



# Häusliches Abwasser ist eine Ressource für neues Wasser, Nährstoffe und Energie





**Nolde & Partner innovative Wasserkonzepte**  
Marienburger Straße 31A  
10405 Berlin  
**Telefon:** 0049-(0)30- 46 60 17 51  
**https://nolde-partner.de**  
**Email:** [mail@nolde-partner.de](mailto:mail@nolde-partner.de)

- Grauwasserrecycling und Qualitätsanforderungen seit 1990 an der TU-Berlin FG Hygiene
- Mitarbeit und Erstellung von diversen Regelwerken
- Dezentrale Wasserkonzepte 1995 (1. Planung Grauwasserrecycling Hotelanlage mit 400 Betten)
- Wärmerückgewinnung aus häuslichem Abwasser
- von der Planung bis zum Anlagenbetrieb
- Nationale und internationale (F&E Projekte)
- Urban farming
- Regenwasserbewirtschaftung
- Grauwassercontracting
- Aktuelle Grauwasserprojekte  
Studentisches Wohnen,  
Wasserrecycling für Friseursalon, Mehrfamilienhaus 39 WE, ...



1996: Grauwasserrecycling in Offenbach im 4-Sterne 400 Betten Hotel

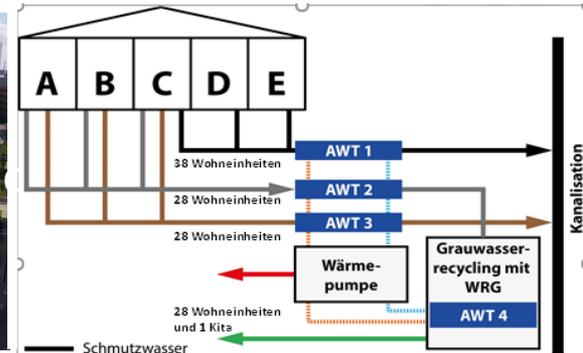
2006: Grauwasserrecycling in Berlin für 73 WE



2011: Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung in Berlin für 40 Wohn- und 6 Gewerbeeinheiten

&

2018: Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung in Frankfurt/Main für 28 und 66 Wohneinheiten der FAAG





## Immer mehr Hitzetote durch Klimawandel in Deutschland



### Robert Koch Institut:

*„Insgesamt betrug die hitzebedingte Mortalität des Sommers 2018 in Berlin und Hessen etwa 12/100.000 Einwohner. Ältere Menschen waren besonders betroffen: Bei den 75- bis 84-Jährigen betrug die hitzebedingte Mortalität etwa 60/100.000, bei den über 84-Jährigen etwa 300/100.000.“*

**>> Kühlen mit Wasser!!**

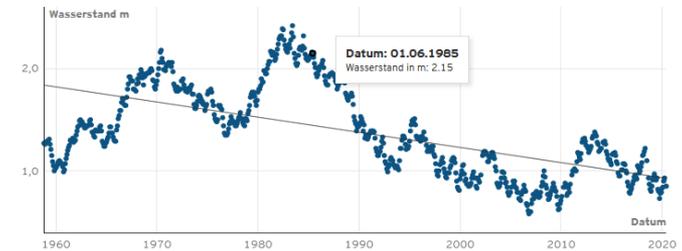


## Ausgetrocknete Gewässer und abgestorbene Straßenbäume



**Wasserstand Peetschsee**

Die Grafik zeigt den mittleren Wasserstand seit 01.01.1958 in m.



Quelle: Landesamt für Umwelt Brandenburg

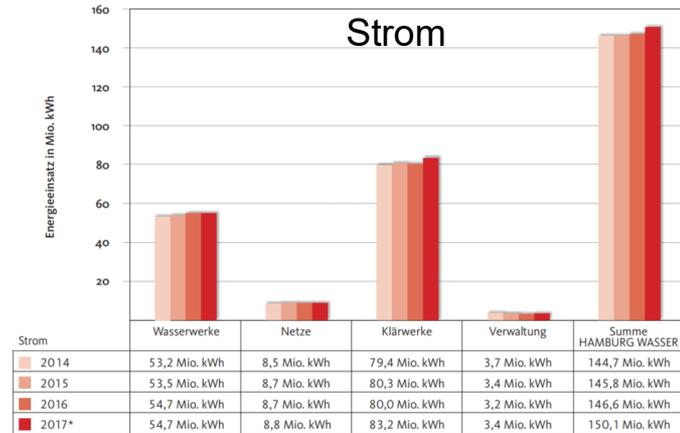




## Die zentrale Wasserver- und -entsorgung ist der größte Stromverbraucher!

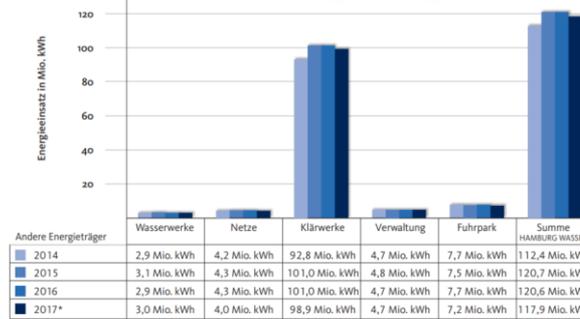


Der Stromverbrauch ist in der Tendenz steigend!



