Klaus W. König

Aquaponik nutzt Grauwasser

Häusliches Abwasser: eine Ressource für Energie und Haustechnik

Abwasser ist ein Energie-, Frischwasser- und Rohstofflieferant. Das wissen auch die Betreiber von kommunalen Kläranlagen. Dass das Recycling allerdings auf Gebäude- und Quartiersebene deutlich sinnvoller und effektiver ist, beweist der vor mehr als 30 Jahren begonnene Langzeittest im Block 6 in Berlin-Kreuzberg – aktuell um Fischzucht und Gemüseanbau (Aquaponik) ergänzt.

Abb. 1: Betriebsgebäude von 2007 für Grauwasser- und Schwarzwasser-Recycling im Innenhof des Blocks 6, Berlin-Kreuzberg. Quer angesetzt wurde 2014 das Gewächshaus der Roof Water-Farm (Foto: Nolde + Partner)

Das »Integrierte Wasserkonzept« im Block 6 wurde als Projekt der Internationalen Bauausstellung Berlin 1987 entwickelt, beforscht und dokumentiert. Ab 1993 verwahrloste die Anlage wegen technischer Probleme und unwirtschaftlicher Betriebsweise. Die Revitalisierung gelang 2007.

Langzeittest in Berlin

Ziel war es, den Bestand als technisches Denkmal für Stadtökologie und umweltgerechtes Bauen zu sichern und zu optimieren sowie die Betriebsführung unter wirtschaftlichen Bedingungen zu ermöglichen. In die ursprüngliche Pflanzenkläranlage wird seither das auf dem Gelände anfallende Niederschlagswasser eingeleitet, um zu verdunsten. Der Überlauf versickert. Für das Recycling des Abwassers wurde 2007 ein Betriebsgebäude erstellt, in dem Abflüsse von Badewannen, Duschen und Handwaschbecken sowie Waschmaschinen und Küchenspülen (Grauwasser) von 250 Bewohnern der umliegenden mehrgeschossigen Wohnhäuser aufbereitet werden.

Im Jahr 2014 kam eine Versuchsanlage hinzu, die im Innenhof des Blocks 6 in einem Gewächshaus das Recyclingwasser für Fischzucht und Gemüseanbau verwendet. Zusätzlich wird an der Wiederverwendung des Abwassers von Toiletten (Schwarzwasser) zum Düngen und Bewässern der Gemüsekulturen geforscht. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte »Roof Water-Farm«-Projekt sucht Antworten auf Fragen, wie in Großstädten trotz begrenzter Ressourcen das Potential an Dachflächen und Wasser besser als bisher genutzt werden kann.

Lebensmittel aus Recyclingwasser

Fisch- und Gemüsezucht in der City mit Recyclingwasser? Fäkalien der Stadtbewohner wurden, bis zur Einführung der Kanalisation, als Düngemittel aufs Land hinaus transportiert, Lebensmittel werden bis heute in großem Umfang in die Stadt hinein gefahren. Nahrungsmittel zu produzieren war für Jahrhunderte ein Privileg der »Land«-Wirtschaft. Das könnte sich bald ändern, wenn Kreislaufwirtschaft im Sinne der ressourcenschonenden regionalen Wertschöpfung in der Stadt Fortschritte macht. Gemüseanbau in der Stadt ist unter dem Namen Urban Gardening bekannt, aber auch belächelt worden. Zu Unrecht, wie das Berliner Modellvorhaben Roof Water-

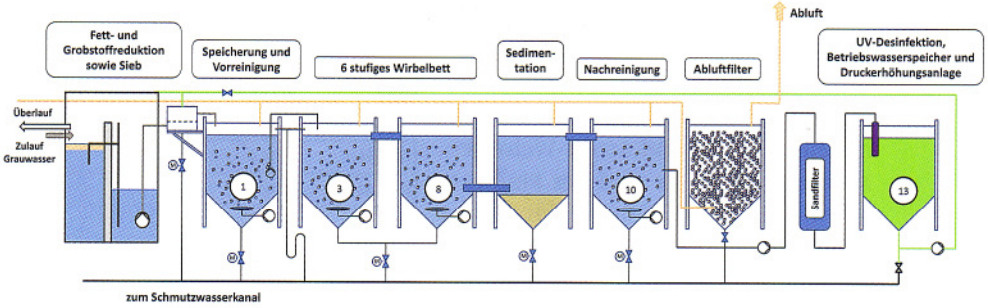

Abb.: 2: Schema des mehrstufigen Reinigungsverfahrens für Grauwasser, seit 2007 im Betriebsgebäude untergebracht. (Grafik: Nolde + Partner)

