

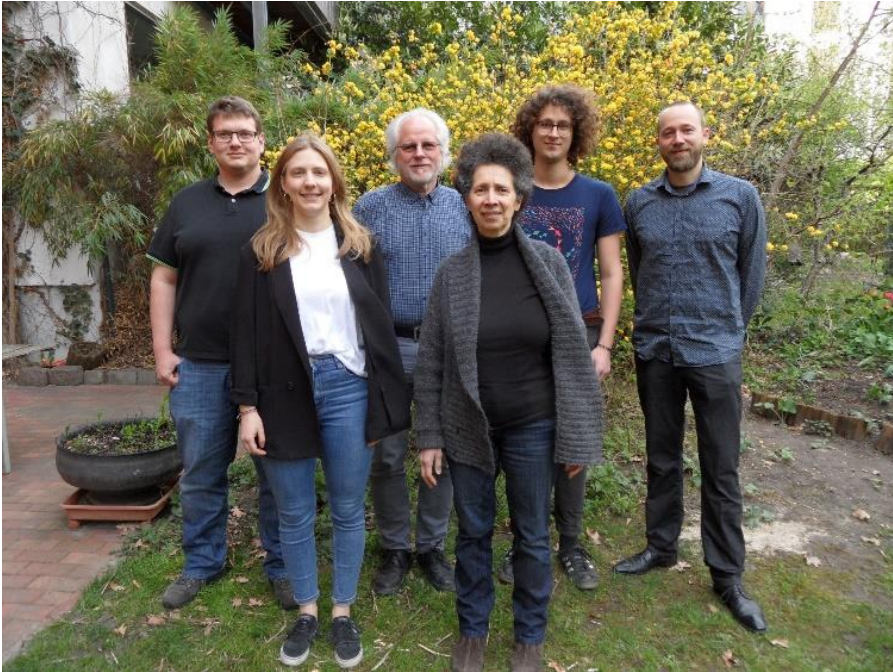


Grauwasserrecycling mit integrierter Wärmerückgewinnung





Als Ingenieure verstehen wir es als unsere Aufgabe Probleme vorwegnehmend zu erkennen und sie vorwegnehmend zu lösen.



„Noch schöner als Visionen zu haben ist, sie zu verwirklichen“

[Lisz Hirn](#) (*1984),
österreichische Philosophin und Künstlerin





- vertrocknete Bäume und trockene Parks
- Sinkende Seen- und Grundwasserspiegel
- Verlust an Biodiversität
- Wasserentnahme > als Wasserneubildung
- mangelnde Kühlung wg. zu geringer Verdunstung
- mehr Hitzetote
- Verschlechterung der Wasserqualität
Sulfat, Kohlenstoff und schwer abbaubare Substanzen
(Medikamentenrückstände und Industriechemikalien)



ca. 73 % der Wasserförderung durch die BWB wird im Gebäude/Wohnen verbraucht

17.310 neue Wohnungen führen zu Mehrverbrauch von ca. 2 Mio. Kubikmeter

Dürrejahre setzen Berliner Wasserversorgung zu: Aufruf zur Sparsamkeit



© dpa

Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) haben die Berliner:innen angesichts des stetig sinkenden Grundwasserspiegels zu mehr Sparsamkeit beim Wasserverbrauch aufgerufen.

<https://www.berlin.de/aktuelles/8147996-958090-duerrejahre-setzen-berliner-wasserversor.html>



Wasser kommt nicht aus dem Hahn. Verschwende es nicht!

Berliner Wasserbetriebe

Subscribe

97 likes, Share, Save, ...

<https://www.youtube.com/watch?v=xoh-0VAUAYo>

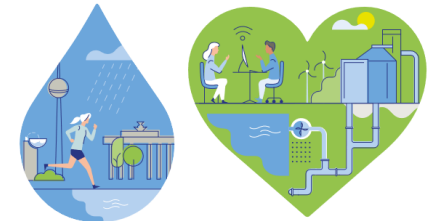


BWB benötigen mehr Strom als eine Stadt mit mehr als 300.000 Einwohnern ans Haushaltsstrom

Starker Aufwärtstrend wg. höheren Anforderungen an die Abwasserbehandlung

WASSER
WERTSCHÄTZEN

Nachhaltigkeitsbericht 2022



Energieverbrauch innerhalb der Organisation

in GWh	2021	2020	2019
Energieeinsatz gesamt	391,5	385,7	386,2
Energiebedarf Strom (Netzbezug und Eigenproduktion)	321,9	309,7	311,4
davon Strom Netzbezug	228,4	222,8	222,4
davon Strom Eigenproduktion und Selbstbehalt	93,6	86,8	89,0
Energiebedarf Erdgas	26,1	27,5	20,8



Wasserbedarf 125 Liter/P/d	Menge [L/P/d]
Essen / Trinken	5
Baden / Duschen	45
Toilettenspülung	34
Wäschewaschen	15
Geschirrspülen	7,5
Gartenbewässerung	7,5
Kleingewerbe	11



Wasserbedarf 125 Liter/P/d	Menge [L/P/d]	Trinkwasserqualität erforderlich?
Essen / Trinken	5	✓
Baden / Duschen	45	✓
Toilettenspülung	34	NEIN
Wäschewaschen	15	NEIN
Geschirrspülen	7,5	✓
Gartenbewässerung	7,5	NEIN
Kleingewerbe	11	??



WW-Wärmebedarf
Stud. Wohnen
ca. 750 kWh/P/a
ca. 47 kWh/m²

Dämmung „kostet“ Geld und Wohnraum!



Definitionen:

Grauwasser: Teilstrom des häuslichen Abwassers ohne Teilströme aus Toiletten und Urinalen, teilweise unterschieden in stark und schwachbelastetes als Ressource für Wasser und Energiewiederverwendung.

Betriebswasser: ist Wasser für häusliche und gewerbliche Einsatzbereiche welches keine Trinkwasserqualität haben muss. Die Qualität des Betriebswassers wird durch die Anwendung bestimmt.

Quelle: DIN: 4046 (1983)



- Stickstoff:** Die Entfernung von Stickstoff im Klärwerk ist stromintensiv
Für die Erzeugung von Stickstoffdünger wird viel Gas benötigt
- Phosphor:** Ohne Phosphor gibt es kein Leben auf der Erde
Die weltweiten Phosphorreserven sind limitiert
Krieg wg. Phosphor (z. B. Marokko/Westsahara)
- Kalium:** Wird in keiner Kläranlage zurückgehalten
Versalzung von Oberflächengewässer



Grauwasser ist eine Ressource für Wasser und Wärmeenergie; Schwarzwasser eine für Energie (Biogas) und Nährstoffe (Düngemittel).



