



# Energiegewinnung beim Grauwasserrecycling durch vorgeschaltete Wärmerückgewinnung

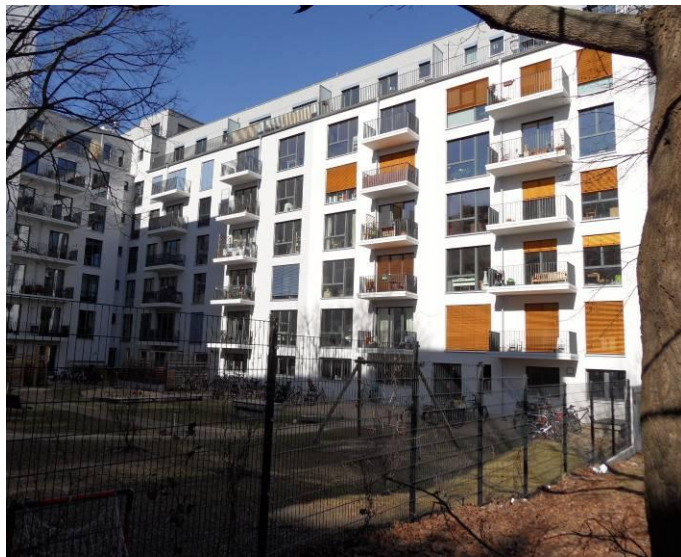
**Referent: Erwin Nolde, Berlin**

email: [mail@nolde-partner.de](mailto:mail@nolde-partner.de)

# Gliederung

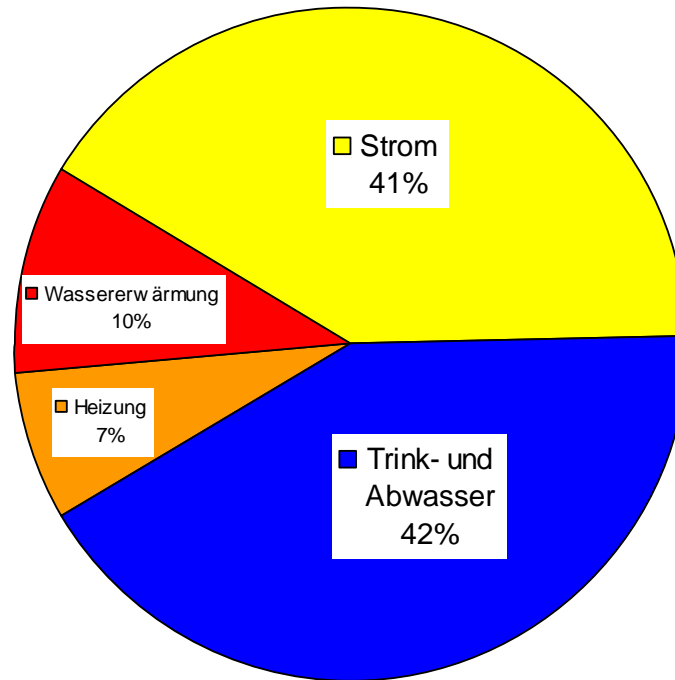
- **Infos zum Projekt “Passivhaus am Arnimplatz”**
- **Grauwasserrecycling mit vorgeschalteter Wärmerückgewinnung**
- **Ergebnisse**
- **Bewertung der Ergebnisse**
- **Diskussion**

# Passivhaus am Arnimplatz Berlin Prenzlauer Berg



<b>Bruttogeschossfläche:</b>	<b>6.620 m<sup>2</sup></b>
<b>Wohnfläche:</b>	<b>4.600 m<sup>2</sup></b>
<b>Gewerbefläche:</b>	<b>600 m<sup>2</sup></b>
<b>Anzahl der WE:</b>	<b>41</b>
<b>Bewohner:</b>	<b>123 Personen</b>
<b>Anzahl der GE:</b>	<b>4</b>
<b>Raumwärmebedarf:</b>	<b>73.400 kWh/a</b>
<b>Warmwasser:</b>	<b>103.636 kWh/a</b>
<b>Gas BHKW:</b>	<b>16 kW elek. 35 kW therm.</b>
<b>PV 92 Module mit 20 kWp</b>	<b>18.000 kWh</b>
<b>Wasserbedarf:</b>	<b>5.477 m<sup>3</sup>/a</b>