Abb. 3: Mehrstufige Aufbereitungsanlage für Grauwasser, seit 2007 im Betriebsgebäude untergebracht. (Foto: Nolde + Partner)

Projektdaten Wasserkonzept Block 6

Adresse	Dessauer Str./Bernburger Str., 10963 Berlin
Fertigstellung	im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Berlin 1987
Begleitforschung	Technische Universität Berlin bis 1993
Optimierung/Umgestaltung	2006-2007
Auszeichnung	Preisträger des deutschlandweiten Wettbewerbs »365 Orte im Land der Ideen«, 2009
Erweiterung	Integration in das Verbundprojekt »Roof Water-Farm«, 2013-2016
Präsentation	im Rahmen des Ökologischen Stadtplans Berlin, 2017 unter www.stadtentwicklung.berlin.de/oekologischer-stadtplan/ sowie im Rahmen des Roof Water-Farm Forschungsprojektes unter www.roofwaterfarm.com/neuigkeiten/

Farm im Block 6 zeigt. Die vier Jahre dauernde Förderung war Teil des Programms «Forschung für Nachhaltige Entwicklungen« (FONA). Speziell ging es um »Intelligente und nachhaltige Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung« (INIS).

Sämtliches Abwasser wird in biologischen Prozessen aufbereitet und wiederverwendet. Die Recyclinganlage liefert Badegewässerqualität, ohne Einsatz chemischer Mittel. Und diese Qualität kommt den Fischen zugute, die sich im Gewächshaus im Recyclingwasser tummeln. Deren Ausscheidungen sind Dünger für die Pflanzenzucht. Das hat System – es ist die Kombination von Aquakultur und Hydroponik, die so genannte Aquaponik. Ponik/Ponos bedeutet im Altgriechischen Arbeit, gemeint ist hier die Arbeit des Düngens, die nun das Wasser übernimmt.

Düngemittel frei Haus

Ebenfalls im Gewächshaus, neben dem Fischbecken, stehen Pflanztische mit Töpfen ohne Erde. Die Wurzeln ragen in das durchfließende Wasser, dem Ablauf der Aquakultur – also des Beckens, in dem Schleien und Afrika-Welse gezüchtet werden. So wird der Fischkot als willkommener Dünger für Endiviensalat und Pak-Choi-Kohl in gelöster Form gleich mitgeliefert. Durch den ständigen Kreislauf sinkt der Wasserstand bei den Fischen. Der Ausgleich dafür kommt aus dem letzten Behälter der Grauwasseranlage. Das dort lagernde glasklare Betriebswasser wird einerseits zur Toilettenspülung in den 73 Haushalten des Blocks 6 genutzt, andererseits zur Versorgung der Aquakultur. Man könnte es auch so ausdrücken: Aquaponik = Betriebswasser aus Grauwasser + Aquakultur + Hydroponik.

Ein weiterer Pflanztisch im Gewächshaus erhält das Betriebswasser direkt, ohne Umweg über die Fischzucht. Damit fehlt der tierische Dünger. Dieser wird ersetzt durch einen Flüssigdünger, erzeugt in der zweiten Abwasserrecycling-»Straße« des Blocks 6. Hier entsteht aus dem Schwarzwasser von 50 Bewohnern Flüssigdünger – so-

		Urin		Faeces		Schwarzwasser (Faeces + Urin + 30 Liter WC Spülwasser)		Grauwasser		Gesamtabwasser	
			%		%		%		%	Summe g/E/d	
Menge	L/E/d	1,37	1.0%	0,14	0,1%	31,5	22,6%	108	77%	139,5	Liter
CSB	g/E/d	10	8,5%	60	51,3%	70,0	59,8%	47,0	40%	117	g/E/d
N	g/E/d	10,4	80,6%	1,5	11,6%	11,9	92,2%	1,0	8%	12,9	
P	g/E/d	1	50,0%	0,5	25,0%	1,5	75,0%	0,5	25%	2,0	
K	g/E/d	2,5	59,5%	0,7	16,7%	3,2	76,2%	1,0	24%	4,2	
S	g/E/d	0,7	19,4%	0,2	5,6%	0,9	25,0%	2,9	81%	3,8	
Energiebetrachtung											
Wärme-potenzial	K							14		1,5	
	Wh/E/d							1.754		243,0	
Biogas	Wh/E/d									118	

Abb. 4: Häusliches Abwasser als eine Ressource für Wasser, Energie und Nährstoffe (grün markiert sind die höchsten Recyclingpotenziale). Untersuchungen von Nolde & Partner sowie Berechnungen, basierend auf: Neuartige Sanitärsysteme - Weiterbildendes Studium »Wasser und Umwelt«. Bauhaus-Universität Weimar, 2009, S. 13 – 14. (Tabelle: Nolde + Partner)