\* vereinzelt liegen die Werte für 2017 noch nicht endgültig vor. Hierdurch können sich geringfügige Abweichungen im Nachkommastellenbereich in der nächsten Umwelterklärung ergeben.

### Andere Energieträger



\* vereinzelt liegen die Werte für 2017 noch nicht endgültig vor. Hierdurch können sich geringfügige Abweichungen im Nachkommastellenbereich in der nächsten Umwelterklärung ergeben.

„Die Berliner Wasserbetriebe verbrauchen so viel Strom wie der Haushaltsverbräuche einer Stadt mit **400.000** Einwohnern“.

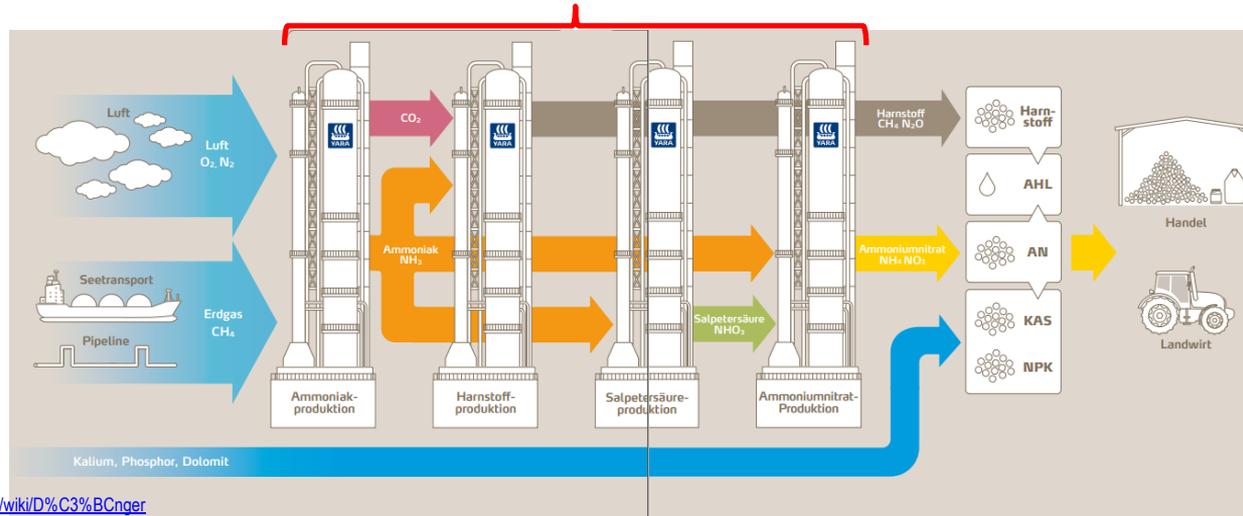
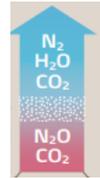
Quelle: Berliner Wasserbetriebe Nachhaltigkeitsbericht (2017)  
Elektroenergie: 305 GWh/a / 750 kWh/P/a = 406 Tsd. Einwohner

Quelle: Hamburg Wasser: Umwelterklärung, 2018; S. 24ff



## Stickstoffentfernung aus Abwasser und die Stickstoffdüngerproduktion sind energieintensiv \*

ca. 2 kg Öl werden zur Produktion, Transport und Aufbringung von einem kg Stickstoffdünger benötigt.



\* **ca. 100 kWh/P/a werden benötigt um:**

- ca. 4 kg N aus dem Abwasser zu entfernen, und
- 10 kg organische Abwasser-anteile zu CO<sub>2</sub> zu oxidieren.
- **ca. 600 kWh Abwasserwärme gehen pro Person und Jahr beim Transport verloren, bzw. erwärmen Böden und Gewässer.**



## Phosphorreserven sind limitiert; Peak Phosphor 2030

P-Dünger ist zunehmend mit Schwermetallen (z. B. Cadmium, Uran, ...) belastet.

Global Phosphorus Research Initiative (GPRI): 8 bis 15 Millionen Tonnen P werden jährlich in die Weltmeere eingetragen.



[https://de.wikipedia.org/wiki/Peak\\_Phosphor](https://de.wikipedia.org/wiki/Peak_Phosphor)



## Kalium: Abbau führt zur Versalzung der Oberflächengewässer

Produktion: Energie = 0,529 GJ/t (146 kWh/t), Frischwasser = 5,65 m<sup>3</sup>/t, 5 t Sole/t  
Salzwasser Einträge aus Mienenabraum: 70 – 90% NaCl >>> Ozeane

**Für keinen der Pflanzennährstoffe gibt es eine Rückfahrkarte!**



<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id=%7B0E0B2DB5-9043-11D3-B2C8-0080C8941B49%7D>



## Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sollte sinngemäß auch für Abwasser gelten.



