

Praxisbericht:

Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung im Passivmietshaus am Arnimplatz, Berlin



1 Einleitung

Während sich die Energiekosten am Beispiel von Superbenzin in den letzten 25 Jahren von 0,50 €/l auf 1,50 €/l verdreifacht haben, haben sich die Berliner Wasserkosten – aber auch anderswo - im selben Zeitraum verfünffacht, was die Notwendigkeit des Wassersparens verdeutlicht. Die Wasserkosten übersteigen in gut gedämmten Gebäuden vielfach die Kosten für Raumwärme, für Wassererwärmung oder sogar für Haushaltsstrom. Weitgehend ungenutzt ist bisher die Ressource häusliches Abwasser - eine wertvolle Ressource für Wasser, Energie und Nährstoffe (Pflanzendünger).

Um die in der Praxis einfach nutzbaren Wasser- und Energieeinsparpotenziale zu beziffern und Betriebskosteneinsparungen nachzuweisen, wurde im Rahmen eines von der DBU geförderten Projekts (AZ 28201) ein Berliner Passivhaus (4.600 m² Wohnfläche, und bereits vorhandenem 2. Leitungsnetz) mit einer neuartigen Grauwasserrecyclinganlage und vorgeschalteter Wärmerückgewinnung nachgerüstet (Foto 1 und 2). Das System wurde anschließend einem intensiven Monitoring unterzogen.



Foto 1 und 2: Das erste Berliner Passivhaus für Mieter – mit 41 Wohn- und 4 Gewerbeeinheiten. Fertigstellung und Bezug 05/2011, Inbetriebnahme der Recyclinganlage 04/2012.

2 Beschreibung des Berliner Pilotprojekts am Arnimplatz

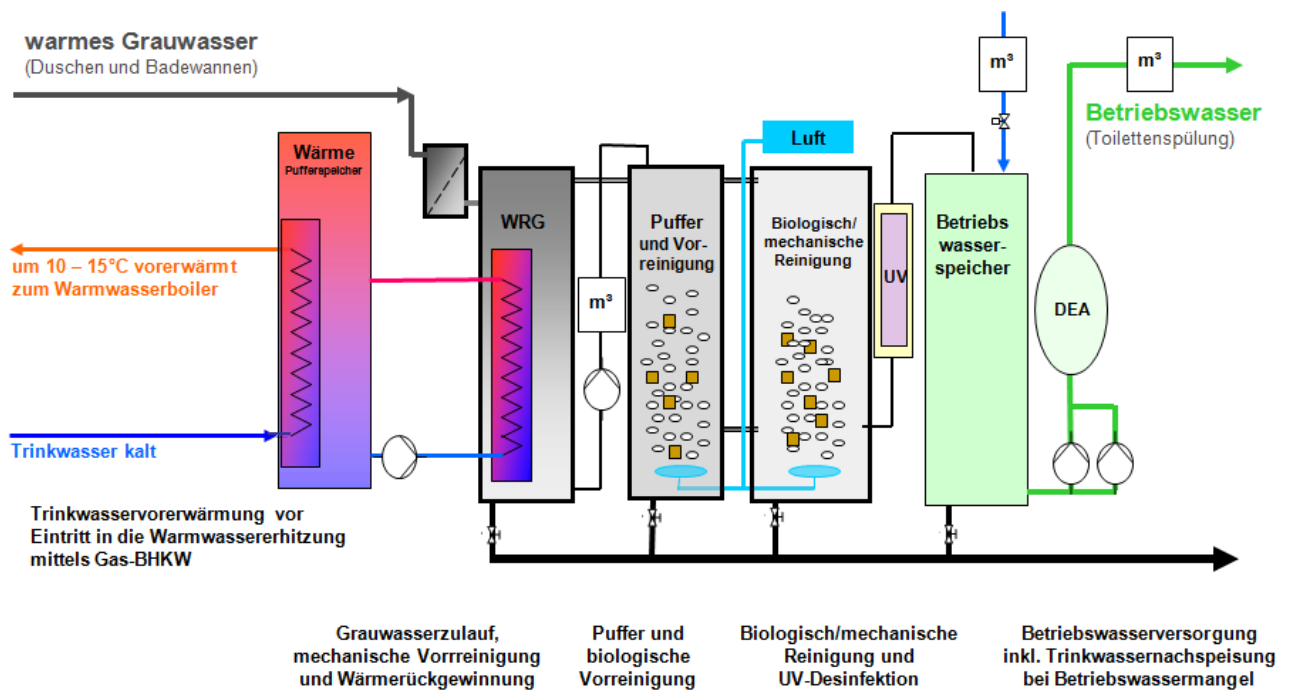
Die Grauwasserrecyclinganlage (Aufbereitungskapazität 3 m³/d) mit vorgeschalteter Wärmerückgewinnung wurde im März 2012 in dem gut gedämmten Heizungsraum auf ca. 9 m² Stellfläche installiert. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Gebäudedaten des untersuchten Objekts.