		Schwarzwasser	Grauwasser	Gesamt- abwasser
		Faeces + Urin + 30 Liter WC Spülwasser		
		%	%	Summe
Menge	L/E/d	31,3%	68,7%	112,0
CSB	g/E/d	59,8%	40,2%	117,0
N	g/E/d	92,2%	7,8%	12,9
P	g/E/d	75,0%	25,0%	2,0
K	g/E/d	76,2%	23,8%	4,2
S	g/E/d	23,7%	76,3%	3,8
Energiebetrachtung				
Wärme- potenzial	Abkühlung des Abwassers in K		20	2,0
	Wh/E/d		1.768	243
Biogas	Wh/E/d			118

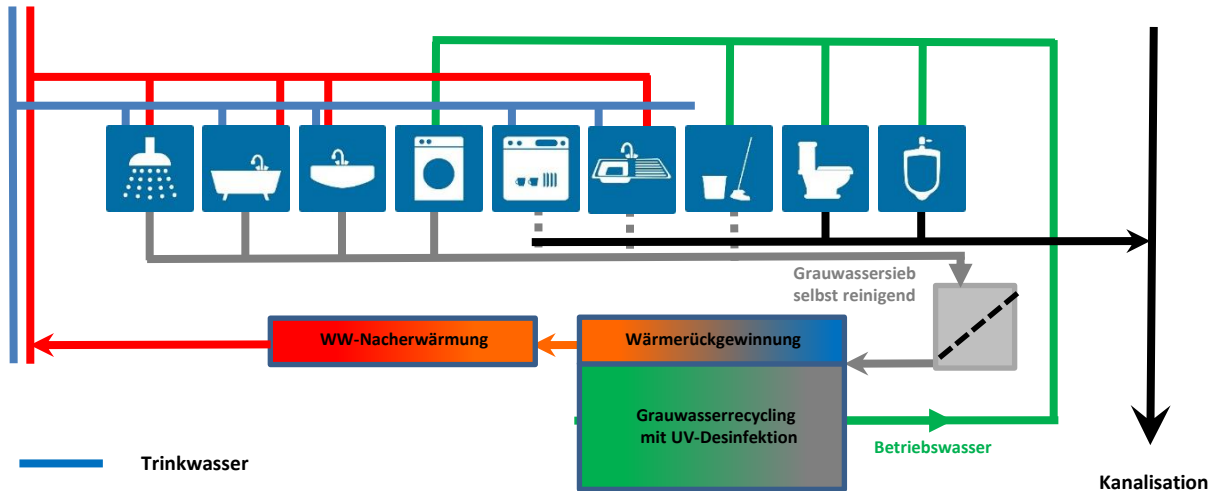


Abwasser

1. Vermeiden
2. Vermindern
3. Recyceln
4. Beseitigen.

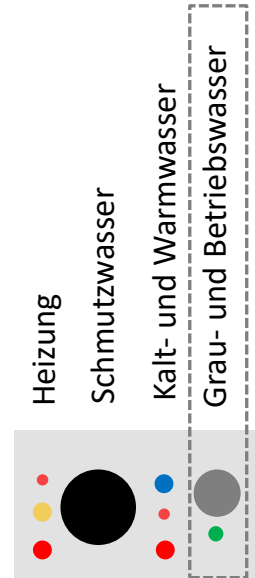


Getrennte Erfassung des Grauwassers und Betriebswasserversorgung.



geringer Mehraufwand

- Trinkwasser
- Warmwasser
- Schwarzwasser = Abwasser aus Toiletten - hier inkl. Küchenabwasser
- Grauwasser = Abwasser aus dem Badezimmer inkl. Waschmaschine
- Betriebswasser = Gereinigtes Grauwasser mit "fast Trinkwasserqualität"



Installationsschacht

2010: Grauwasserrecycling mit Wärmerückgewinnung



Nano 29.02.2016 Beitrag über Wärmerückgewinnung

3 sat

<https://youtu.be/Y2BNYdVJio>
Ab Minute 3:00



Abbildung 1: Blick auf das 2016 errichtete Passivhaus in der Frankfurter Salvador-Allende-Straße
Quelle: ABG, Herbert Kratzel

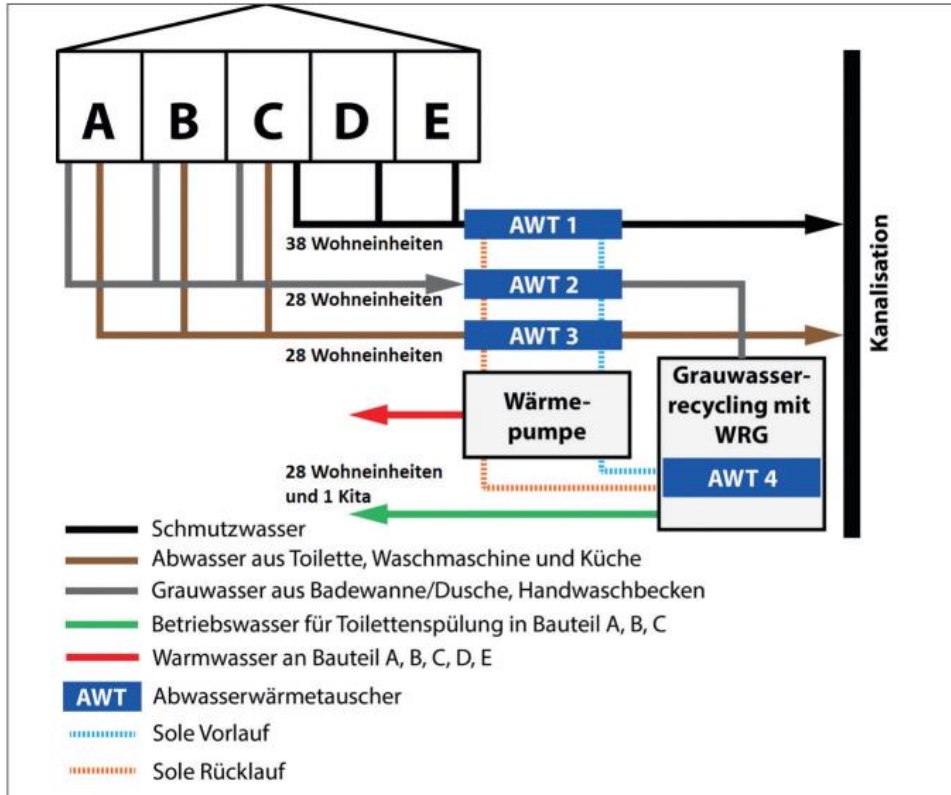


Abbildung 3: Außenansicht des gedämmten Rohrwärmetauschers AWT 2 als SML-Rohr mit ummanteltem Wärmetauscher

