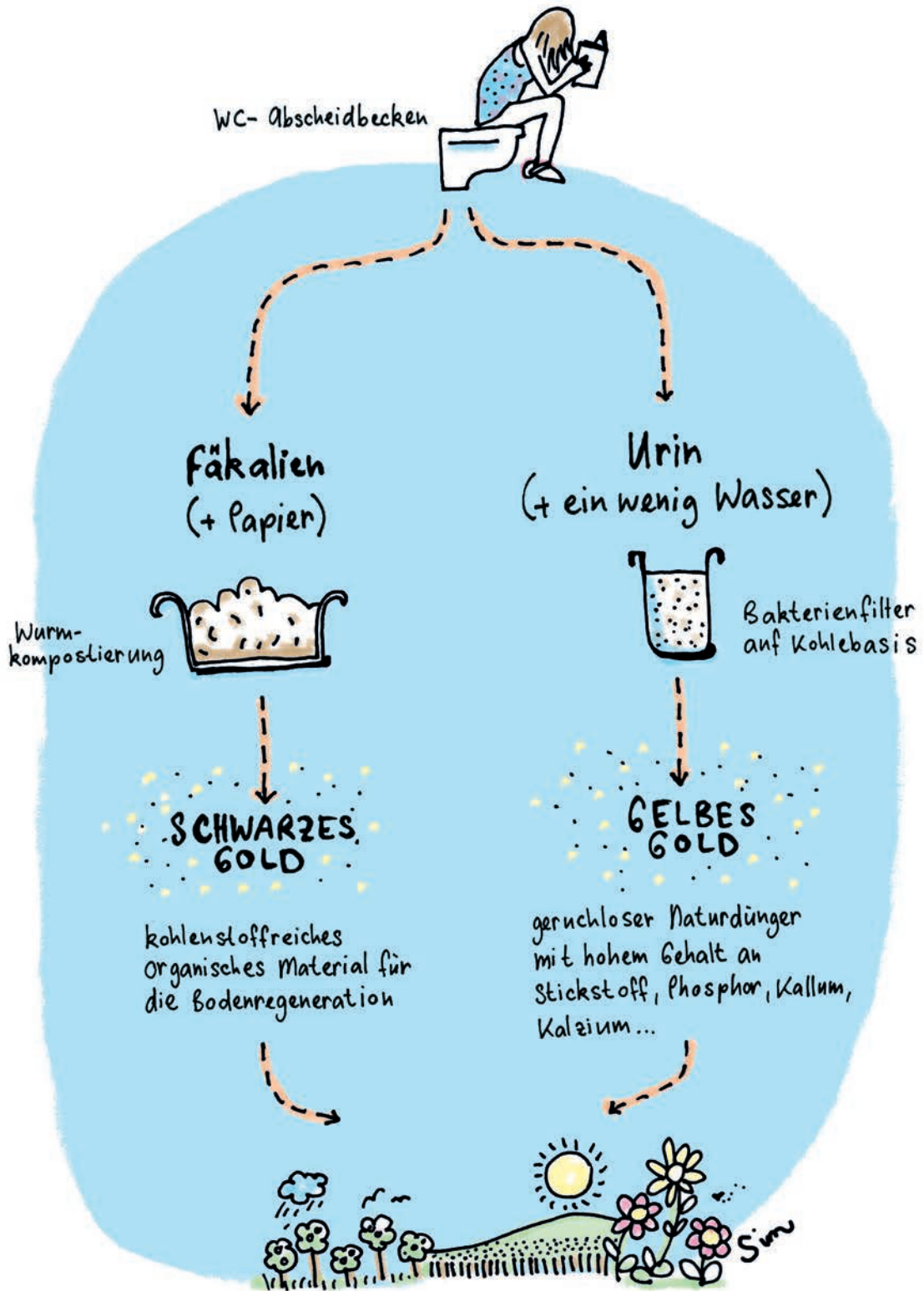


KOMPOSTTOILETTEN IN STÄDTISCHEN GEBIETEN? **DAS GELINGT!**

Zusammenfassung des Merkblatts für Bauträger

Ein Rückblick auf zehn Jahre Praxiserfahrung in drei Bauvorhaben der Genossenschaft Équilibre



1. Einleitung

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung hat keinen Zugang zu einem geeigneten Abwasser-system, und über zwei Drittel aller Menschen wohnen in einer von Wasserknappheit betroffenen Region¹. Hinzu kommt, dass das Schwemmkanalisationssystem teuer ist (Kosten von rund 10000 CHF/Einw. in der Schweiz²) und viel Wasser verbraucht. Die Abwässer aus diesem System gelten ausserdem als zu verschmutzt, um direkt in der Landwirtschaft verwertet zu werden.