Tabelle 1: Gebäudedaten zum Passivhaus am Arnimplatz (ca. 110 Mieter und 13 Personen im Gewerbe).

Wohnfläche / Anzahl der WE	4.600 m ² / 41	Gewerbefläche / Anzahl der GE	650 m ² / 4
Gas BHKW	16 kW _{el.} 35 kW _{therm.}	Photovoltaik 92 Module mit 20 kWp	18.000 kWh/a

Da die Raumtemperatur im Heizungsraum nicht unter 24°C sinkt, war die Dämmung einzelner Anlagenkomponenten überflüssig.

Das warme Grauwasser aus Badewannen und Duschen wird über ein Sieb von Störstoffen befreit, bevor ihm die Wärme mittels einer 20 Watt-Umwälzpumpe über einen Wärmetauscher (Rohrbündel im Speicher) entzogen wird (Abb. 1). Auf den Einsatz einer Wärmepumpe (die höhere Endtemperaturen hervorbringt) wurde aus Gründen der Energieeffizienz bewusst verzichtet. Sieb, Wärmetauscher und Behälter reinigen sich bei Bedarf automatisch. Die in den Pufferspeicher zum Warmwasserbedarf eingelagerte Energie wird an das Kaltwasser abgegeben bevor es zur Warmwasserbereitung (hier ein BHKW) gelangt.



Das im Wärmerückgewinnungsbehälter abgekühlte Grauwasser wird in drei mit Schaumstoffwürfeln bestückten Wirbelbettreaktoren gepumpt, wo die organische Schmutzfracht oxidativ und rein biologisch durch Bakterien abgebaut und partikuläre Substanzen mechanisch ausgeschleust werden. Der letzte von insgesamt 3 Reaktoren klärt das Grauwasser auf einen Rest-BSB von unter 5 mg/l und einer Trübung unter 2 NTU. Das mittels UV-Licht desinfizierte Betriebswasser gelangt in den Betriebswasserspeicher und wird über eine Druckerhöhungsanlage (4 bar) an die Wohneinheiten als Toilettenspülwasser abgegeben. An keiner Stelle des Aufbereitungsprozesses werden Chemikalien in Form von Desinfektionsmitteln, Säuren oder Laugen etc. verwendet.

Diverse Wartungsaufgaben wurden automatisiert und der Energiebedarf mehrfach minimiert. Über eine Fernüberwachung und Online-Monitoring kann der Anlagenzustand und sämtliche Betriebsdaten der wichtigsten Anlagenkomponenten zu jedem Zeitpunkt aus der Ferne abgefragt werden, was für den Anlagenbetrieb von großem Nutzen ist, zumal dadurch Kontrollgänge minimiert werden und gleichzeitig eine sehr engmaschige Anlagendokumentation automatisch erfolgt. Ferner kann sich der Kunde täglich über die aktuellen Einsparungen von Energie und Wasser informieren.