Getrennte Erfassung und Behandlung von Abwässern mit anschließende Nutzung sollte verpflichtend werden.

1. Abwasser vermeiden
2. Vermindern
3. Recyceln
4. Beseitigen.

**Die getrennte Erfassung von Niederschlagswasser auf dem Grundstück ist bereits Standard. Analog dazu sollten auch Toilettenabwässer getrennt vom Grauwasser erfasst werden.**

**Feste „Abfälle“:** 1,3 kg Haushaltsabfälle pro Person und Tag

**Flüssige „Abfälle“:** 190 g mineralische und organische Stoffe, verdünnt mit mehr als 126 kg Trinkwasser/P/d



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



**Getrennte Erfassung von Grau- und Schwarzwasser**

		Schwarzwasser	Grauwasser	Gesamt- abwasser
		Faeces + Urin + 30 Liter WC Spülwasser		
		%	%	Summe
Menge	L/E/d	31,3%	<b>68,7%</b>	112,0
CSB	g/E/d	59,8%	40,2%	117,0
N	g/E/d	<b>92,2%</b>	7,8%	12,9
P	g/E/d	<b>75,0%</b>	25,0%	2,0
K	g/E/d	<b>76,2%</b>	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		<b>1.768</b>	243
Biogas	Wh/E/d			118

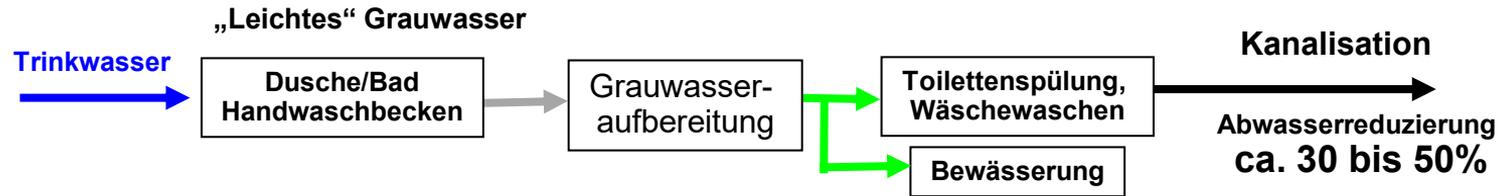
**Nutzbare Wärmepotenzial: ca. 650 kWh/P/a**

Dezentrale Wärmerückgewinnung mit 15-fach höherem Wärmenutzungspotenzial als die zentrale Biogasvariante.