Demgegenüber verbraucht ein auf Kompostierung beruhendes Aufbereitungssystem wenig oder gar kein Wasser und produziert sogar Kompost und Düngemittel für die Landwirtschaft. Und alles deutet darauf hin, dass Krankheitserreger und Mikroverunreinigungen auf diese Weise besser abgebaut werden als durch die Abwasserreinigung in Kläranlagen.

Erstaunlich ist, dass die vielen am Markt erhältlichen Komposttoilettenmodelle scheinbar ausschliesslich für den privaten Gebrauch im kleinen Rahmen konzipiert sind. Für Wohngebäude im städtischen Kontext sind keine gut dokumentierten Beispiele einer Aufbereitung durch Kompostierung zu finden, ja nicht einmal eine tragfähige Alternative zur Schwemmkan-

alisation. So verwundert es nicht, dass die Autoren einer 2014 erschienen Übersicht über die entsprechende Fachliteratur zu folgendem Fazit gekommen sind: «There are no well known urban success stories regarding composting toilets».³

Die Genossenschaft *Coopérative d'Habitation Équilibre* experimentiert deshalb seit mehr als zehn Jahren mit verschiedenen Komposttoiletten-systemen in ihren Gebäuden, wobei sie von ihren Bewohnerinnen und Bewohnern unterstützt wird. Heute kommt sie zum Schluss, dass es bald möglich sein wird, ganze Städte mit autonomen, ökologischen Abwasserentsorgungssystemen auszustatten, die lediglich Kompost und Dünger nach aussen freisetzen.

Aus diesen Gründen und angesichts der Erfolge bei der Bewohnerschaft, hat sich die Genossenschaft entschieden, ihre Erfahrungen zu dokumentieren und hiermit die Zusammenfassung einer umfangreicher dokumentierten Beschreibung⁴ zur Verfügung zu stellen.

2. Die drei getesteten Systeme

2.1 Einzelkomposter in einem dreistöckigen Gebäude



Gebäude in Cressy (1232 Confignon)

Wohnfläche: 1539 m²

Anzahl Wohnungen: 13

Wohnungsbauprogramme: individuelle Wohnzuschüsse (HM) sowie HM-gemeinnütziger Wohnungsbau (HM-LUP)