3 Ergebnisse des Monitorings

Auf die Fernüberwachung und das detaillierte Monitoring möchte niemand mehr verzichten. Von April 2012 bis Januar 2014 waren keine Wartungs- oder Reparaturarbeiten erforderlich, die Softwaresteuerung hat Updates erhalten. Alle Mieter sind zufrieden, sie gehen kein hygienisches Risiko ein und beklagen keinen Komfortverlust – stattdessen freuen sie sich über geringere Betriebskosten. Die jährlichen Wasserkosten haben sich insgesamt um fast 5.000 € und die Wärme-Energiekosten um mehr als 1.000 € verringert, wobei die jährlichen Betriebskosten für Elektroenergie und Personal niedriger sind als die Gewinne aus der Wärmerückgewinnung.

Die Wasserqualität des aufbereitetem Grauwassers ist von Anfang an sehr hoch, auch bei Abkühlung des Grauwassers auf 15°C werden die Qualitätsanforderungen [SenStadt, 2007] laut Berliner Liste (BSB₇ unter 5 mg/l und Einhaltung der Hygieneanforderungen der EU-Richtlinie für Badegewässer) stets sicher erfüllt.

Tabelle 2: Monitoringdaten zum Passivhaus am Arnimplatz im ersten Betriebsjahr.

Verbrauchsdaten			
Jähr. Raumwärmebedarf (2011/2012)	102.000 kWh/a	Jähr. Wärmebedarf für WW (2011/2012)	101.000 kWh/a
Statistischer TW-Bedarf (123 P x 122 L/P/d)	5.477 m ³ /a	Wärmerückgewinnung (2012/2013)	13,34 kWh _{therm} /m ³ 12.000 kWh/a
Trinkwasserbezug 2013	3.400 m ³ /a	Warmwasserbedarf 2013	1.191 m ³ /a
Grauwasseranfall 2013	899 m ³ /a	Betriebswasserbedarf 2013	1.204 m ³ /a

In Abbildung 2 werden für Energie und Wasser die Monitoringergebnisse vom März 2013 dargestellt. Mit weniger als 5 kWh_{el} pro Tag (untere Line) werden 2,0 – 3,5 m³ Grauwasser vollautomatisch zu hochwertigem Betriebswasser aufbereitet und zur Toilettenspülung bereitgestellt - darin enthalten ist auch der Energiebedarf zum Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage in Höhe von 0,25 kWh/m³ (Abb. 3). Abbildung 2 zeigt, dass in diesem Projekt ca. 25% weniger Grauwasser anfällt als an Betriebswasser für die Toilettenspülung benötigt wird; der Warmwasserverbrauch (Temperatur 60°C) liegt deutlich über dem Grauwasseranfall und dem Betriebswasserbedarf.

Der Wärmeertrag des im Mittel 31°C warmen Grauwassers ist generell von der Grauwassermenge sowie der aktuellen Kaltwassertemperatur und dem Warmwasserbedarf abhängig. Im März - als die Trinkwassertemperatur 9°C betrug - wurden 45 kWh aus 3,2 m³ Grauwasser gewonnen. Bedingt durch die selbsttätige, kontinuierliche Reinigung des Wärmetauschers ist nach fast 2 Betriebsjahren keine zunehmende Belagbildung auf dem Wärmetauscher zu erkennen, was durch den unvermindert hohen Wärmeertrag zum Ausdruck kommt. Der Ertragsrückgang im Sommer ist damit in erster Linie auf die höhere Trinkwassertemperatur zurückzuführen.