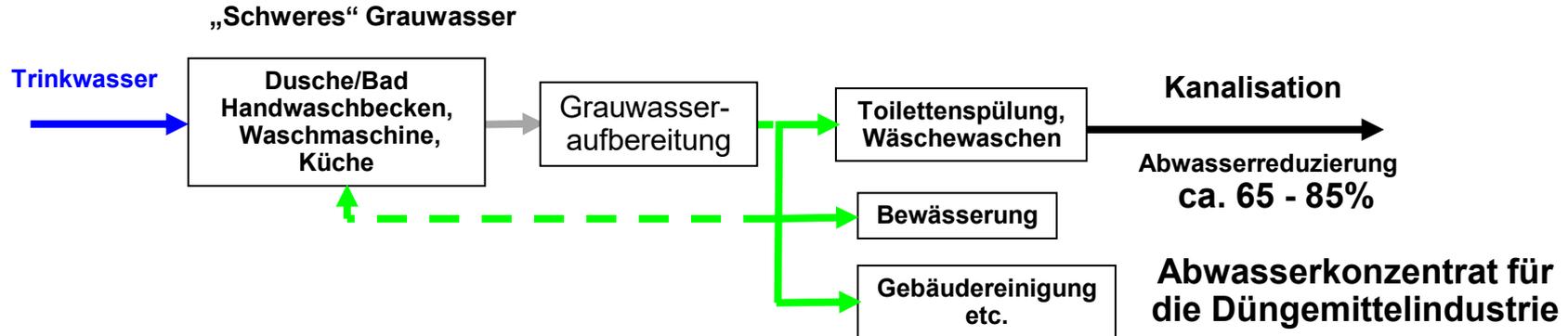


## Wieviel (Ab-) Wasser können wir über Grauwasserrecycling einsparen?

### Einfachrecycling:

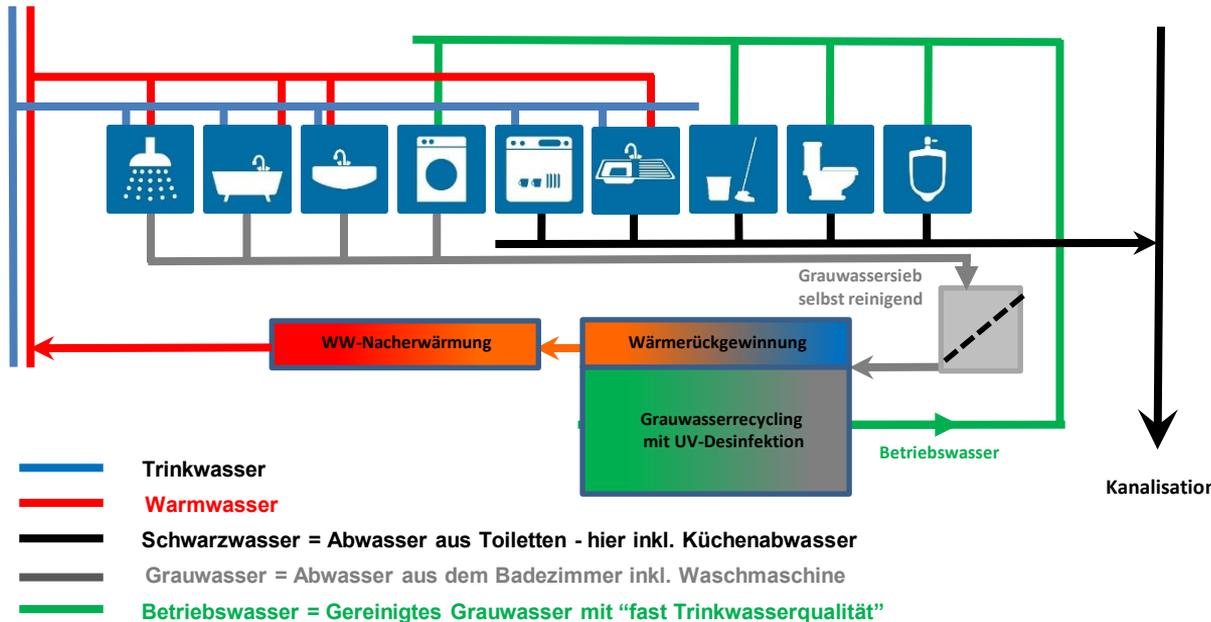


### Mehrfachrecycling:





## Getrennte Erfassung des Grauwassers und Betriebswasserversorgung.



Geringer Mehraufwand  
ca. 500 € pro Wohneinheit



Installationsschacht



## Greywater treatment including wastewater from kitchen and laundry

Greywater from  
bathtubs, showers,  
washing machines and  
kitchen

Sedimentation  
and sieving

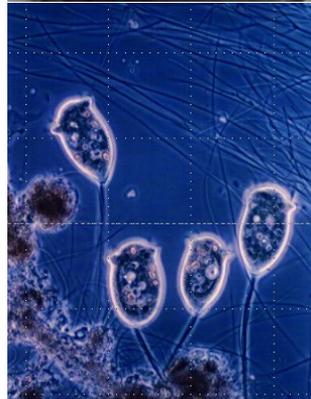
Multi-stage biological  
treatment without  
chemicals