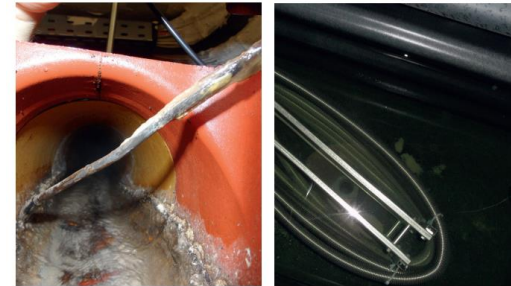


Abbildung 4: Innenansicht des gedämmten SML-Abwasserrohrwärmetauschers AWT 2 (links) und der im Betriebswasser getauchten Rohrwärmetauscher AWT 4 (rechts) nach ca. zweijährigem Betrieb

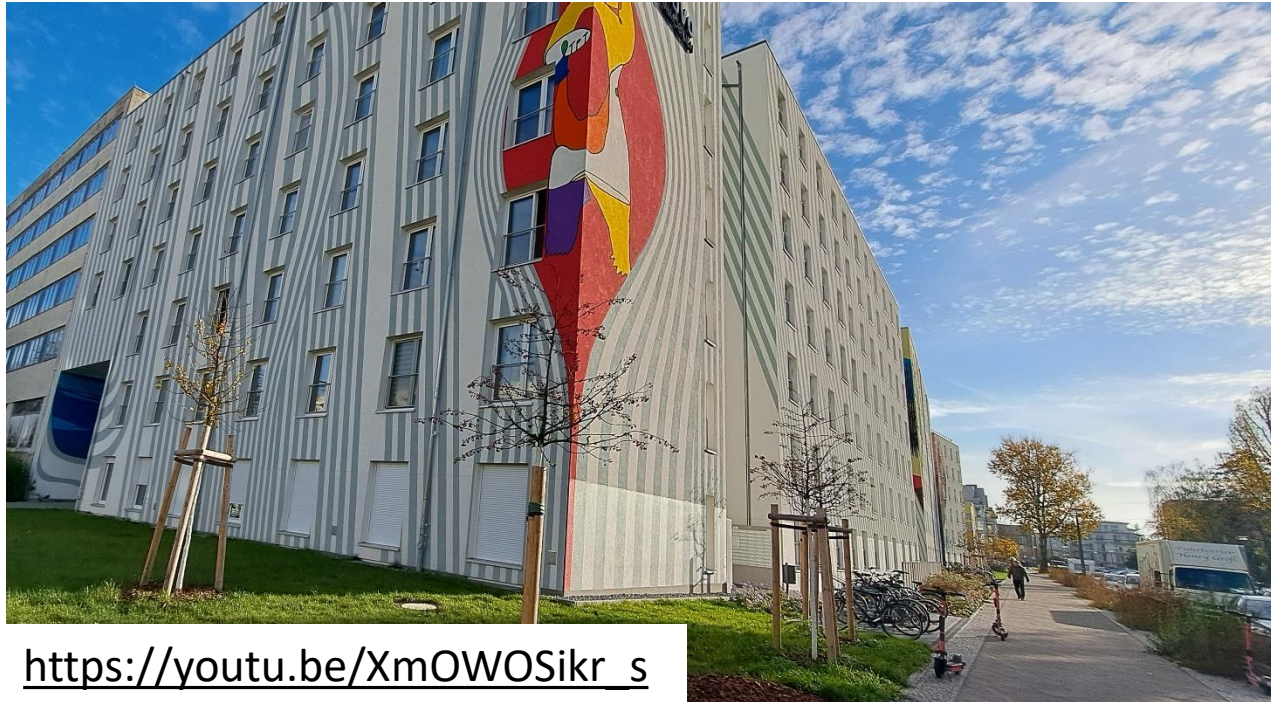
Spezifische Wärmeerträge der vier Abwasserwärmetauscher in 2017/2018

Wärmeerträge pro m³ Abwasser

	AWT 1	AWT 2	AWT 3	AWT 4
kWh / m ³	2,75	4,29	2,79	14,39



**Grauwasserrecycling spart täglich 17.000 Trinkwasser
und mehr als 100 kWh Wärme durch Wärmerückgewinnung**



https://youtu.be/XmOWOSikr_s





Die Win-Win Situation zum Standard machen

2022: Die landeseigene Berlinovo Immobilien Gesellschaft hat sich auf Noldes Grauwasser-Experiment eingelassen.

Das Motiv: niedrigere Kosten für Wasser und Energie.



<https://innovative-wasserkonzepte.de/2023/03/13/beitrag-in-der-rbb-abendschau-vom-05-03-23/>





Die Win-Win Situation zum Standard erheben



Das System reduziert den Frischwasserverbrauch um rund 30 Prozent. Und weniger Abwasser senke die Kosten ebenfalls, sagt ein Sprecher der Berlinovo.

Zusammen mit dem geringeren Energieverbrauch rechnet sich die gesamte Anlage – **auch ohne einen Cent Förderung** – schon nach sechs bis acht Jahren.

So plant und realisiert die Berlinovo bereits fünf weitere Neubauprojekte mit Grauwasser-Recycling.

Quelle: DER SPIEGEL Nr. 30 vom 22.07.2023, S.15



Senatsverwaltung für Stadtentwicklung

Innovative Wasserkonzepte
Betriebswassernutzung in Gebäuden

Ist Nutzung die Lösung? 12:11

(Regen-)Wasser in der Stadt:
Regenwassernutzung und...

2.2K views • 2 years ago

Wasserrecycling in Berlin 33:27

(Regen-)Wasser in der Stadt:
Regenwassernutzung und...

1.6K views • 2 years ago

Blau-grün-graue Zukunft 24:19

(Regen-)Wasser in der Stadt:
Wassermanagement der...

1.5K views • 2 years ago

Regenwasser: Zu viel? Zu wenig? 9:18

(Regen-)Wasser in der Stadt:
Probleme durch...