Neben der hohen Betriebssicherheit und dem niedrigen Wartungs- und Energiebedarf legen Architekten und Investoren Wert auf:

- einen niedrigen Stellplatzbedarf (ca. 0,1 m²/P - etwa ein A4 Blatt/P),
- niedrige Baukostenerhöhungen (ca. 15–20 €/m² Wohnfläche inkl. 2. Leitungsnetz, Einbau und Umsatzsteuer), sowie darauf, dass
- den Mietern kein spezielles Nutzerverhalten (z. B. dem Verbot bestimmter Haushaltschemikalien) abverlangt wird.

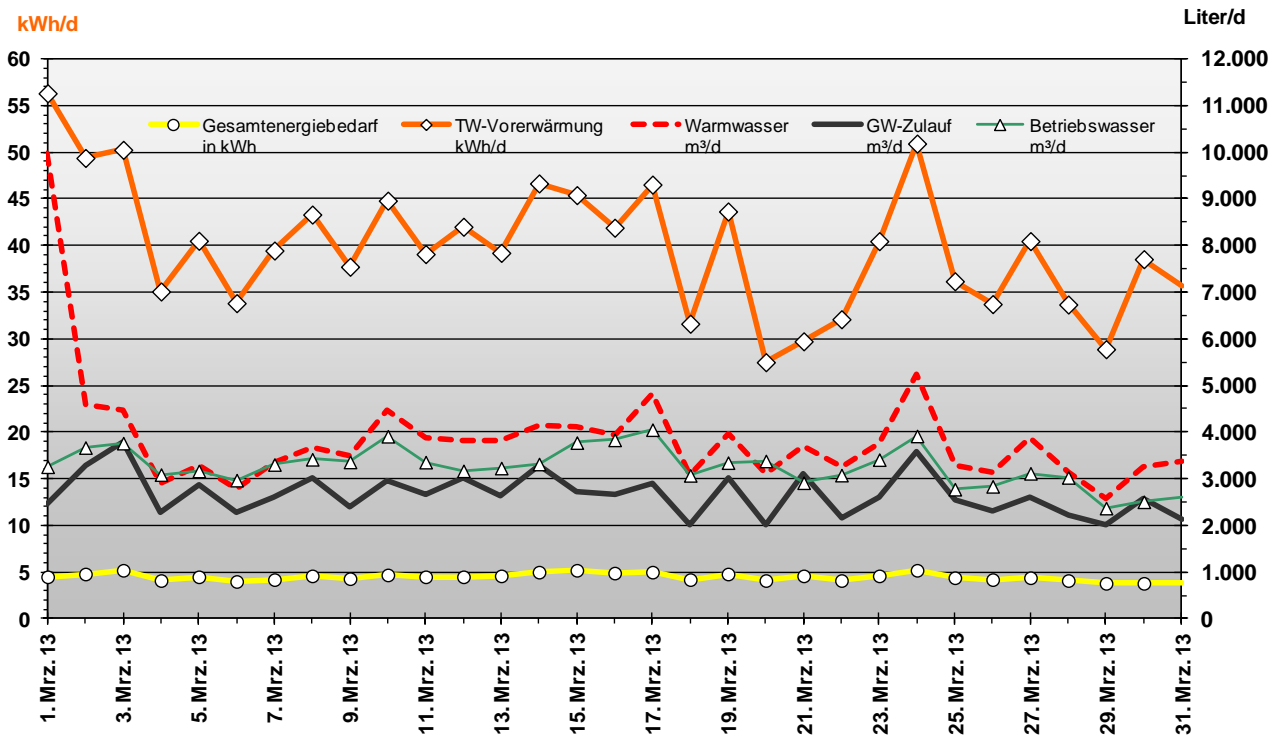


Abbildung 2: Energie- und Wassermengenbilanzierung für den Monat März 2013.
 Mittelwerte: Kaltwassertemperatur 11,6°C, Energierecycling 15,5 kWh pro m³ Grauwasser.