# Energie- und Wasserkosten im Passivhaus (ohne Gewerbe) 123 Personen in 41 WE auf 4.600 m<sup>2</sup> Wohnfläche



	spezifischer Bedarf	Jahres Bedarf	Einheit	Preis	Jahreskosten
Heizung	15 kWh/m <sup>2</sup> /a	69.000	kWh/a	0,07 € /kWh (Gas)	4.830,00 €
Wassererwärmung	760 kWh/P/a	93.480	kWh/a	0,07 € /kWh (Gas)	6.543,60 €
Strom	875 kWh/P/a	107.625	kWh/a	0,25 € /kWh	26.906,25 €
Trink- und Abwasser	122 L/P/d	5.477	m <sup>3</sup> /a	5,00 € /m <sup>3</sup>	27.385,95 €
				<b>Jahreskosten</b>	<b>65.665,80 €</b>

# Passivhaus am Arnimplatz (Zertifizierung Energie)

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	4478,3	m <sup>2</sup>	
	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:
<b>Energiekennwert Heizwärme:</b>	<b>12</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>15 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Drucktest-Ergebnis:</b>	<b>0,6</b>	<b>h<sup>-1</sup></b>	0,6 h <sup>-1</sup>
<b>Primärenergie-Kennwert</b> (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	<b>90</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Primärenergie-Kennwert</b> (WW, Heizung und Hilfsstrom):	<b>42</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
<b>Primärenergie-Kennwert</b> Einsparung durch solar erzeugten Strom:		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
<b>Heizlast:</b>	<b>11</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>	
<b>Übertemperaturhäufigkeit:</b>	<b>6</b>	<b>%</b>	über 25 °C
<b>Energiekennwert Nutzkälte:</b>		<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Kühllast:</b>	<b>10</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>	
			<b>Erfüllt?</b>
			ja
			ja
			ja

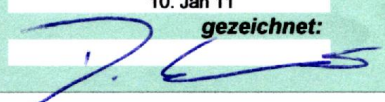
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	5773,1	m <sup>2</sup>	
<b>Primärenergie-Kennwert</b> (WW, Heizung und Hilfsstrom):	<b>32</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>Anforderung:</b>
			40 kWh/(m <sup>2</sup> a)
			<b>Erfüllt?</b>
			ja