2.5K views • 2 years ago

2021

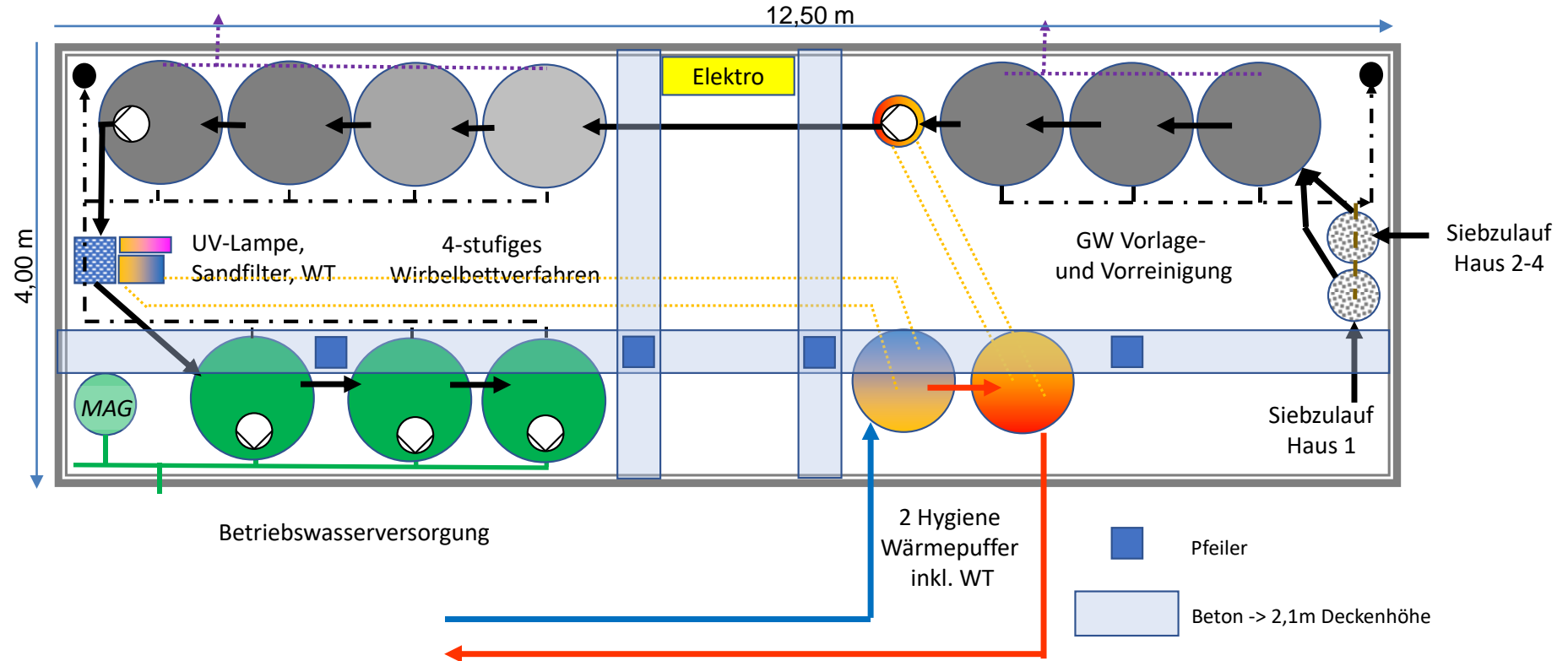
<https://www.youtube.com/@fbr-Bundesverband>

Siehe Planungskriterien für die Betriebswassernutzung S. 47ff.

https://stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf

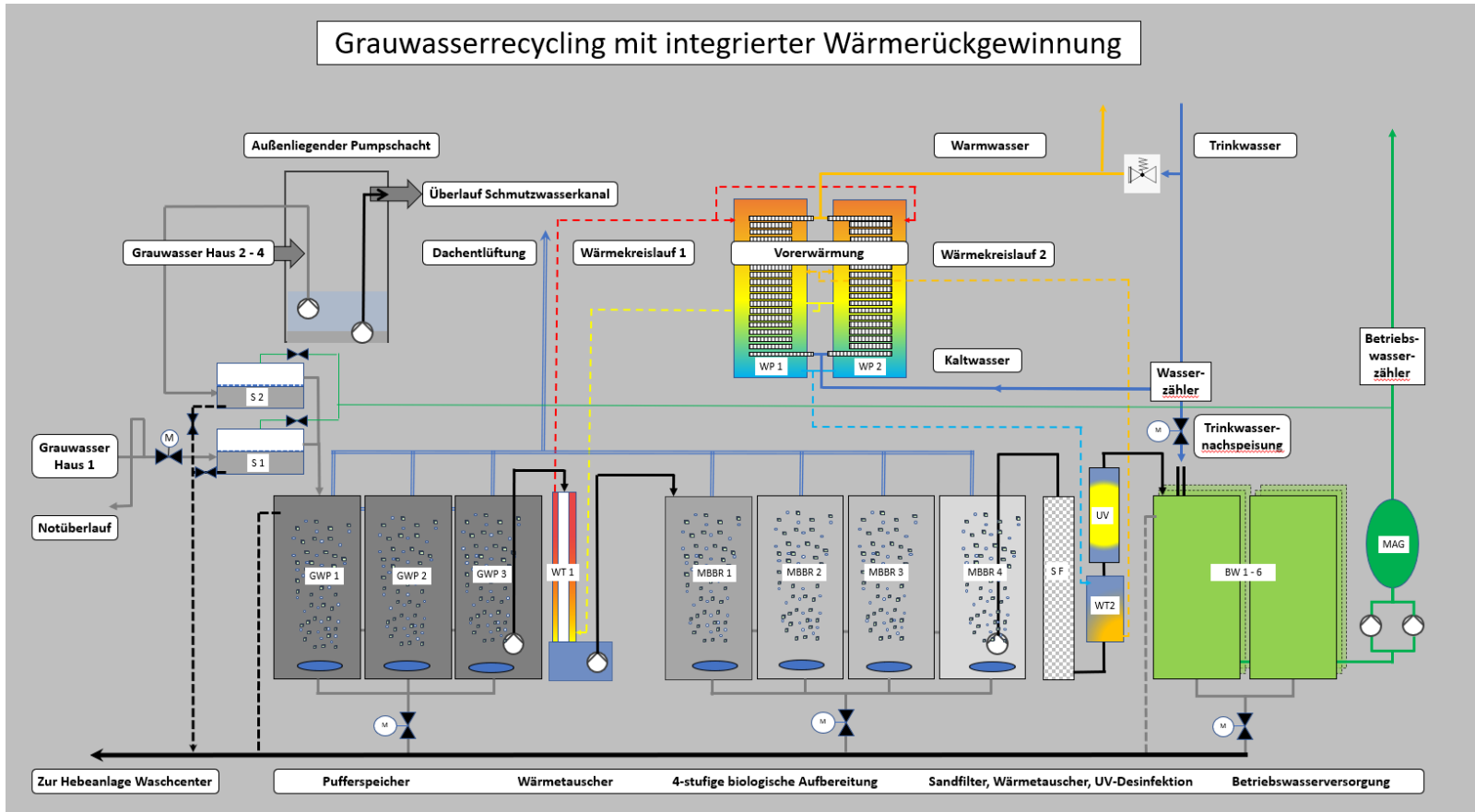


Platzbedarf für die gesamte Technik rd. ein A4-Blatt pro Bewohner





Grauwasserrecycling mit integrierter Wärmerückgewinnung





Genehmigungsplanung nicht erforderlich

Stattdessen

- formlose Mitteilung an der örtlichen Wasserversorger
- Anzeige beim Gesundheitsamt:
Sieht sich i.d.R. die Installation genau an - insbesondere offener Auslauf der Trinkwassernachspeisung und Leitungskennzeichnung

Abender (Unternehmer / Inhaber):
Name, Vorname
Firma
Anschrift
PLZ / Ort
(Vorwahl) Telefon / Fax / eMail