4 Diskussion der Monitoringergebnisse

Die biologische Reinigung mittels Wirbelbettverfahren und UV-Desinfektion hat sich stets als sehr stabil erwiesen, auch dann, als zu Versuchszecken im Januar 2013 über 4 Wochen das Küchenabwasser des Gastronomiebetriebs eingeleitet wurde. Im Gegensatz zu Membranverfahren, wo die Membranmodule u. a. empfindlich auf Badezusätze, Fette und andere Haushaltschemikalien reagieren können und deshalb vom Hersteller regelmäßig regeneriert bzw. ausgetauscht werden müssen, werden mit dem Wirbelbettverfahren bei deutlich niedrigerem Energieaufwand selbst unter Einbezug der Waschmaschinen- und Küchenabwässer Standzeiten von deutlich über 10 Jahren erzielt, wodurch nur minimale Betriebskosten anfallen.

Dass ca. 25% Trinkwassernachspeisungen erforderlich waren, ist u. a. dadurch begründet, dass das Grauwasser nur aus den Wohneinheiten (110 Personen) erfasst und das Betriebswasser an eine größere Nutzergemeinschaft auch an das Gewerbe (Architekturbüro, Bioladen, Restauration, Schuhladen) mit ca. 13 Angestellten abgegeben wird.

Abbildung 3 zeigt den Nutzen für den Investor bzw. dessen Mieter sowie den Umweltnutzen des Systems – bezogen auf 1 m³ Grauwasser aus Badewannen und Duschen.

Neben den Wasser- und Energieeinsparungen legen zunehmend mehr Investoren Wert auf die Kreditpunkte, die sie in diesem Zusammenhang bei einer Zertifizierung erhalten.

Zu den klassischen Umweltnutzen (geringerer Energieverbrauch, weniger CO₂ Emissionen und Umwelterwärmung) lässt sich auch der Nutzen für die Wasserver- und -entsorger (z. B. Entlastung der

Grundwasserressourcen, geringerer Verbrauch an Betriebsmitteln, weniger Betonkorrosion und Ablagerungen im Kanalnetz) quantifizieren.