Particle removal  
(sedimentation)  
and UV disinfection

Service water use in  
buildings (WC) und for  
food production



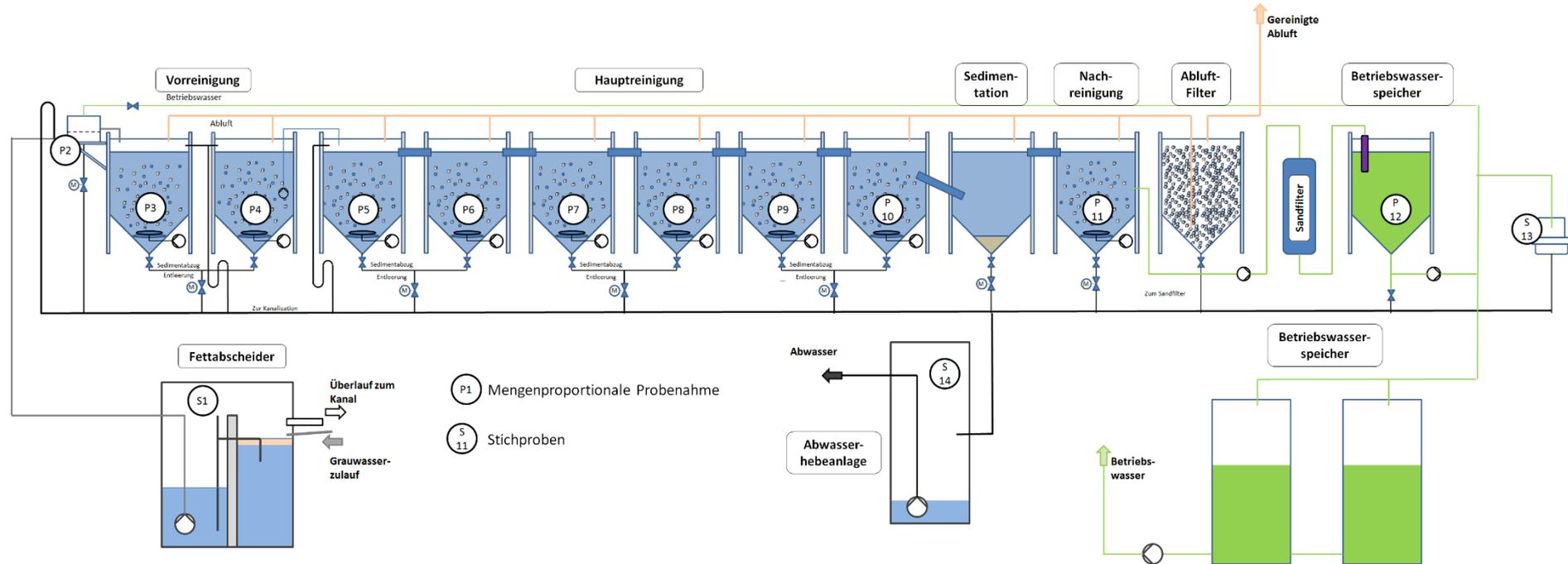
02/04/2016 08:23 PM



07/24/2015 12:01 PM



## Grauwasserrecycling Block 6



Planung: 2004; Betrieb seit 2006 durch unser Büro



Probennummer: ifp17-31954-001  
Bezeichnung: Betriebswasserprobe 1a / 1b

**Mikrobiologische Untersuchungen:**

			Grenzwert <sup>1</sup>
Koloniezahl bei 22 °C	TrinkwV 2001 Anl. 5 I d) bb) (a)	KBE/ml :	20 100
Koloniezahl bei 36 °C	TrinkwV 2001 Anl. 5 I d) bb) (a)	KBE/ml :	18 100
Coliforme Bakterien	DIN EN ISO 9308-1 (K 12) 2014-12 (a)	Anzahl/100 ml :	8 0
<i>Escherichia coli</i>	DIN EN ISO 9308-1 (K 12) 2014-12 (a)	Anzahl/100 ml :	1 0
Enterokokken	DIN EN 7899-2 (K 15) 2000-11 (a)	Anzahl/100 ml :	< 1 (0) 0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	DIN EN ISO 16286 (K 11) 2008-05 (a)	Anzahl/100 ml :	< 1 (0)

**Elemente / Metalle:**

Aluminium	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	0,17 0,2
Antimon	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,0005 0,0050
Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,001 0,01
Blei	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,001 0,010
Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,0003 0,003
Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,005 0,05
Eisen	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	0,022 0,2
Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,2 2
Mangan	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	< 0,005 0,05
Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	0,0024 0,020
Zink	DIN EN ISO 17294-2 (E 29) 2005-02 (a)	mg/l :	0,042

**Anionen / Kationen:**

Ammonium	DIN EN ISO 14911 (E 34) 1999-12 (a)	mg/l :	< 0,04 0,5
Calcium	DIN EN ISO 14911 (E 34) 1999-12 (a)	mg/l :	93,2
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (D 20) 2009-07 (a)	mg/l :	89,0 250
Fluorid	DIN EN ISO 10304-1 (D 20) 2009-07 (b)	mg/l :	0,22 1,5
Kalium	DIN EN ISO 14911 (E 34) 1999-12 (a)	mg/l :	13,3
Magnesium	DIN EN ISO 14911 (E 34) 1999-12 (a)	mg/l :	10,1
Natrium	DIN EN ISO 14911 (E 34) 1999-12 (a)	mg/l :	89,6 200
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D 20) 2009-07 (a)	mg/l :	22,7 50
Nitrit	DIN EN ISO 10304-1 (D 20) 2009-07 (a)	mg/l :	< 0,01 0,5
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (D 20) 2009-07 (a)	mg/l :	130 250

**Berechnete Parameter:**

Gesamthärte	DIN 38409 (H 6) 1986-01 (b)	mmol/l :	2,7
Gesamthärte	DIN 38409 (H 6) 1986-01 (b)	*dH :	15,4

## Grauwasserrecycling Block 6 seit 2006 hervorragende Betriebswasserqualität:

***E. coli:*** 1/100 ml

(Grenzwert: 1.000/100ml)

**Coliforme Bakterien:** 8/100 ml

(Grenzwert: 10.000/100ml)

alle anderen Werte  
unterhalb der Anforderungen für Trinkwasser

TN: < 5 mg/l

Pges.: < 2 mg/l



## Gesunde Salate und Gemüse mit Betriebswasser aus der Grauwasserrecyclinganlage





## Gesunde Fische mit Betriebswasser aus der Grauwasserrecyclinganlage







## Anlagenüberwachung und -steuerung über das Internet

Grauwasserrecyclinganlage mit Wärmerückgewinnung:		Arnimplatz	Betriebswasser:	Eingespeiste Wärme	Warmwasser:	Grauwasser:	Trinkwassernachsp.	elektr. Energieaufnahme Anlage:	Hauptmenü
Datum:	04.06.14	Heute:	1013 L	9.45 kWh	825 L	994 L	0 L	1.8 kWh	→
Uhrzeit:	09:08:37	Vortag:	3614 L	32.09 kWh	2919 L	2993 L	742 L	5.3 kWh	Alarme
		Gesamt:	1718484 L	16962.4 kWh	1697138 L	1315403 L	428955 L	2473.2 kWh	→
		gesamt seit:	2012-12-28						