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

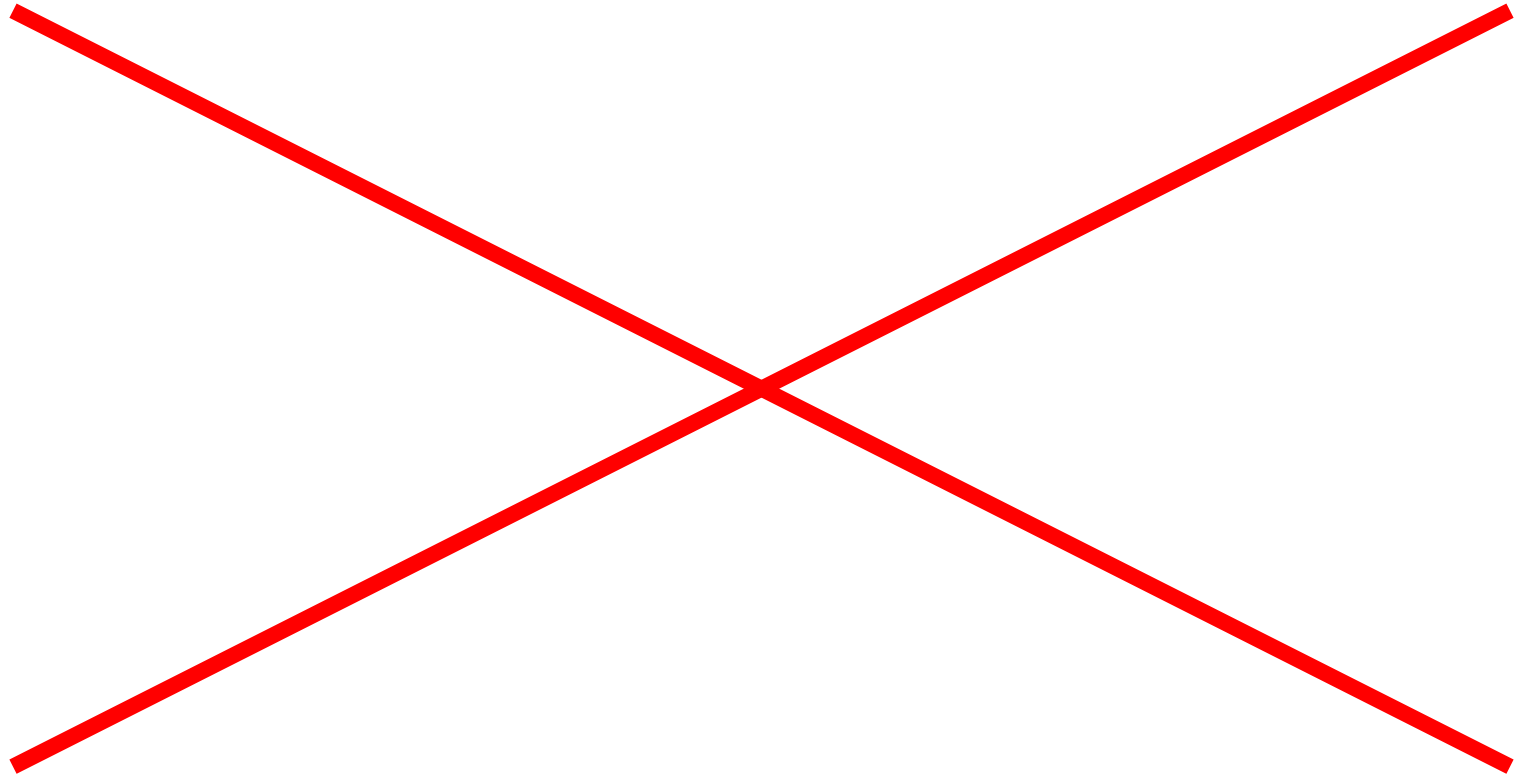
10. Jan 11

gezeichnet:



HAUS UND HOLZ  
DIRK SOMMER  
KLOPSTOCKSTRASSE 23  
10557 BERLIN

# Passivhaus am Arnimplatz (Zertifizierung Wasser, Nährstoffrecycling)



# Konventionelle Wasserplanung (Haustechnik)



## 1 Hauswasseranschluss mit Zähler

- Wohnungswasserzähler KW und WW

## 1 Abwasseranschluss

Klassische Planung bedeutet:

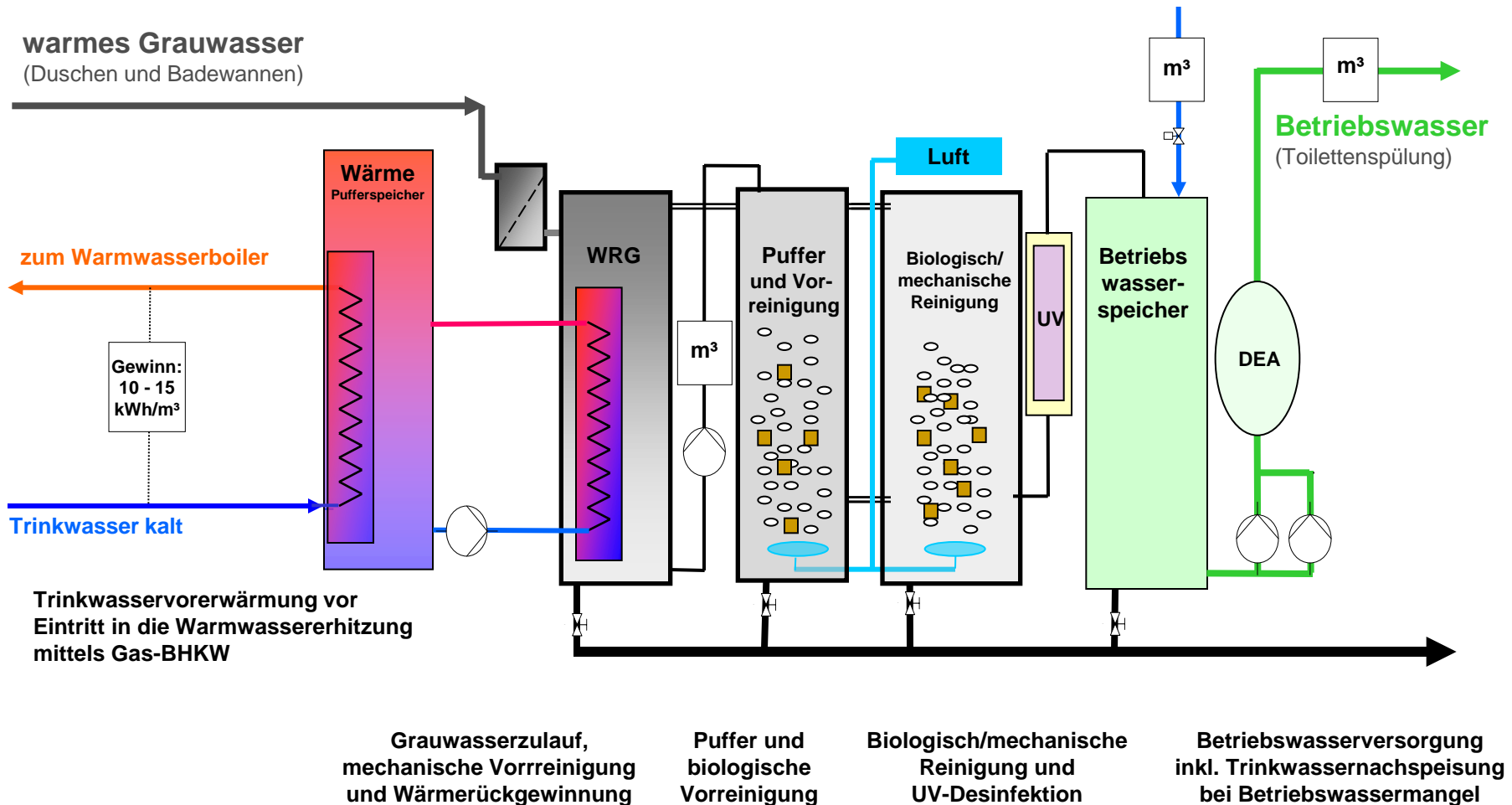
- Rohrquerschnitte berechnen
- Günstige Leitungsführung ermitteln