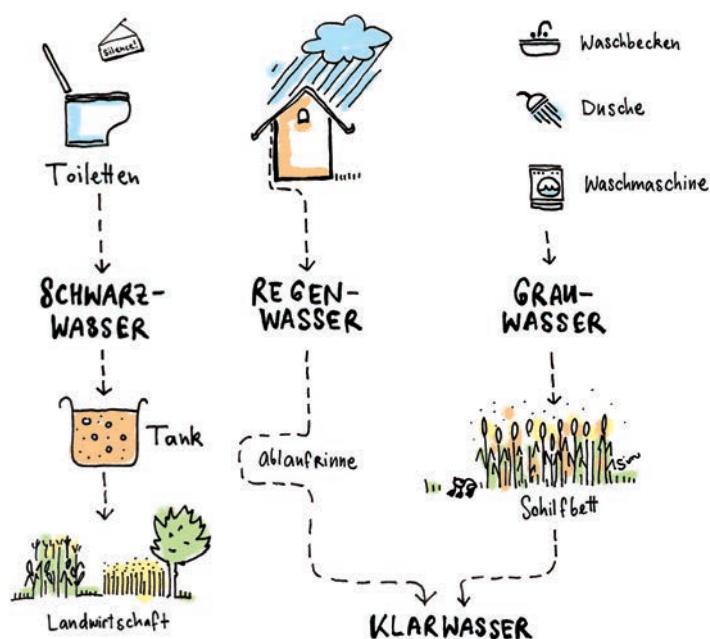
Baurecht des Kantons Genf

Inbetriebnahme: Februar 2011

Kosten nach SIA 116: 640 CHF/m³

IDC⁵ < 29 kWh/m² · Jahr

Architekten: atba + Huber



In ihr erstes Gebäude (Minergie-P-ECO in Holzskelettbauweise) hat die Genossenschaft ausschliesslich Komposttoiletten eingebaut. Das «Schwarzwasser» – Urin, Fäkalien, Toilettenpapier und Holzspäne (aber kein Wasser) – fallen in einen im Keller installierten Wurmkompostierungsbehälter. Die Aufbereitung des Grauwassers findet ebenfalls vor Ort statt. Es wird über ein Schilfwurzelsystem (das Schilfbett) gefiltert, das eine Fläche von rund 80 m² bedeckt und für 45 Bewohnerinnen und Bewohner ausgelegt ist. Dadurch muss das Gebäude nicht an die Kanalisation angeschlossen werden.

1 United Nations World Water Development Report 2017: *Wastewater: the untapped resource*.

2 BAFU 2018, *Kommunale Abwasserreinigung*.

3 Chirjiv K. Anand, Defne S. Apul, *Waste Management* 34 (2014), 329–343.

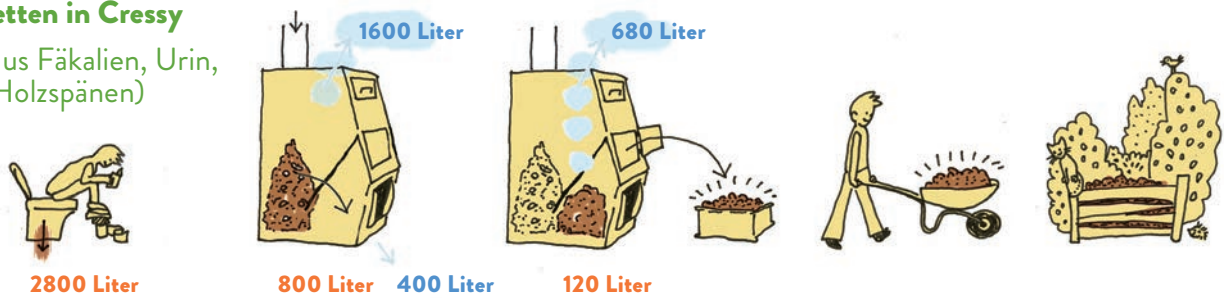
4 Diese ausführliche Fassung, ist in französischer Sprache als PDF-Version verfügbar unter: www.cooperative-equilibre.ch. Printversion auf Anfrage erhältlich.

5 Der Wärmeverbrauchsindex ist der in Genf verwendete Indikator für Heizung und Warmwasser. (Minergie-Label: IDC ≤ 35 kWh/m² · Jahr und Minergie P: IDC ≤ 30 kWh/m² · Jahr).

Funktionsprinzip

Trockentoiletten in Cressy

(Mischung aus Fäkalien, Urin, Papier und Holzspänen)



Jahresbilanz einer vierköpfigen Familie

Zufuhr

3–4 Minuten pro Session
Insgesamt in einem Jahr:
Urin: ~1500 l
Fäkalien ~300 l
Holzspäne ~1000 l
Total ~2800 l

1. Kompostierung

1 Jahr
Abbau durch Bakterien
Verdunstung ~1600 l
Flüssigkeitsüberschuss: ~400 l, die zur Produktion von Dünger gefiltert werden.
Es bleiben ~800 l übrig.

Regenwürmers

1 Jahr
Verdauung durch Regenwürmer
Verdunstung ~680 l
Es bleiben ~120 l übrig.

Ausbringung

2–3 Stunden
Transfer der ~120 l Komposterde in den Garten.

Reifung

6 Monate bis 1 Jahr
Verdauung durch die Mikrofauna im Aussenbereich, Kohlenstoffzufuhr für den Garten, Pflanzung von Kürbissen.

Technische und architektonische Einschränkungen

Es handelt sich um ein Low-Tech-System, das sich in einem Neubau leicht umsetzen lässt. Jedes WC-Becken ist an ein vertikales Rohr mit 30 cm Durchmesser angeschlossen, das direkt in den Komposter im Keller führt. Es ist somit nicht möglich, die WC-Becken in den verschiedenen Stockwerken vertikal übereinander anzuordnen. Das System eignet sich nicht für Gebäude mit mehr als drei bis vier Stockwerken.