**Status:**

Aufbereitung Stufe 1/2:  
30.0 von 30.0 min

Aufbereitung Stufe 3:  
0.0 von 90.0 min

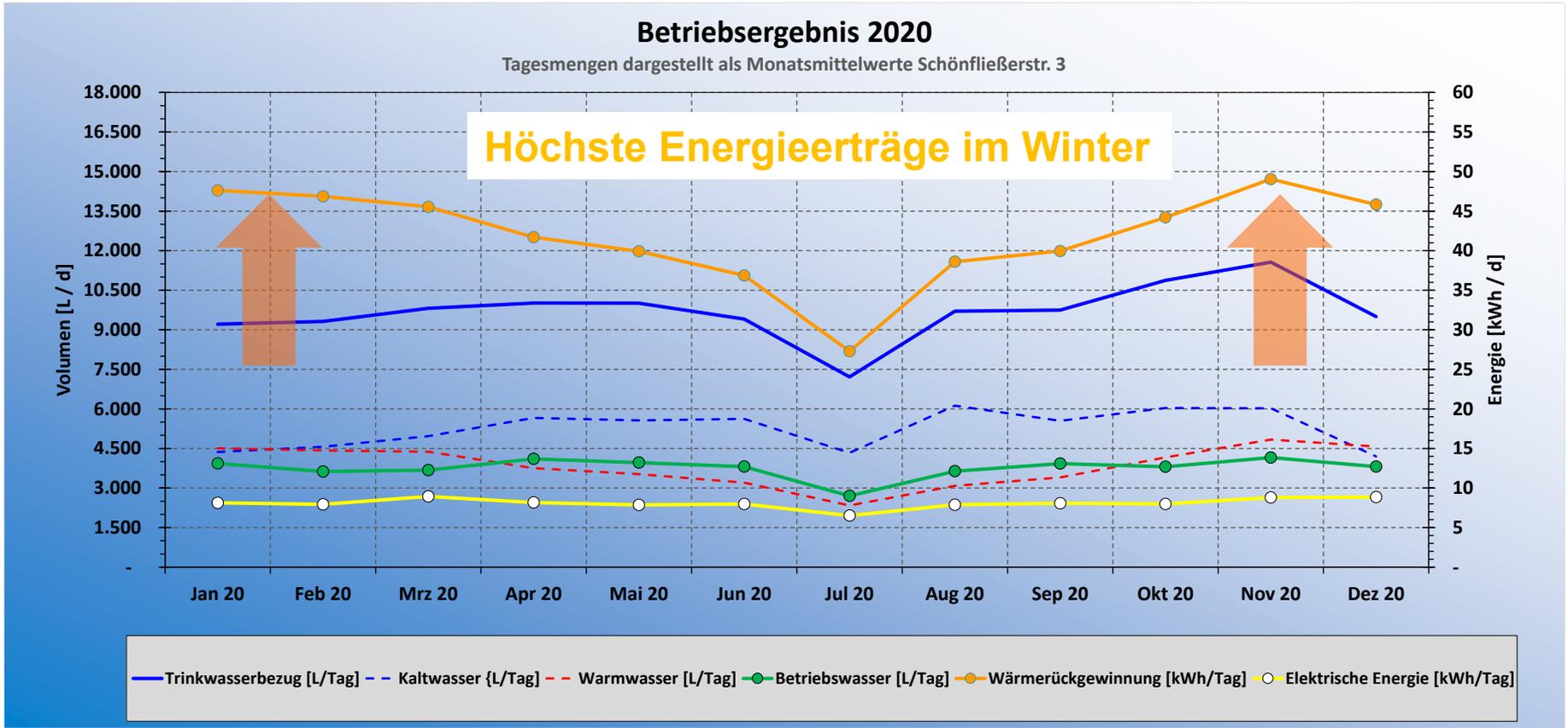
Arbeitsgemeinschaft:

**Nolde & Partner**  
innovative Wasserkonzepte

**Lokus**  
Logo of Lokus, a partner organization.

Bemerkung schreiben  
neue Bemerkung:  
letzte Bemerkung:

Führung Studenten TU Berlin



# 1. Energiepositive Kläranlage



Grauwasserrecycling mit Wärmerückgewinnung



Gesamt 1,4 kWh elektr.  
( ca. 5 m<sup>2</sup> Photovoltaik)

je 1.000 Liter  
Grauwasser

Wärmerückgewinnung  
0,25 kWh

COP: 40 bis 60

10 – 15 kWh  
Wärmeenergie zur  
Vorerwärmung des  
Kaltwassers

Grauwasserreinigung  
0,8 kWh

Wasserverteilung  
0,35 kWh

1.000 Liter hochwertiges  
Betriebswasser für WC und  
Waschmaschine etc.



## UMWELTNUTZEN

- (1) 10 – 15 kWh geringere Stadterwärmung
- (2) 1.000 Liter geringere Grundwasserförderung
- (3) 1 - 3 kWh geringerer Betriebsaufwand beim Wasserver- und Abwasserentsorger
- (4) geringerer Chemikalieneinsatz beim Wasserver- und Abwasserentsorger
- (5) geringere Betonkorrosion im Abwassernetz
- (6) **CO<sub>2</sub> Reduktion**
  - 2,51 kg CO<sub>2</sub> per 10 kWh<sub>thermisch</sub>