## Wasserkosten:

statistischer Durchschnitt:	122 L/P/d	bei 5,00 €/m <sup>3</sup>	= 27.386 €/a
Wasserspararmaturen:	100 L/P/d		= 22.447 €/a

# Grauwasserrecycling mit vorgeschalteter Wärmerückgewinnung<sup>©</sup>

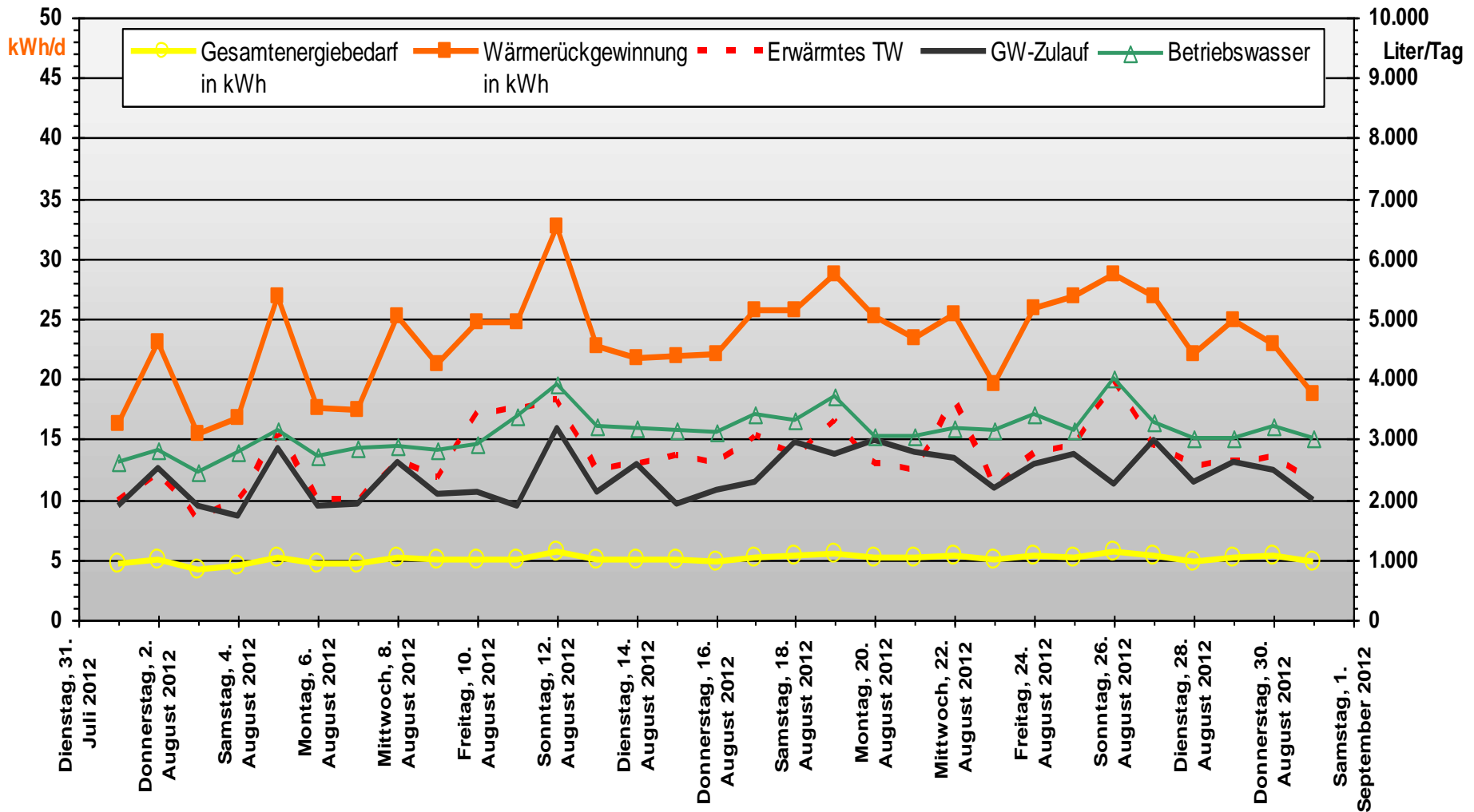
Pilotprojekt: 1. Berliner Passivhaus mit 41 Mietwohn- und 4 Gewerbeeinheiten