Der Flächenbedarf beläuft sich auf rund 3 m² pro Komposter bzw. 7 m³ nach SIA (einschliesslich des notwendigen Freiraums

für die Komposterentleerung). Es ist aufgrund der Brandschutzvorschriften nicht möglich, zwei Wohnungen mit demselben Komposter zu verbinden. Für die Entleerung der Komposter ist ein Zugang nach aussen erforderlich. Zudem wird ein Raum für die Lagerung folgender Materialien benötigt: Holzspäne, die nach jedem «grossen Geschäft» in die WC-Becken geworfen werden, trockenes Laub, mit dem der Kompost zwei bis drei Mal im Jahr bedeckt wird, und Stroh, mit dem die Reststoffe nach den Leerungen zu vermischen sind.

Bilanz nach zehnjähriger Nutzung (2011–2021)

Die Bewohnerinnen und Bewohner sind mit dem System sehr zufrieden. Es erfordert nur eine minimale Verhaltensanpassung (Holzspäne statt Spülen), ist sehr einfach und angenehm benutzbar und verursacht letztlich nur wenig Unterhaltsaufwand. Abgesehen von einigen Stromausfällen (bei denen wegen des ausfallenden Lüfters Gerüche aufsteigen) sowie Verstop-

fungen der Filter für die Flüssigkeitsextraktion, die jedoch weniger als einmal jährlich auftreten und leicht behoben werden können, wurden keine Störungen festgestellt. Das System ist einfach und zuverlässig und wird von allen Nutzerinnen und Nutzern jeden Alters extrem gut angenommen. Es ist für alle kleineren Gebäude vorbehaltlos zu empfehlen.

2.2 Zentraler Komposter in einem sechsstöckigen Gebäude



Gebäude in Soubeyran (1203 GE)

THPE⁶ -Norm, Betonstruktur, Strohdämmung

Wohnfläche: 4700 m²

Gewerbefläche: 465 m²

Anzahl Wohnungen: 38

Wohnungsbauprogramme: HBM-LUP

Baurecht des Kantons Genf

Inbetriebnahme: Winter 2016/2017

Kosten nach SIA 116: 650 CHF/m³

IDC ~ 45 kWh/m² · Jahr

Architekten: atba AG

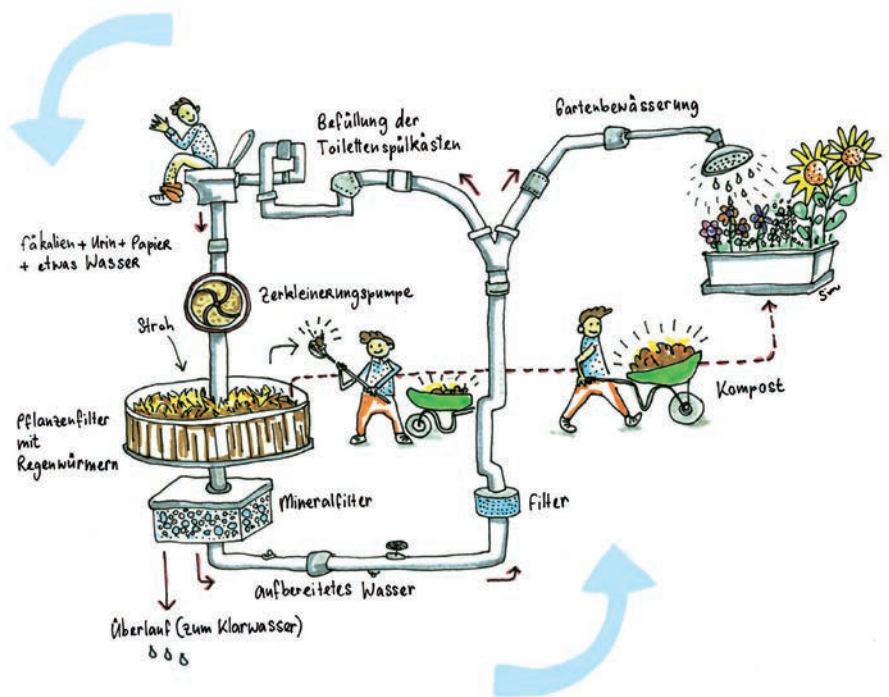
In gemeinsamer Bauträgerschaft mit der Genossenschaft Luciole

Funktionsprinzip

Weil sich das für die Liegenschaft in Cressy entwickelte System nicht für ein Gebäude dieser Grösse eignet, musste eine andere innovative Lösung gefunden werden, in Anlehnung an ein für landwirtschaftliche Abwässer konzipiertes System⁷.