		Grauwasser		Kommunale KA	
Parameter	**Unit**	**Zulauf**	**Ablauf**	**Zulauf**	**Ablauf**
TSS	mg L^{-1}	110	**< 0.1**	387	5.6
Trübung	NTU	100	**< 1**		
CSB	mg L^{-1}	850	**25**	780	44
DOC	mg L^{-1}	100	**7 - 10**	54	10
TN	mg L^{-1}	10	**5**	72	11
NH_4-N	mg L^{-1}	2.7	**< 0.03**	45	0,7
NO_3-N	mg L^{-1}	0,3	**3,5**		
TP	mg L^{-1}	4.7	**2,1**	16	0,36
E. coli	1/100 ml	10^5 - 10^6	**< 10^1**		10^4 - 10^5
Acesulfam	µg/l	14	**1,29**		10 - 35
Diclofenac	µg/l	3,1	**0,67**		4,18
Gabapentin	µg/l	0,59	**0,28**		10 - 20
Valsartan	µg/l	<0,1	**<0,1**		4

Abb. 5: Typische Zulauf- und Ablaufkonzentrationen der Grauwasserrecyclinganlage im Block 6 im Vergleich zu üblichen Konzentrationen von Berliner Großkläranlagen. (Tabelle: Nolde + Partner)

genanntes Goldwasser, hausintern aufbereitet und bei der Bewässerung zugesetzt. Er enthält unter anderem die für Pflanzenwachstum unerlässlichen Elemente Stickstoff, Phosphat und Kalium. Kurz gefasst: System Hydroponik = Betriebswasser aus Grauwasser + Flüssigdünger aus Schwarzwasser. Zwischenergebnisse der Forscher belegen, dass die Qualität der Aquaponik-Produkte als Nahrungsmittel unbedenklich ist; und dass mit einem 400 m² großen Gewächshaus 70 Bewohner eines mehrgeschossigen Wohnblocks 80 % ihres Bedarfs an Fisch, Gemüse und Obst decken könnten.

Doppeltes Leitungsnetz als Standard

Der Block 6 in Kreuzberg bot sich für derlei Versuche an, denn die (für die Verwertung interessanten) Wasserströme sind dort schon getrennt. 1987 wurde beim Bau der Häuser ein zweites Leitungssystem für Wasserver- und -entsorgung eingebaut. Konkret ist außer der Sammelleitung für das Schwarzwasser ein Rohrsystem vorhanden, das nur Grauwasser aufnimmt. Und neben den Leitungen zu den Verbrauchsstellen für Trinkwasser existieren separate Rohre zur Versorgung der Toilettenspülkästen mit Betriebswasser aus aufbereitetem Grauwasser. »Die Investition in doppelte Leitungsnetze kostet erst einmal, bevor mit Gebühreneinsparungen, Wärmerückgewinnung und Flüssigdünger an eine Amortisation zu denken ist«, sagt Erwin Nolde. Als Umweltingenieur ist er Geschäftsführer von Nolde und Partner und betreut neben anderen Grauwasseranlagen in Deutschland auch das Wasserrecycling im Block 6. Die Optimierung und Umgestaltung des Grau- und Regenwasserkonzeptes nach 14 Jahren Stillstand ging auf seine Planung zurück.

Der reibungslose Betrieb ist seiner regelmäßigen Inspektion und Wartung zu verdanken. »Eigentlich fehlt nur die Wärmerückgewinnung – die haben wir erst 2012 beim Neubau eines Mehrfamilienhauses am Berliner Arnimplatz mit ins Programm genommen«, gesteht der Pionier. »Seither planen, bauen und betreiben wir Klima-positive Grauwasserrecyclinganlagen und tragen damit deutlich zur CO_2-Reduk-

Betriebswasser aus Regen- und Grauwasser

Regenwasser und aufbereitetes Grauwasser eignen sich für dieselbe Verwendung. Beide Arten gelten als Betriebswasser, das keine Trinkwasserqualität hat. Damit darf in Deutschland unter anderem der Garten gegossen, die Toilette gespült und die Wäsche gewaschen werden. Mindestanforderung ist eine Wasserqualität gemäß der europäischen Badegewässerrichtlinie. Bei Stichproben werden regelmäßig deutlich bessere Werte, als dort gefordert, gefunden. Eine Nachweispflicht besteht nicht.

Derzeit wird in Abstimmung mit den europäischen Gremien ein einheitliches DIN-EN-Regelwerk erstellt, sowohl für die Regenwasser-, als auch für die Grauwassernutzung. Dies geschieht im DIN-Ausschuss NA 119-05-08 AA »Wasserrecycling«, seit dieser im Jahr 2013 als nationaler Spiegelausschuss des europäischen Arbeitskreises CEN/TC 165/WG 50 benannt wurde. EN 16941 ist als Teil 1 für Regenwasser bereits veröffentlicht, Teil 2 für Grauwasser wird für 2019 erwartet.