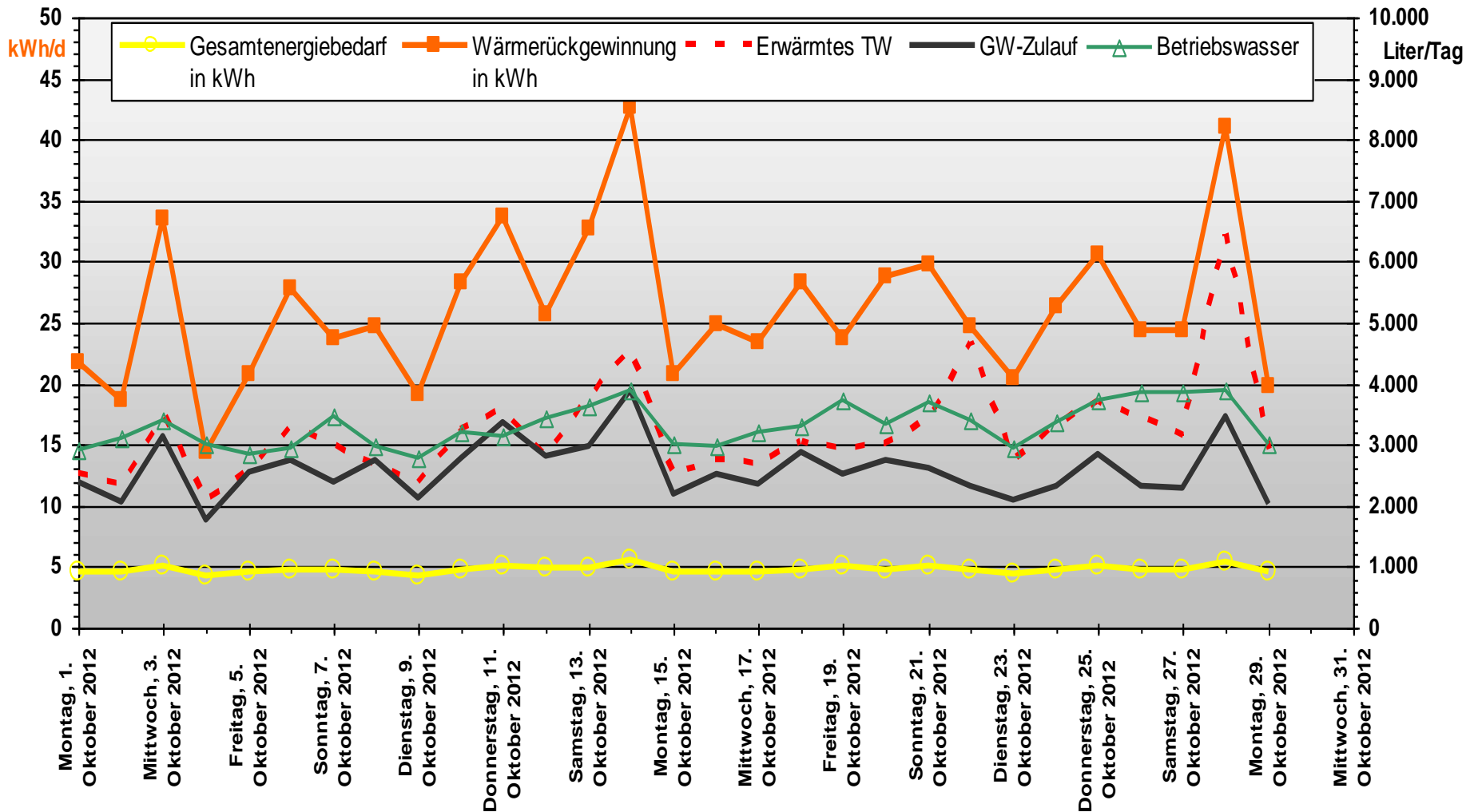
# Ergebnisse Betriebsmonat August 2012

min. Trinkwassertemperatur 15,5°C; mittlerer Wärmeertrag 10,1 kWh/m<sup>3</sup>

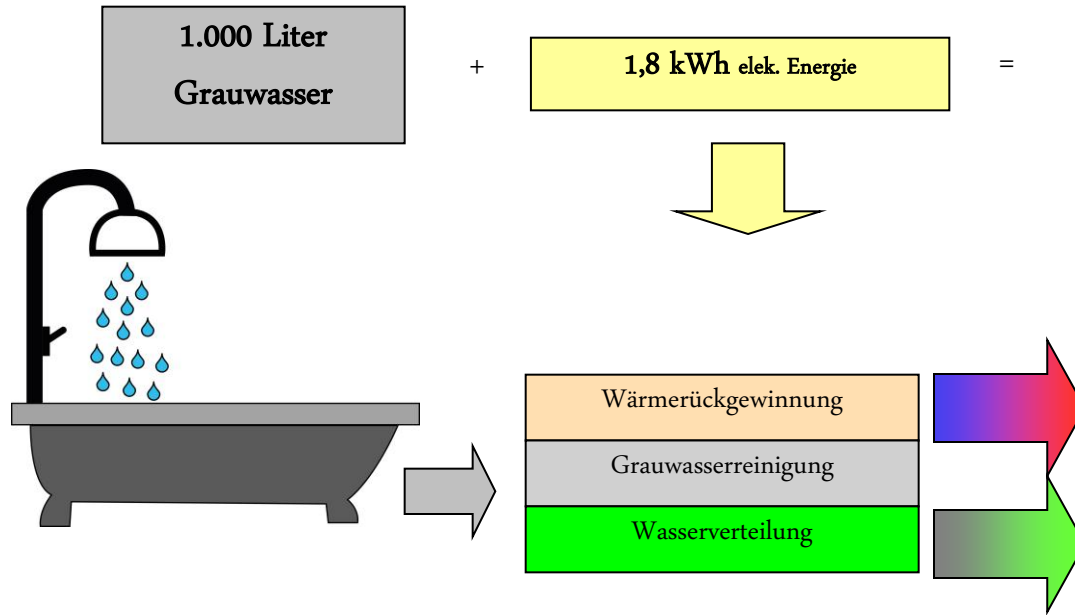


# Ergebnisse Betriebsmonat Oktober 2012

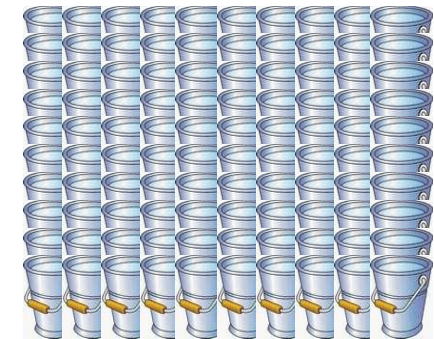
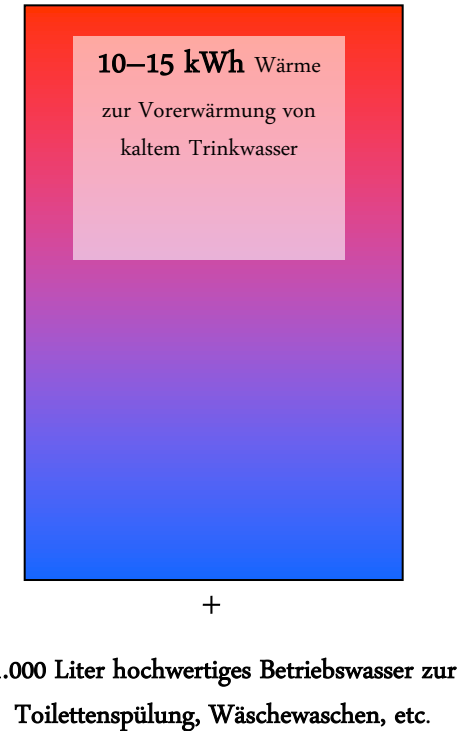
min. Trinkwassertemperatur 13,5°C; mittlerer Wärmeertrag 11,7 kWh/m<sup>3</sup>



# Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung



# Individuelle Vorteile



# Umweltentlastung

- (1) 10 – 15 kWh weniger Stadterwärmung
- (2) 1.000 Liter weniger Grundwasserentnahme
- (3) 1 - 3 kWh Energieeinsparung durch weniger Trinkwasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Pumpenergie
- (4) Reduzierung des Chemikalienverbrauchs
- (5) weniger Geruchsbelästigungen und Betonkorrosion im Kanalnetz

# Erste Kosten-Nutzenbetrachtung



## Investitionskosten (Prototyp):

Mehrpreis von 11,30 € pro  
Quadratmeter Wohnfläche  
(inkl. Montage und **19% Umsatzsteuer**)  
Baukosten ca. 1.500 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche

## Platzbedarf (Prototyp):

Stellfläche 9 m<sup>2</sup> = 0,1 m<sup>2</sup>/Person

## Wassereinsparung:

ca. 1.100 m<sup>3</sup>/a glasklare Qualität -  
besser als die EU-Richtlinie für  
Badegewässer

## WRG Grauwasser:

ca. 13.000 kWh/a

## Wartung und Betrieb:

Strom ca. 1.800 kWh/a  
nach 6 Monaten Betrieb sind bisher  
noch keine Wartungsarbeiten  
angefallen.