mit 2 - 3 Watt/Person



30 – 50 Liter  
Betriebswasser/P  
fast Trinkwasserqualität

+



12 – 18 W Wärme/P



## Grauwasserrecycling mit integrierter Wärmerückgewinnung



Wärmerückgewinnung aus Grauwasser  
jähr. Ernte entspricht ca. 45 m<sup>2</sup> Solarthermie.

CO<sub>2</sub> Reduktion durch Wärmerückgewinnung = 3,3 t/a

CO<sub>2</sub> Reduktion durch Wassersparen und -recycling ca. 1,5 t/a (Eigenstromverbrauch ist berücksichtigt).

### Platzbedarf (Prototyp):

9 m<sup>2</sup> entspricht hier ca. ein A4 Papierblatt/Person

### Investment (Prototyp inkl. Monitoring):

zusätzliche Kosten: 11,30 €/m<sup>2</sup> Wohnraum oder 825 €/P)  
inkl. Montage und **19% Umsatzsteuer**

### Wasserkosteneinsparung:

**1.400 m<sup>3</sup> Trink- und Abwasser eingespart**  
5.000 €/a durch hochwertiges Betriebswasser

### Energieeinsparung durch WRG:

15 MWh/a ca. 1.000 €/a

### Wartung und Betrieb:

- Strombedarf: 2.900 kWh/a = ca. 800 €/a;
- Personalkosten < 2 Tage/Jahr;
- Verbrauchsmaterial < 100 €/a.



# Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung für Studentisches Wohnen