An das Bezirksamt
_____ von Berlin
- Gesundheitsamt -

Straße, Hausnummer
_____ Berlin

PLZ _____

1. Hiermit zeige ich Folgendes an:
- Betrieb einer bereits existierenden Anlage
 - Inbetriebnahme einer Anlage
 - Wiederinbetriebnahme einer Anlage
 - Stilllegung einer Anlage

am _____ Datum
Fassungsvermögen der Zisterne: ca. _____ m³

2. Standort der Anlage:
- Anschrift _____
PLZ _____ Berlin _____

Gebäude / Gebäudeteil _____
Nutzung des Gebäudes _____

3. Herkunft des Betriebswassers:
- Hasenbrunnen
 - Dachablaufwasser
 - Oberflächenwasser
 - Grauwasser (aus Bad, Dusche, Handwaschbecken, Waschmaschine)
 - Sonstiges: _____

4. Herkunft des Nachspeisungswassers:
- zentrale Trinkwasserversorgung
 - Sonstiges: _____

5. Die Ableitung des überschüssigen Betriebswassers erfolgt in die / durch:
- Trenkanalisation
 - Mischkanalisation
 - Versickerung
 - Sonstiges: _____

Anzeige nach § 13 Abs. 3 der
Trinkwasserverordnung
- Nutzung einer Betriebswasseranlage -

6. Ansprechpartner/in vor Ort:
_____ (ggf. Titel) Name, Vorname

Anschrift _____

PLZ / Ort _____

Telefon / Fax _____

7. Allgemeines:
- a) Wie viele Wohneinheiten werden mit Betriebswasser versorgt? _____ ja / nein
 - b) Wie viele Verbraucher/innen werden mit Betriebswasser versorgt? _____ ja / nein
 - c) Wie hoch ist der geschätzte Betriebswasseranfall / Jahr? _____ ja / nein
 - d) Haben Sie einen Wartungsvertrag abgeschlossen? ja / nein

- e) Was wird versorgt?
- Toilette
 - Waschmaschine
 - Gartenbewässerung
 - Sonstiges: _____

8. Wurden folgende Anforderungen beachtet:
- a) Wurde die Anlage von einer zertifizierten Fachfirma installiert? ja / nein (falls ja, bitte Beleg beifügen)

- b) Sind die Rohrleitungen farblich und die Entnahmestellen deutlich mit der Aufschrift „Betriebswasser – KEIN Trinkwasser“ gekennzeichnet (§ 17 Abs. 2 TrinkwV 2001)? ja / nein

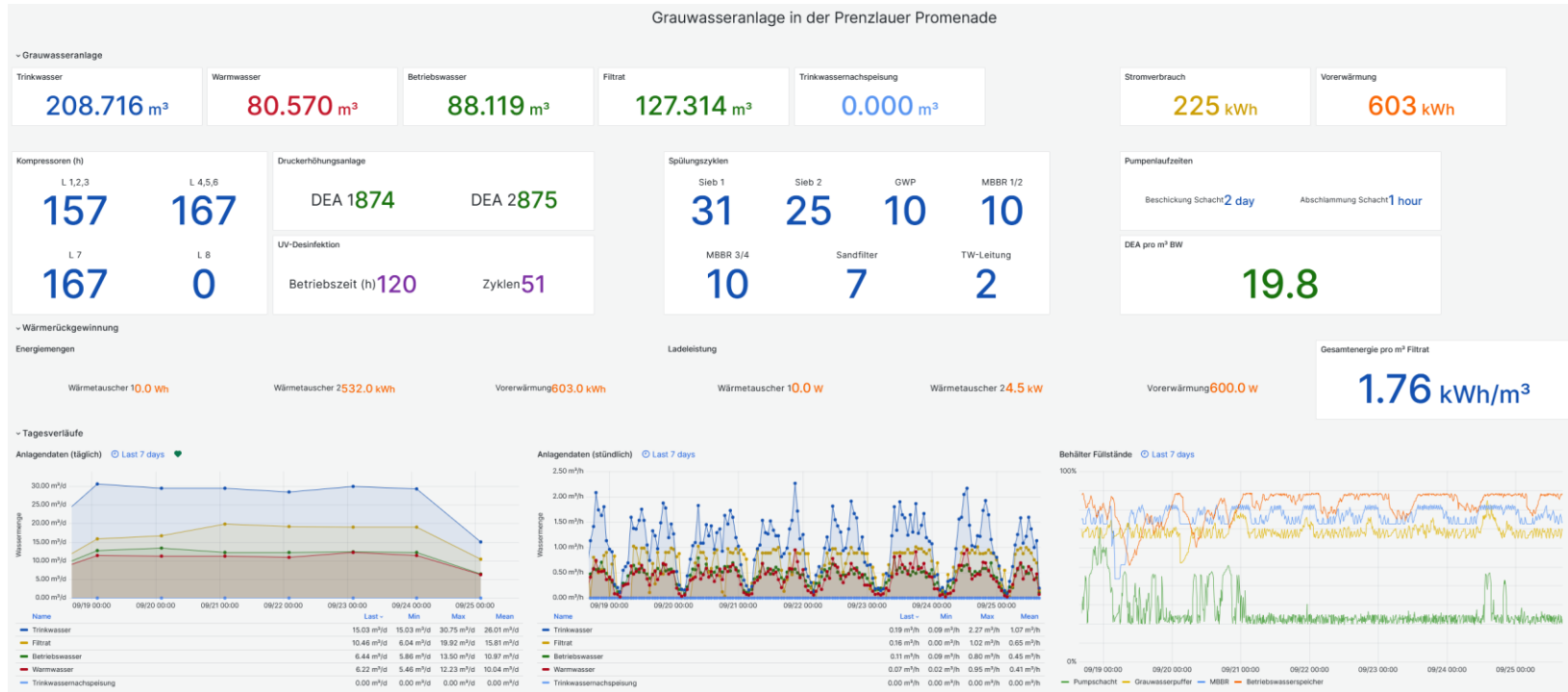
- c) Erfolgt die Wassernachspeisung aus der Trinkwasserversorgung ausschließlich durch freien Auslauf? ja / nein

- d) Liegt ein Wartungsplan vor? ja / nein (falls ja, bitte Beleg beifügen)

