenfernübertragung mit Datenfernauswertung

Berechnung der temperaturnormierten Permeabilität als Maß für die Membranverblockung



Ableitung von grundsätzlichen Verantwortlichkeiten

Verantwortlichkeiten Betreiber

- Meldung an das Gesundheitsamt: geplanter Einbau
- Information der Mieter
- Verbindliche Zuordnung von Betreiberpersonal, für diese Gefährdungsanalyse erstellen
- Abordnung zur Schulung/Einweisung/Inbetriebnahme
- Festlegung der Überwachungspflichten etc.: Zuständigkeiten (Arbeitsalltag, Vertretungs-/Urlaubsregeln, Bereitschaft)
- Probenahmen, Umfang der Analysen (Vorgaben Gesundheitsamt)
- Festlegung und Sicherstellung interner und externer Meldekettens (Alarmer, Informationen)
- Festlegung der Alltagsroutinen: Überwachung, Begehung, kleinere Prüf-/Wartungsarbeiten (Checklisten), Führung Betriebstagebuch (DIN 1988-100)
- Maßnahmeplan mit Festlegung der Vorgehensweisen im Falle: Alarmer, Beschwerden der Mieter, Warnungen/Empfehlungen durch Hersteller
- Sicherstellung des Umfangs an Anlagendokumenten

Verantwortlichkeiten Hersteller/Vertreiber

- Eignungsprüfungen: Wasserqualität, TWI und Einbauort, Anbindung, Anlagenkonfiguration, Anlagenparametrierung, Stabilität Fernzugriff (Protokoll)
- Unterstützung des Betreibers bei dessen Meldungen an das Gesundheitsamt (GA)
- Eigene Meldung an das GA: Einbau / Inbetriebnahme / Änderungen an Anlage oder Betriebsweise / Statusänderungen (auch als Folge systemrelevanter Versäumnisse, Ende Wartungsvertrag)
- Auszuhändigende Anlagendokumentation:
 - Sicherheitshinweise, Installations-, Inbetriebnahme-, Betriebsanleitungen, Leistungsdaten und Garantiewerte gemäß DIN EN 14652
 - Wartungsvertrag, Wartungsanweisung
- Schulung von mindestens zwei vom Betreiber beauftragten und befähigten Personen (Protokoll)
- Inbetriebnahme zusammen mit Betreiberpersonal (Protokoll)
- quasi-kontinuierlich externe Überwachung der Prozesse, Anpassung per Fernzugriff
- Automatisches Auslösen und Versenden von Alarmer: intern und/oder extern
- Wartung inkl. chemischer Reinigung der Module mind. alle 12 Mon. (ggf. Ersatz; Protokolle)
- Aussprechen von Warnungen an den Betreiber



Anforderungen an UF-Anlagen in der TWI
IWW Zentrum Wasser / Dr. Andreas Nahrstedt
IWW-Kolloquium / Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz / 20.06.2024

Folie 22



Anforderungen an UF-Anlagen in der TWI
IWW Zentrum Wasser / Dr. Andreas Nahrstedt
IWW-Kolloquium / Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz / 20.06.2024

Folie 23



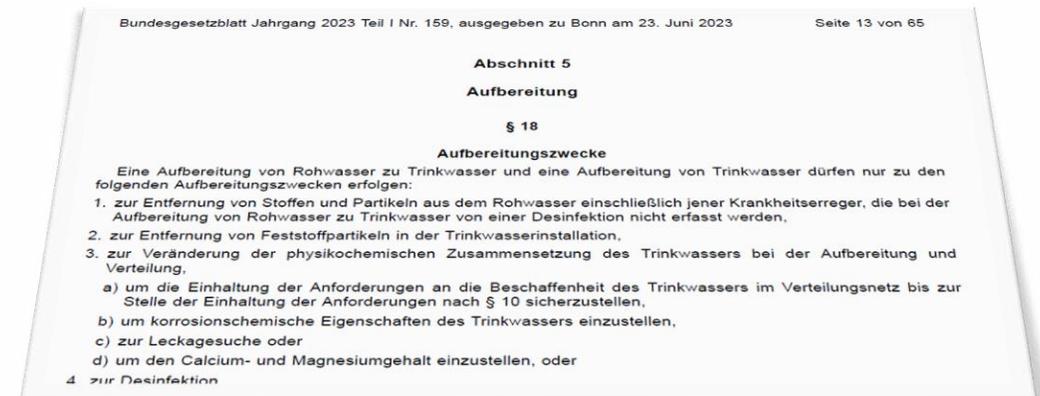
To-Do-Liste für Regelwerke → DVGW-Diskurs 2021

- **DIN EN 14652**
„Anlagen zur Behandlung von Trinkwasser innerhalb von Gebäuden – Membranfilteranlagen“
enthält zur UF-Technologie viel Nonsens → Überarbeitung notwendig
- **DIN EN 1717 „Sicherheitseinrichtungen“**
→ Ergänzung
- **DIN 1988-100 „Technische Regeln für TWI : Schutz des Trinkwassers“**
→ Ergänzung
- **DIN 1988-200 „ Technische Regeln für TWI : geschl. Systeme“**
→ Ergänzung
- **DIN EN 806-2: „ Technische Regeln für TWI : Planung“**
→ Ergänzung
- **DIN EN 806-5: „ Technische Regeln für TWI : Betrieb und Wartung“**
→ Ergänzung
- **Neues DVGW-Arbeitsblatt oder Merkblatt obsolet ?**



Vorgaben der TrinkwV

- § 18 TrinkwV:
Unterscheidung von Partikelabscheidung und Feststoffpartikelabscheidung 
- § 18 TrinkwV:
In der TWI ist nur Feststoffpartikelabscheidung erlaubt 
- UBA:
Feststoffpartikelabscheidung ist definiert ab Filterfeinheit > 80 µm 
- UBA:
Filtermaterialien > 80 µm fallen nicht unter die Aufbereitungsstoffe des § 20 TrinkwV
- § 21 (4) TrinkwV:
Das Gesundheitsamt kann auf Antrag den Weiterbetrieb von vor dem 24. Juni 2023 bereits zu Forschungs- und Erprobungszwecken in Betrieb befindlichen Membrananlagen zur Entfernung von Krankheitserregern befristet genehmigen





IWW ZENTRUM WASSER

IWW Analytik und Service GmbH

**IWW Institut für Wasserforschung
gemeinnützige GmbH**

Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr
Telefon: +49 (0) 208 4 03 03-0
Fax: +49 (0) 208 4 03 03-80



Dr. Andreas Nahrstedt



Marc-Phillip Berg



Tobias Abbink