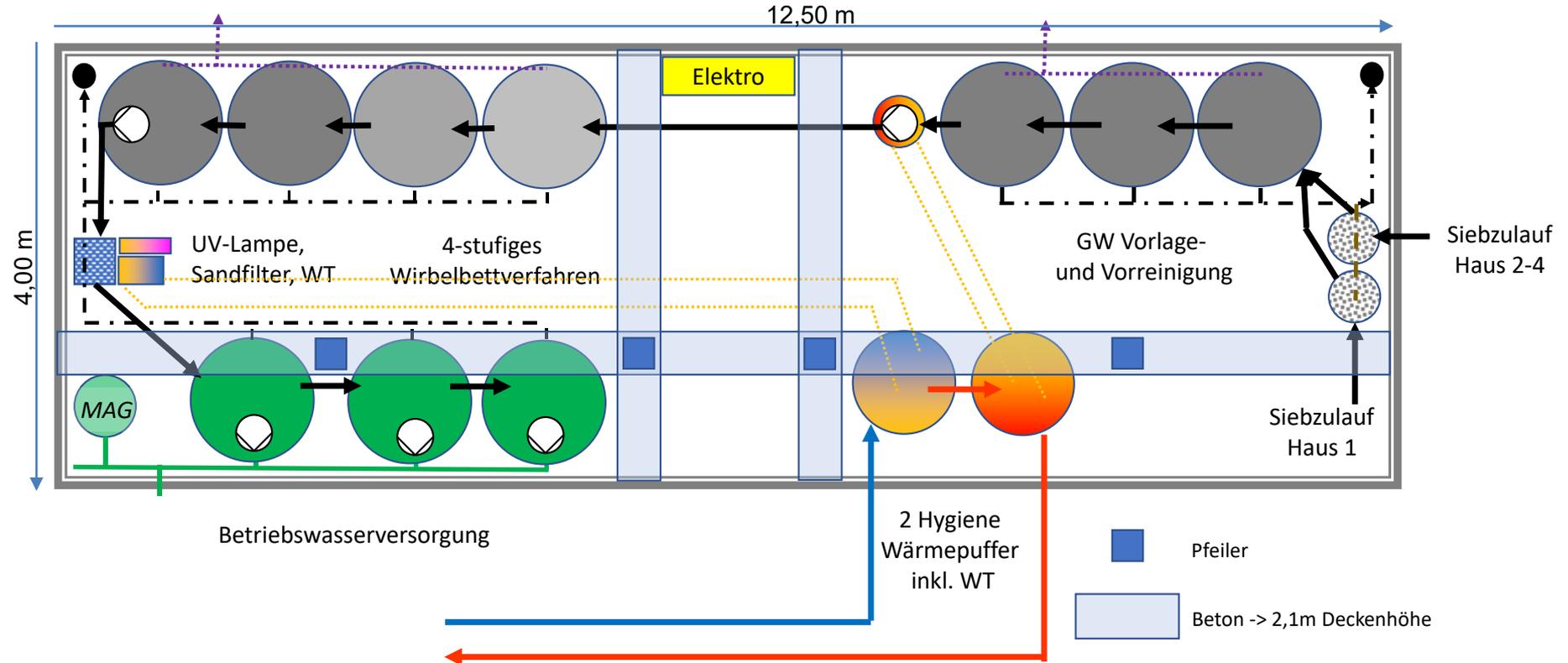


berlinovo  
Wohnen

Quelle: <https://twitter.com/LechnerGroup/status/1227610001411321860/photo/1>



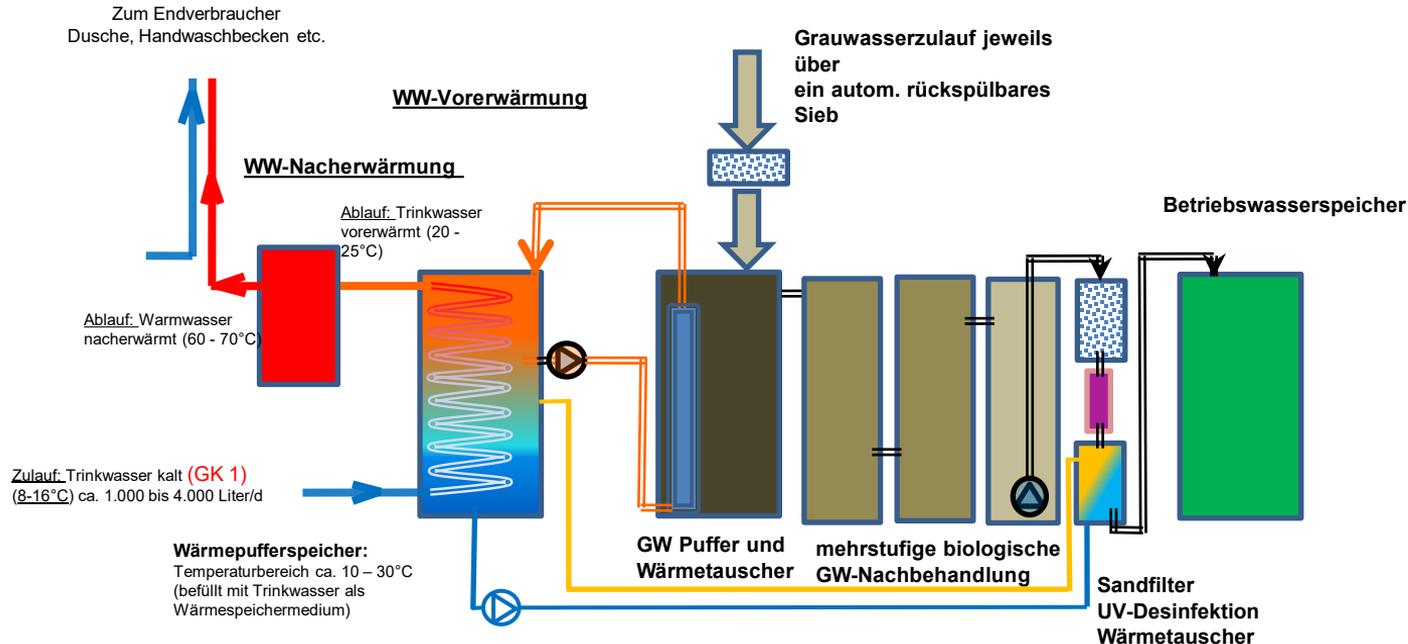
## Anordnung der Grauwasserrecyclinganlage mit integrierter Wärmerückgewinnung für 450 Betten stud. Wohnen





## Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung

Grauwasseranfall täglich ca. 15 m<sup>3</sup> Grauwasser aus 399 Wohneinheiten





## 1. Platz in der Kategorie Genossenschaften

Wasserrecycling und Wärmerückgewinnung aus Grauwasser  
im Rahmen eines Neubauprojekts in der Dolomitenstraße in Berlin-Pankow



Modell des Neubauprojektes Dolomitenstraße 47 in 13187 Berlin



BBU Zukunft - Award 2020

1

Link zum Film: <https://nolde-partner.de/2020/03/15/1237/>



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

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

## Dezentrales Grauwasserrecycling in Kombination mit Wärmerückgewinnung hat sich seit 2012 bewährt

- hygienisch sicher
- kein Komfortverlust für den Endverbraucher
- deutliche Umweltentlastung (Energie, CO<sub>2</sub> und Wasser)
- hohe ökonomische Effizienz

### Fazit meines Vortrags:

*„Ich sehe momentan kein besseres Instrument mit dem man den Wasserverbrauch und den Abwasseranfall preiswerter um 30 – 50% reduzieren, zugleich viel Energie für die Warmwasservorerwärmung generieren, CO<sub>2</sub> einsparen und nicht zuletzt zusätzlich Wasser bereitstellen kann, um die Städte im Sommer zu kühlen.“*



# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit und fürs Mitdenken



„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)

**Kontakt:** [e.nolde@nolde-partner.de](mailto:e.nolde@nolde-partner.de)