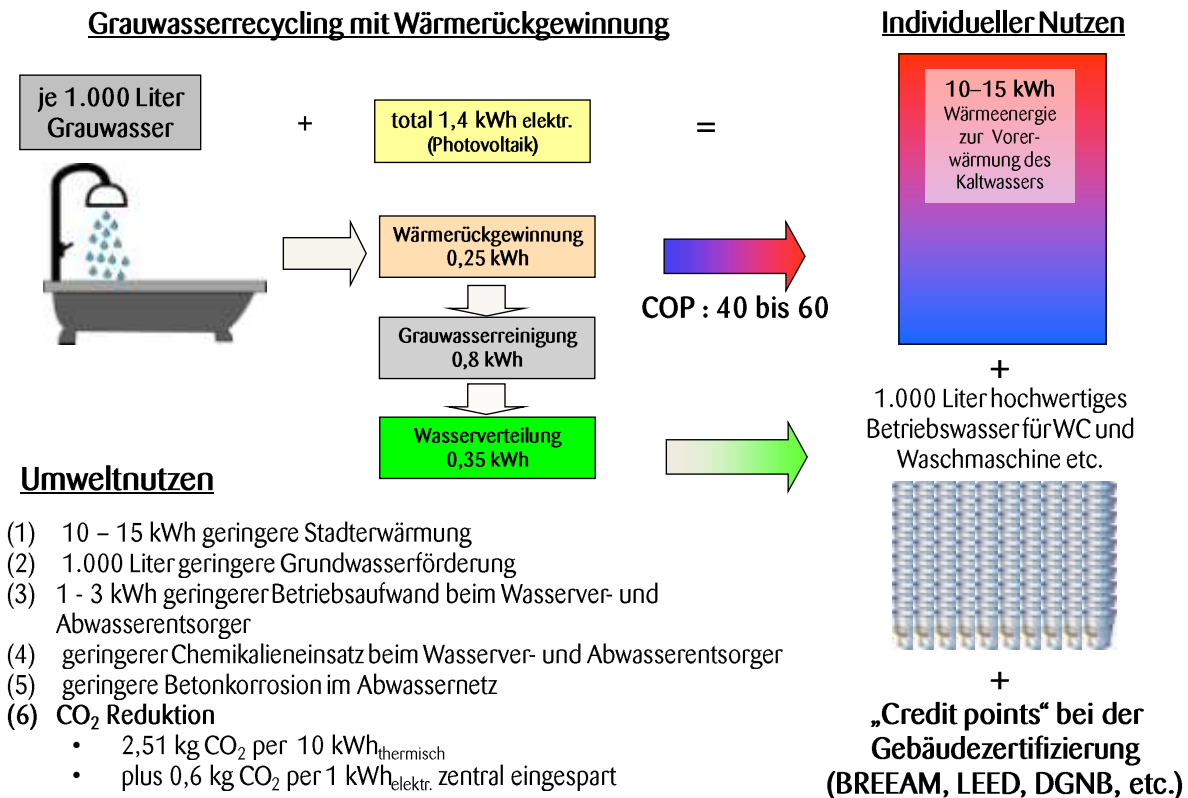


Abbildung 3: Darstellung von Aufwand und Nutzen des Grauwasserrecyclings mit vorgeschalteter Wärmerückgewinnung, normiert auf 1 m³ Grauwasser.

Über die Wärmerückgewinnung aus täglich ca. 3 m³ Grauwasser wird in diesem Projekt in einem Jahr soviel Energie (12.000 kWh) gewonnen, wie durch 33 m² Solarkollektorfläche; der Gesamtstrombedarf für den Anlagenbetrieb kann über ca. 18 m² PV erzeugt werden. Allein durch die Wärmerückgewinnung werden jährlich mehr als 3.000 kg CO₂ weniger emittiert. Eine Besonderheit an der Wärmerückgewinnung ist, dass sie den höchsten Wirkungsgrad im Winter, wenn eine Solaranlage kaum mehr Erträge erzielt, verzeichnet.

Die Investitionskosten für das Wasser- und Energierecycling (Prototyp) inkl. den Kosten für das zweite Leitungsnetz verursachen hier Mehrkosten von ca. 20 €/m² Nutzfläche. In Abhängigkeit von den örtlichen Wasserpreisen, den baulichen Voraussetzungen und guter Planung lassen sich relativ einfach Amortisationszeiten unter 10 Jahre erreichen.

Das sich die Arbeitsgemeinschaft (Ingenieurbüro und Anlagenhersteller/Sanitärbetrieb) auch für den Anlagenbetrieb verantwortlich zeigt, kommt dem Investor und der Hausverwaltung sehr entgegen, die jetzt ebenso problemlos wie zuvor vom örtlichen Wasserver- und -entsorger bedient werden.

5 Ausblick

Seit 2012 läuft die Pilotanlage absolut störungsfrei und durch die sich selbst reinigenden Anlagenkomponenten extrem wartungsarm. Dem Grauwasserrecycling wurden in einem weiteren Berliner Vorhaben (Block 6, nahe Potsdamer Platz) sogar noch die hochbelasteten Grauwasserquellen - nämlich die aus Handwaschbecken, Waschmaschinen und Küchenabwässer - zugeführt. Dies erfordert zwar einen höheren Reinigungsaufwand, was sich aber aus ökologischen und betriebswirtschaftlichen Gründen auszahlt. Das stärker belastete Grauwasser wird so gut geklärt, dass es seit 8 Jahren in einer Mietwohnanlage problemlos und zur vollsten Zufriedenheit der 250 Mieter für die Toilettenspülung und Grünflächenbewässerung, und seit nunmehr 2014 wegen der hervorragenden Wasserqualität und Prozessstabilität auch für das urban farming ROOF WATER FARM - Projekt zur Fischzucht und Pflanzenproduktion in einem Gewächshaus genutzt wird [RWF, 2014].