Ort, Datum _____ Unterschrift _____

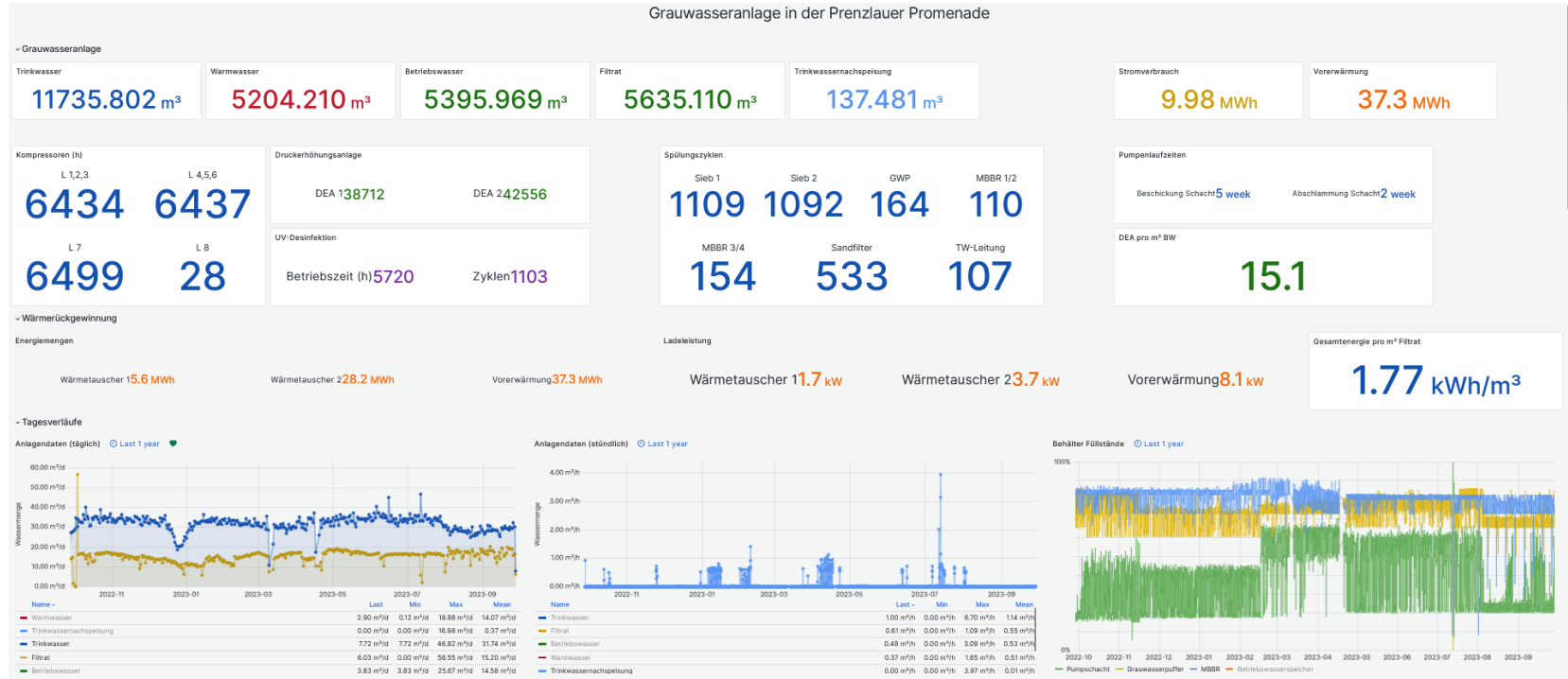


Sorgt für effizienten Anlagenbetrieb und senkt die Betriebskosten



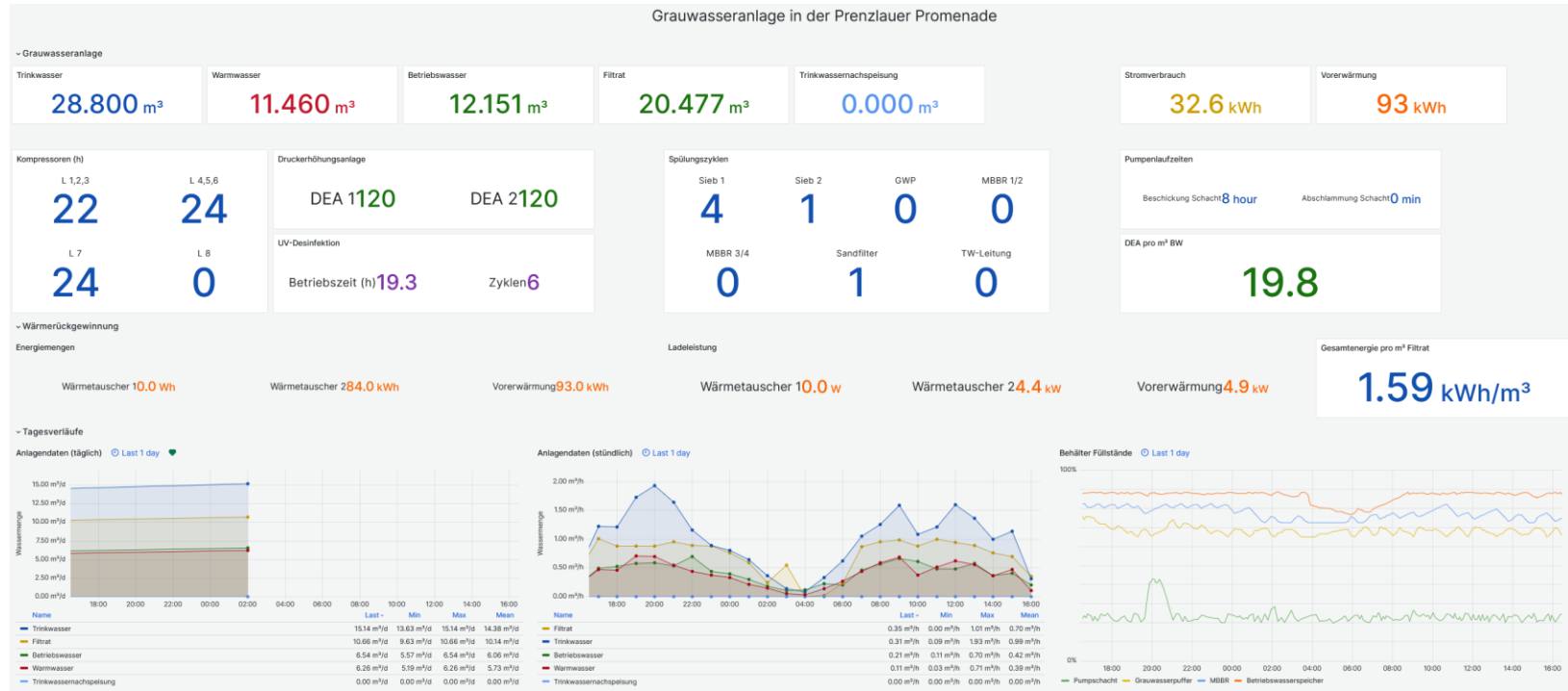


Sorgt für effizienten Anlagenbetrieb und senkt die Betriebskosten



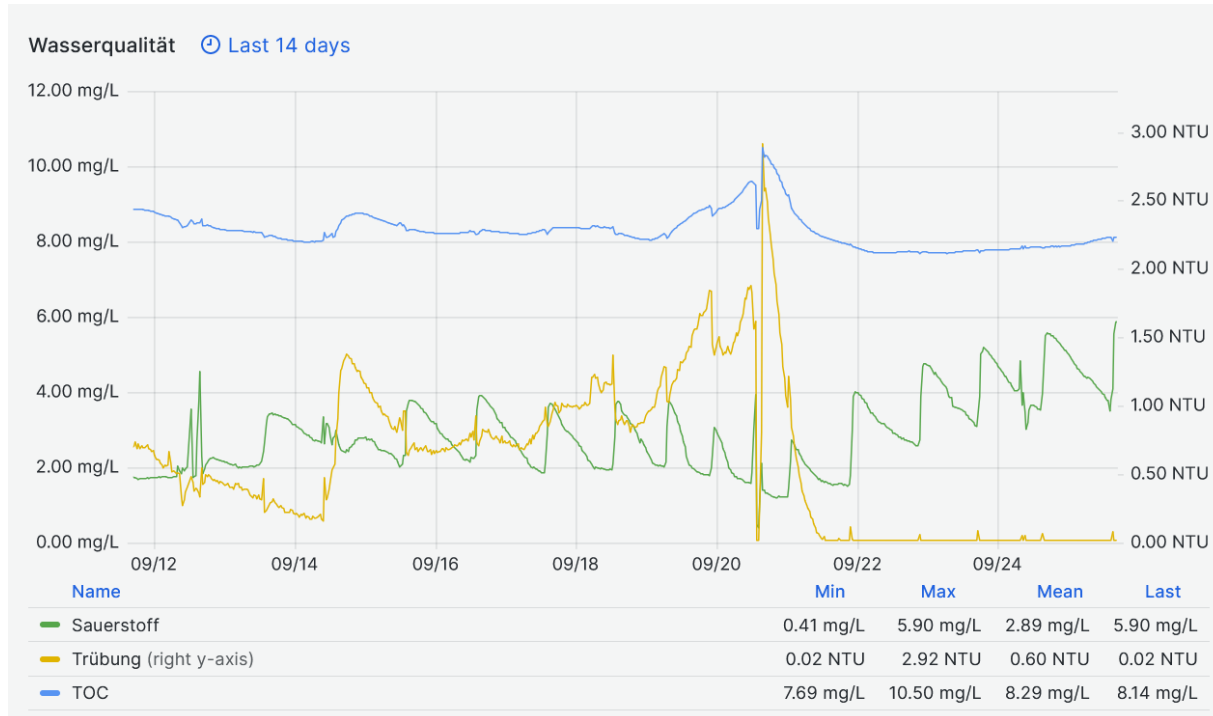


Sorgt für effizienten Anlagenbetrieb und senkt die Betriebskosten





Zeitnahe erkennen, wenn mal etwas anders läuft bzw. Wartung erforderlich wird





Ausführungsplanung muss/soll u. s. berücksichtigen

- Trinkwasserverordnung (TrinkwV)
- Trinkwassernachspeisung DIN 1717 (freier Auslauf)
- VO über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV)
- Anlagen für die Verwendung von behandeltem Grauwasser inkl. Inbetriebnahme Wartung, etc. DIN EN 16941-2 Teil 2:
- Entwässerungsanlagen und Sicherung gegen Rückstau
DIN1986-100 und DIN EV 13564-1
- Pumpen und Schwerkraftentwässerung DIN EN 12056-4DIN EN 12050-2



- Standsicherheit
- Zugang zur Anlage (Einbringen, Wartung)
- Überlauf/Entsorgungssicherheit
- Nachspeisung
- Pumpen
- Anlagensteuerung
- Wasserzähler
- Leitungskennzeichnung
- Prüfung der Wasserqualität
- Wartung



Relevanten Normenwerke

- DIN EN 16941-2 Teil 2:

Tabelle D.2 — Beispiele für Werte zur allgemeinen Systemkontrolle nach der Normenreihe BS 8525

Parameter	Sprühanwendung	Anwendung ohne Versprühen			Prüfung	System-Typ