Beide Betriebswasserarten gelten als ökologisch wertvoll, trinkwasser- und kostensparend.

Ökologisches Gesamtkonzept von Block 6

- Grau- und Schwarzwasserrecycling spart Trinkwasser, reduziert Abwasserableitung und erzeugt Flüssigdünger für Hydroponik
- Regenwasserbewirtschaftung spart Trinkwasser und reduziert Abwasserableitung, verbessert das Mikroklima durch Verdunstung (Kühlung und Luftfeuchte), verstärkt die Grundwasserneubildung durch Versickerung
- Gebäudeintegrierte Farmwirtschaft erzeugt Nahrungsmittel mit Aquaponik (Fisch- und Pflanzenzucht), urbaner Standort reduziert Lebensmitteltransporte
- Dachbegrünung und ehemalige Pflanzenkläranlage (heute Regenwasserdepot zur Verdunstung) erhöhen die Biodiversität
- Betriebsgebäude der Wasseraufbereitung und Roof Water-Farm bieten Möglichkeiten zur Schulung/Exkursion im Sinne von Umweltbildungsmaßnahmen

Abb. 6: Versickerungsmulde für Regenwasser im Innenhof als Überlauf der ursprünglichen Pflanzenkläranlage. (Foto: König)

Abb. 9 und 10: Pflanztische für Hydroponik mit Endiviensalat und Pak-Choi-Kohl. Die Wurzeln ragen in den durchfließenden Ablauf der Aquakultur. Der Fischkot ist willkommener Dünger. (Fotos: König)

ganischem Material, da im Gegensatz zu heute üblichen Grauwassersystemen hier zusätzlich Waschmaschinen und Küchenspülen angeschlossen sind. Partikel werden gleich zu Beginn des Reinigungsprozesses herausgesiebt. Erwünschte biologische Abbauprozesse kommen durch Belüftung des Wassers in Gang. Als Folge setzt sich Schlamm am Behälterboden ab, der periodisch abgelassen wird. Die hydraulische Aufenthaltszeit beträgt je nach Belastung etwas mehr als 24 Stunden. Wenn die Bedingungen stimmen, übernehmen Mikroorganismen, die sich von selbst in der Anlage ansiedeln, die Arbeit der Reinigung. Sandfilter und UV-Licht-Desinfektion sind die letzten Aufbereitungsschritte.

Zugabe von biologischen oder chemischen Stoffen ist nicht erforderlich. Einige der Behälter haben kleine Zapfventile, aus denen Wasserproben zur Analyse gezogen werden können. Besucher erhalten von Nolde üblicherweise an der letzten Station der Prozesskette, dem Betriebswassertank, ein Glas gezapft – nicht zum Trinken, aber zum optischen und olfaktorischen Begutachten. Das Wasser ist, für Laien erstaunlich, frei von Geruch und glasklar. Die jahrelangen Untersuchungen im Rahmen der Forschungsprojekte bestätigen diesen subjektiv gewonnenen positiven Eindruck. Das Betriebswasser im Block 6 hat Badegewässerqualität. Deshalb darf es über die Toilettenspülung hinaus auch für die Roof Water-Farm verwendet werden.

Der Autor

Klaus W. König

Dipl.-Ing. Klaus W. König lebt in Überlingen am Bodensee. Er ist Fachjournalist und Buchautor sowie von der Industrie- und Handelskammer Bodensee-Oberschwaben öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Bewirtschaftung und Nutzung von Regenwasser. Schwerpunkte seiner Arbeit sind Vorträge und Veröffentlichungen zur wasserorientierten Stadtplanung. König ist Mitglied der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung »fbr« und Mitarbeiter im DIN-Ausschuss Wasserrecycling/Regenwasser- und Grauwassernutzung. Zudem ist er Lehrbeauftragter.

www.klauswkoenig.com

Literatur

fbr-Hinweisblatt H 202. Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen. Hrsg.: Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr). Darmstadt, Okt. 2017.

König, K. W.: Grauwassernutzung – ökologisch notwendig, ökonomisch sinnvoll. Fachbuch mit farbigen Abbildungen, 1. Auflage, 130 Seiten. Verlag: iWater Wassertechnik, Troisdorf, 2013.

Nolde, E.: Getrennte Erfassung von Grauwasser. Ein Weg zu mehr Ressourceneffizienz in der Siedlungswasserwirtschaft. In: fbr-wasserspiegel, Ausgabe 1/17. Hrsg.: Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr). Darmstadt, 2017.