Die Wärmerückgewinnung am Arnimplatz mit 12.000 kWh/a, die allein über Wärmetauscher erfolgt, wird nach wie vor mit einer beispiellos hohen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 57 betrieben. Ob bzw. ab wann sich der (zusätzliche) Einsatz einer Wärmepumpe lohnen könnte, um dem Abwasser noch mehr Wärme zu entziehen, wird gerade im Rahmen eines ebenfalls durch die DBU geförderten Folgeprojekts untersucht.

6 Fazit

Während die zentrale Wasserwirtschaft trotz diverser Energieeinsparmaßnahmen immer noch als größter kommunaler Stromverbraucher gilt – die Berliner Wasserbetriebe benötigen beispielsweise so viel Strom wie 280.000 Einwohner [BWB, 2015] - wird durch die hier dargestellte dezentrale Technologie fast dreimal so viel Primärenergie aus dem Grauwasser gewonnen wie zum Anlagenbetrieb der Recyclinganlage erforderlich ist, die über den Energiebeitrag hinaus auch noch hochwertig gereinigtes Betriebswasser bereitstellt.

Die dezentrale Wärmerückgewinnung ist ein wichtiger Baustein für alle Niedrigenergiehäuser. Sie liefert ganzjährig – insbesondere auch im Winter - einen deutlichen Anteil des erforderlichen Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung und senkt die Betriebskosten.

Die gute Wirtschaftlichkeit der Wärmerückgewinnung wird in Kombination mit dem Grauwasserrecycling erzielt – beides benötigt ein zweites Leitungsnetz, welches in keinem Neubau und auch keiner Sanierungen fehlen sollte.

7 Literatur

[SenStadt 2007] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Innovative Wasserkonzepte, S. 23.
www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/modellvorhaben/betriebswasser_deutsch2007.pdf

[RWF, 2014] www.roofwaterfarm.com

[BWB, 2015] Berliner Wasserbetriebe, Das Jahr in Zahlen, S. 17, März 2015.

Planung:

heinhaus architekten

heinhaus architekten
Ansprechpartner: Uwe Heinhaus, Dipl.-Ing. Architekt
Schönfließer Straße 3
10439 Berlin

Tel.: +49/30/417 255 85
Fax: +49/30/417 255 86
kontakt@heinhaus-architekten.de
www.heinhaus-architekten.de

Bauherr:

Dr. Paul Grunow
10405 Berlin

Wasserkonzept und Planung:



Ingenieurbüro Nolde & Partner
Ansprechpartner: Dipl.- Ing. Erwin Nolde
Marienburger Straße 31A
10405 Berlin

Tel.: +49/30/46 60 17 51
Fax: +49/30/ 44 03 34 10
erwin.nolde@t-online.de
www.nolde-partner.de

Anlagenbau:



Lokus GmbH
Ansprechpartner: Rudi Büttner
Silbersteinstr. 97
12051 Berlin

Tel.: +49/30/625 31 67
Fax: +49/30/626 71 55
lokus-wasserrecycling@web.de



Projektbesichtigungen

Wir zeigen unsere innovativen Wasserkonzepte auch im Praxisbetrieb. Besichtigungen werden nach Vereinbarung vom Büro Nolde & Partner angeboten für:

- ROOF WATER-FARM Projekt in Berlin, nahe Potsdamer Platz,
- Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung im 123-Personen Passivhaus am Arnimplatz (Berlin - Prenzlauer Berg),
- Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung im 50-Personen KfW 40-MFH (Berlin - Prenzlauer Berg),
- Grauwasserrecycling und Wärmerückgewinnung im betreuten Wohnen "*Kaiserliches Postamt*" Leipzig (z. Zt. in Planung, Realisierung im Herbst/Winter 2015).