		Hochdruck-reinigung, Gartensprenger und Autowäsche	WC-Spülung	Gartenbewässerung		
Trübung (NTU)	< 10	< 10	N/A	< 10	EN ISO 7027-1	alle Systeme
pH	5 bis 9,5	5 bis 9,5	5 bis 9,5	5 bis 9,5	EN ISO 10523	alle Systeme
Rest-Chlor (mg/l)	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	EN ISO 7393-2	alle Systeme, wenn verwendet
Rest-Brom (mg/l)	0,0	< 5,0	0,0			alle Systeme, wenn verwendet

Achtung: Trübung sollte möglichst unter 1 NTU liegen kurzzeitig max. 2 NTU!!
Einhaltung des BS 8525-Standard ist keine Sicherheit für Kundenzufriedenheit



Tabelle D.1 — Beispiele für Richtwerte zur bakteriologischen Überwachung nach der Normenreihe BS 8525

Parameter KBE/100 ml	Sprühanwendung	Anwendung ohne Versprühen			Prüfverfahren		System-Typ
	Hochdruck-reinigung, Gartensprenger und Autowäsche	WC-Spülung	Gartenbe- wässerung	Reinigung, d. h. Waschmaschine	Spray- Anwendung	Anwendung ohne Versprühen	
Escherichia coli	Nicht nachweisbar	250	250	Nicht nachweisbar	EN ISO 9308-1	EN ISO 9308-3	Einzelstandorte und kommunale Wohnbereiche
Intestinale Enterokokken	Nicht nachweisbar	100	100	Nicht nachweisbar	EN ISO 7899-2 oder EN ISO 7899- 1	EN ISO 7899-1	Einzelstandorte und kommunale Wohnbereiche
Legionella pneumophila	10	N/A ^b	N/A	N/A	EN ISO 11731	N/A	Falls Analyse auf Grund von Gefährdungsabschät- zung erforderlich ist (siehe 5.10)
Gesamt Coliforme	10	1 000	1 000	10	EN ISO 9308-1	EN ISO 9308-3	Einzelstandorte und kommunale Wohnbereiche