# Wärmerückgewinnung aus Abwasser - Abkühlung um ca. 1,5°C

Praxisbeispiele: allgemein

## Binningen (BL)

Abwärme aus der Kanalisation für 300 Wohnungen (Raumheizung und Warmwasser)

- Jahreswärmeproduktion: 1'800 MWh
- Wärmepumpenleistung: 380 kW
- Jahresarbeitszahl: **3,2**

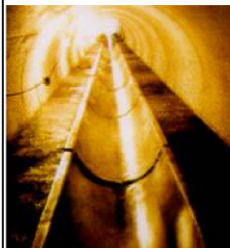


Praxisbeispiele: allgemein

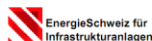
## Wipkingen (ZH)

Abwärme aus der Kanalisation für 940 Wohnungen (7 Heizzentralen)

- Jahreswärmeproduktion: 5'300 MWh
- Wärmepumpenleistung: 2'000 kW
- Jahresarbeitszahl: **3,1**
- Substitution von 600'000 l Heizöl
- Reduktion CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1'500 t



Lyss, 3. Juli 2008  
Abwasserwärmerückgewinnung – allgemein und konkret in Lyss



Praxisbeispiele: allgemein

## Zwingen (BL)



Wärme aus dem nahen Abwasserkanal für 31 Einfamilienhäuser (Raumheizung, abgasarmer Flüssiggas-Brenner zur Spitzendeckung)

- Jahreswärmeproduktion: 280 MWh
- Wärmepumpenleistung: 64 kW
- Jahresarbeitszahl: **5**

Lyss, 3. Juli 2008  
Abwasserwärmerückgewinnung

**3,2 kWh Wärmenergie  
pro 1 kWh elektrisch  
= 2,55 – 2,7 kWh Primärenergie**

**entspricht einem punktuellen  
Primärenergiegewinn von 19 – 25%**

Pr



Entnahme der Abwärme nach der ARA für 6 dezentrale Heizzentralen (186 Wohnungen)

- Jahreswärmeproduktion: 2'400 MWh
- Wärmepumpenleistung: 1'700 kW
- Jahresarbeitszahl: **3,1**
- Investitionen: ca. 4 Mio Fr.
- Wärmepreis: ca. 8,5 Rp./kWh

Lyss, 3. Juli 2008  
Abwasserwärmerückgewinnung – allgemein und konkret in Lyss



# Dezentraler Ansatz: Grauwasserrecycling mit Wärmerückgewinnung

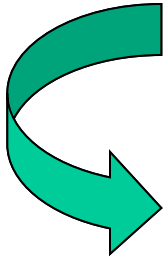
## Input

## Output

Primärenergie:  
4,6 kWh/m<sup>3</sup>

(10 bis 15) + (2,55 bis 7,65) kWh =  
(12,5 bis 22,65 kWh/m<sup>3</sup>)

1.000 Liter  
Grauwasser



**Gewinn:**  
**170 - 400 %**



1 m<sup>3</sup>/d Grauwasserwärme  
ist equivalent zu  
10 - 15 m<sup>2</sup> Solaranlage

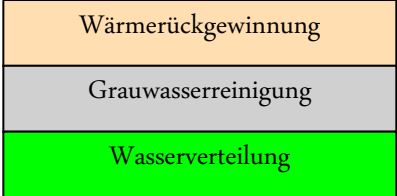
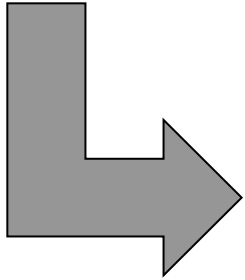
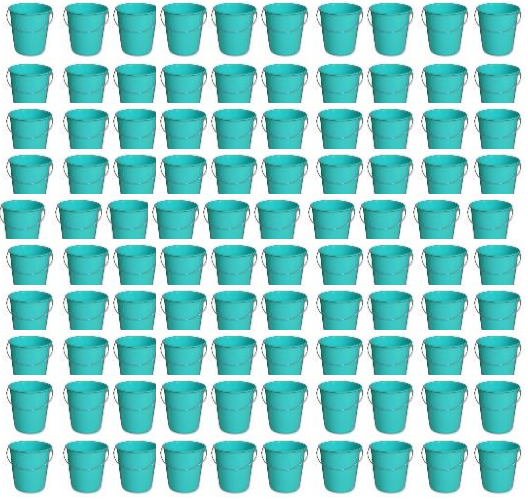