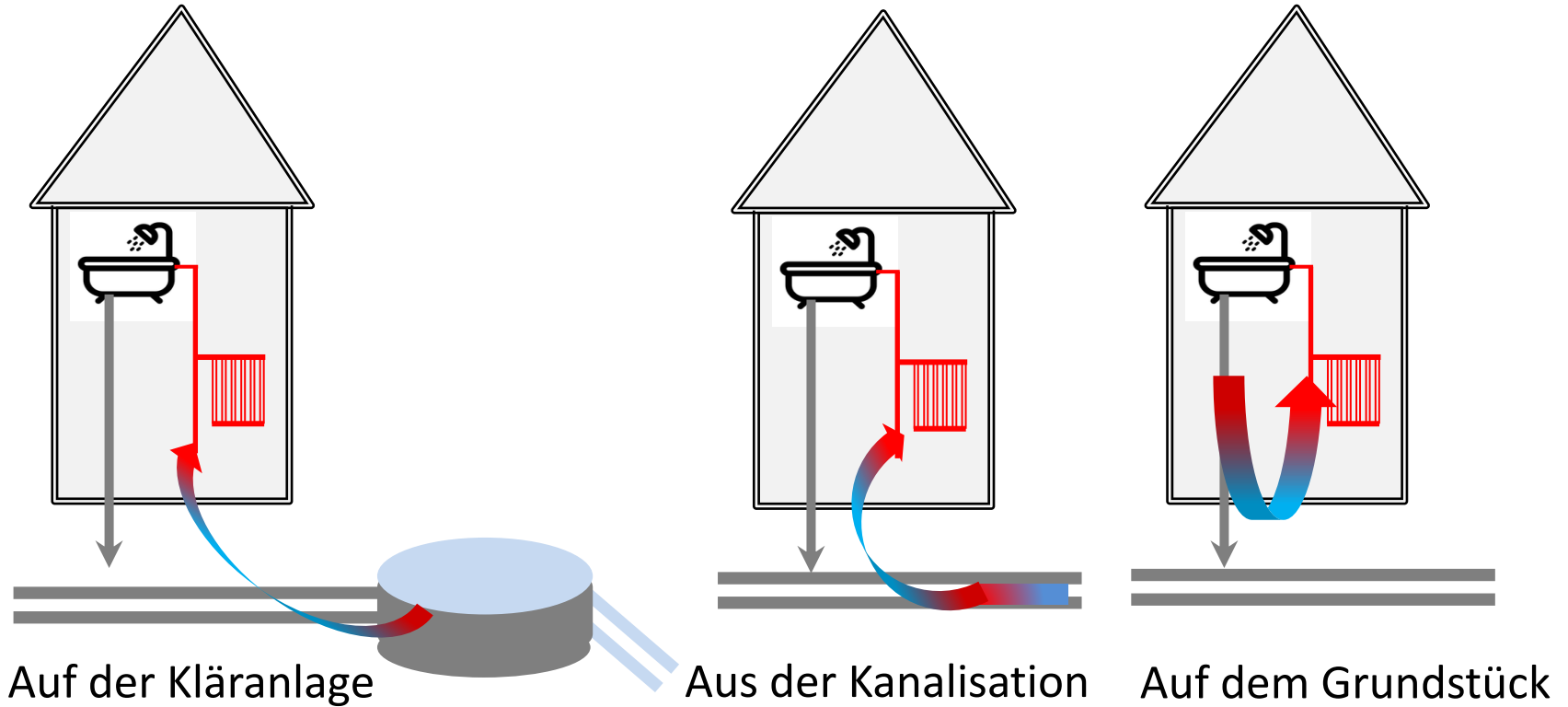
a „Gesamt Coliforme“ ist ein Indikator-Parameter zur Feststellung der Einsatzfähigkeit der Anlage. Die für behandeltes Grauwasser angegebenen bakteriologischen Richtwerte geben die Notwendigkeit zur Prüfung der Qualität des behandelten Wassers für Versorgung und Nutzung an.

b N/A = Nicht zutreffend (en = not available)



- Grauwasserbehandlungsverfahren
Zertifizierung nützlich/ausreichend?
- Referenzen und belastbare Ergebnisse aus der Praxis
- Anlagenverhalten bei Fehleinleitungen (Ausschluss der Gewährleistung)
- Wartung und Betrieb
- Betriebsmittel und Stromverbrauch
- Verschleißteile
- Wartungsvertrag
Online-Überwachung
Standort der Wartungsfirma

Standardanlage ab Werk und Lieferung Bordsteinkante / individuell geplante Anlage
+ Schnittstellen zur Haustechnik
+ Einbau und Inbetriebnahme





Zur Orientierung

500 € je angeschlossene Person für die Anlagentechnik
+ 500 € je Wohneinheit für zusätzliche Leitungen

3 Personen Haushalt auf 100 m² Wohnfläche

zusätzliche einmalige Investitionskosten ca. **2.000 €** entspricht 20 €/m² Wohnfläche

Einsparpotenzial

WC: 34 Liter/d/P = 37,2 m³ Trink- und Abwasser x 5,00 €/m³ = 186 €/a/WE

WC + WM: 49 Liter/d/P = 53,7 m³ Trink- und Abwasser x 5,00 €/m³ = 268 €/a/WE

Betriebskosten werden durch Abwasserwärmenutzung kompensiert

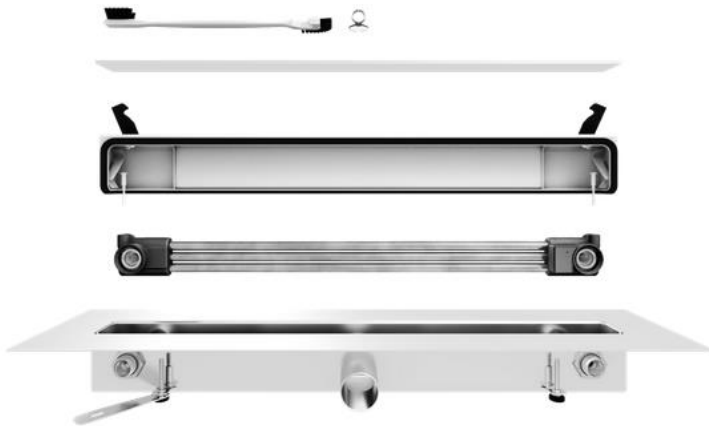
Deutliche Kosteneinsparung bei größeren Anlagen



Zur Orientierung Grauwasserrecycling plus Wärmerückgewinnung aus Badewanne, Dusche und Handwaschbecken

500 € je angeschlossene Person für die Anlagentechnik
+ 500 € je Wohneinheit für zusätzliche Leitungen

Duschrinne mit 3-Rohr-Wärmetauscher für fugenlose Bodenbeläge:



Duschrinne mit Rohr-Wärmetauscher
3-Rohr-System 2.000 € (netto) ohne Einbau
5-Rohr-System 2.300 € (netto) ohne Einbau

- monatliche Reinigung empfohlen

Anbieter: „15.000 Duschrinnen im Einsatz“



Was ist ein Gebäude 2040 wohl noch wert,
wenn es heute nur nach dem gerade gültigen
Mindeststandard gebaut wird?



„Wenn Mindeststandards
nicht erreicht werden,
entfällt die Betriebserlaubnis
für ein Gebäude.“

DR. ANNA BRAUNE
DGNB



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



„Es ist nicht genug, zu wissen,
man muss auch anwenden;
es ist nicht genug, zu wollen,
man muss auch tun.“

Johann Wolfgang von Goethe

(Werk: Wilhelm Meisters Wanderjahre)

e.nolde@innovative-wasserkonzepte.de