10 bis 15 kWh/m<sup>3</sup> weniger Stadtwärme  
und 1.000 l weniger  
Grundwasserentnahme

1.000 Liter hochwertiges  
Betriebswasser zur Verwendung:  
Toilette, Wäschewaschen,  
Raumreinigung, Bewässerung, ...



+



1,8 kWh  
elek.

=

Energiegewinnung beim Grauwasserrecycling durch Wärmerückgewinnung  
Erwin Nolde, Berlin; 6. - 7.11.2012 in Eschborn

# Dezentrale Einsparpotenziale (Beispiel Passivhaus)

	spezifischer Bedarf		Jahres Bedarf	Einheit	Preis	Jahreskosten
<b>Heizung</b>	15	kWh/m <sup>2</sup> /a	69.000	kWh/a	0,07 € /kWh (Gas)	<b>4.830,00 €</b>
<b>Wassererwärmung</b>	760	kWh/P/a	93.480	kWh/a	0,07 € /kWh (Gas)	<b>6.543,60 €</b>
<b>Strom</b>	875	kWh/P/a	107.625	kWh/a	0,25 € /kWh	<b>26.906,25 €</b>
<b>Trink- und Abwasser</b>	122	L/P/d	5.477	m <sup>3</sup> /a	5,00 € /m <sup>3</sup>	<b>27.385,95 €</b>
					<b>Jahreskosten</b>	<b>65.665,80 €</b>

<u>mögliche Einsparungen unter Einbezug von höher belastetem Grauwasser</u>						
<b>Wasserpararmaturen</b>	<b>22</b>	<b>L/P/d</b>	<b>988</b>	<b>m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,00 €</b>	<b>4.938,45 €</b>
<b>Toilettenspülung</b>	<b>25</b>	<b>L/P/d</b>	<b>1.122</b>	<b>m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,00 € /m<sup>3</sup></b>	<b>5.611,88 €</b>
<b>Wäschwaschen</b>	<b>15</b>	<b>L/P/d</b>	<b>673</b>	<b>m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,00 € /m<sup>3</sup></b>	<b>3.367,13 €</b>
<b>Wärmerückgewinnung</b>	<b>12,5</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>22.448</b>	<b>kWh/a</b>	<b>0,07 € /kWh (Gas)</b>	<b>1.571,33 €</b>
<b>Eigenverbrauch Energie</b>	<b>1,8</b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>-3.232</b>	<b>kWh/a</b>	<b>0,25 € /kWh</b>	<b>-808,11 €</b>
<b>Wartung/Monitoring</b>	<b>2</b>	<b>h/Monat</b>			<b>50,00 € /h</b>	<b>-1.200,00 €</b>
					<b>Einsparpotenzial</b>	<b>13.480,67 €</b>

- Wärmerückgewinnung substituiert ca. 59 m<sup>2</sup> Solarthermie
- Zur 100 %-igen Deckung des Betriebsstromes aus Solarstrom werden ca. 32 m<sup>2</sup> PV benötigt

# Fazit / Zusammenfassung:

**Es stellt sich nicht die Frage, nach ausschließlich zentralen oder dezentralen Systemen, sondern wo, mit welchen Tools und Komponenten eine bessere Ressourceneffizienz zu erreichen ist.**

- 1. Die dezentrale Wärmerückgewinnung hat im Vergleich zur zentralen Wärmerückgewinnung aus dem Abwasserkanal einen mehrfach höheren Wirkungsgrad.**
- 2. Durch Grauwasserrecycling mit vorgeschalteter Wärmerückgewinnung bei Investitionen zwischen ca. 10 und 20 € pro Quadratmeter Wohnfläche ist**
  - eine dauerhafte Halbierung der privaten Trinkwasserbezugs und gleichzeitig**
  - ein Gesamt-Primärenergiegewinn von ca. 170 – 400% möglich.**  
Im Haushalt werden z. Zt. ca. 25% Energie bei der Wassererwärmung eingespart.
- 3. Im Hinblick auf ein effizientes Nährstoffrecycling sowie einer verbesserten Wirtschaftlichkeit sollte neben den niedrig belastetem Grauwasser aus Badewannen und Duschen möglichst auch das hoch belastete aus Waschmaschinen und Küchen in das Konzept einbezogen werden.**





# Vielen Dank für die 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)