Dabei kommen WC-Abscheide-becken zum Einsatz, die sehr wenig Wasser verbrauchen. Urin und Fäkalien werden in der Folge zusammengeführt und über Leitungen mit einem Durchmesser von 10 cm abtransportiert.

Dann wird das Material zerkleinert und an der Oberfläche des Zentralkomposters abgelegt. Das gefilterte Wasser wird später für die Gartenwässerung oder die Toilettenspülung wiederverwendet.



Der Filter (Foto links) wird mit Stroh bedeckt, um allfällige Gerüche zu absorbieren, den Regenwürmern ein gut belüftetes Umgebungsmilieu zu bieten und das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis des Komposts zu optimieren. Wichtig ist der Einsatz von WC-Abscheidebecken, um den Wasserverbrauch zu reduzieren (wobei Urin und Fäkalien direkt nach dem WC-Becken vermischt werden). Das Stroh fungiert ausserdem in kalten Winterperioden als Wärmedämmstoff. Im Bild rechts ist die Abdeckung zu erkennen, unter der sich der Filter befindet.



Der Filter setzt sich – von oben nach unten betrachtet – aus folgenden Schichten zusammen: i) Stroh (~20 cm), ii) zerkleinertes Material (~15 cm), iii) Sägemehl (~30 cm), iv) Holzspäne (~40 cm), v) Mineralfilter (~40 cm). Das Wasser läuft in der Folge in einen zweiten Mineralfilter, bevor es zur Wiederverwendung in den Toiletten gesammelt wird. Das Sägemehl und die Holzspäne verwandeln sich nach und nach in Kompost. Jährlich werden so 1,2 m³ Kompost gewonnen und entnommen. Nach vier Jahren war keine Entleerung erforderlich. Die erste vollständige Entleerung ist nach einer Dauer von sechs Jahren vorgesehen.

Technische und architektonische Einschränkungen

Für die Abwasseraufbereitungsanlage in Soubeyran mussten die folgenden besonderen Anlagen eingebaut werden:

- ein doppeltes Brauchwasserableitungsnetz (für Grau- und für Schwarzwasser);
- ein doppelter Wasserversorgungskreislauf, um die Wiederverwendung des gereinigten Wassers für die Toilettenspülung und die Gartenwässerung zu ermöglichen;
- eine Stahlbetongrube von 80 m² Fläche und 3 m Tiefe im Garten (diese könnte allenfalls unter dem Gebäude errichtet werden).

⁷ Erfinder dieser absolut genialen Idee, die in Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro atba für die Genossenschaft entwickelt wurde, ist der Biologe Philippe Morier-Genoud.

Bilanz nach vierjähriger Nutzung (2017–2020)

Das System zur Aufbereitung des Schwarzwassers mit einem zentralen Filter funktioniert hervorragend. Es wurde 2018 mit dem Preis für nachhaltige Entwicklung des Kantons Genf ausgezeichnet und wird jedes Jahr von Hunderten interessierten Personen besichtigt. Der regelmässige Unterhalt beschränkt sich auf die Zufuhr, etwa einmal pro Monat, einiger Ballen Stroh auf der Oberfläche sowie die Entnahme von 1,2 m³ Kompost einmal pro Jahr. Eine vollständige Entleerung ist alle sechs Jahren vorgesehen.

Das Grauwasser wird über zwei ähnliche, aber kleinere Filter mit einem Durchmesser von 2 m aufbereitet. Diese verursachen allerdings einige Probleme. So kam es mehrfach zu Verstopfun-

gen der Filter, weil der Stoffgehalt im Grauwasser die Aufnahmekapazität des Systems überschritt. Derzeit werden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, um das Grauwasserfiltersystem zu verbessern.

Ausserdem sind bei einer im Jahr 2020 unter den Bewohnerinnen und Bewohnern durchgeführten Umfrage die folgenden Probleme zu Tage getreten: a) Unannehmlichkeiten aufgrund der Verfärbung des für die Toilettenspülung wiederverwendeten Wassers (lässt sich lösen, indem man das Sägemehl durch granuliert Kohle ersetzt); b) Struvit-Problem⁸ und c) Unzufriedenheit mit der Ergonomie des WC-Abscheidebeckens (mittlerweile sind ergonomischere Modelle auf dem Markt).

2.3 Direkt in den Toiletten positionierte Einzelkomposter



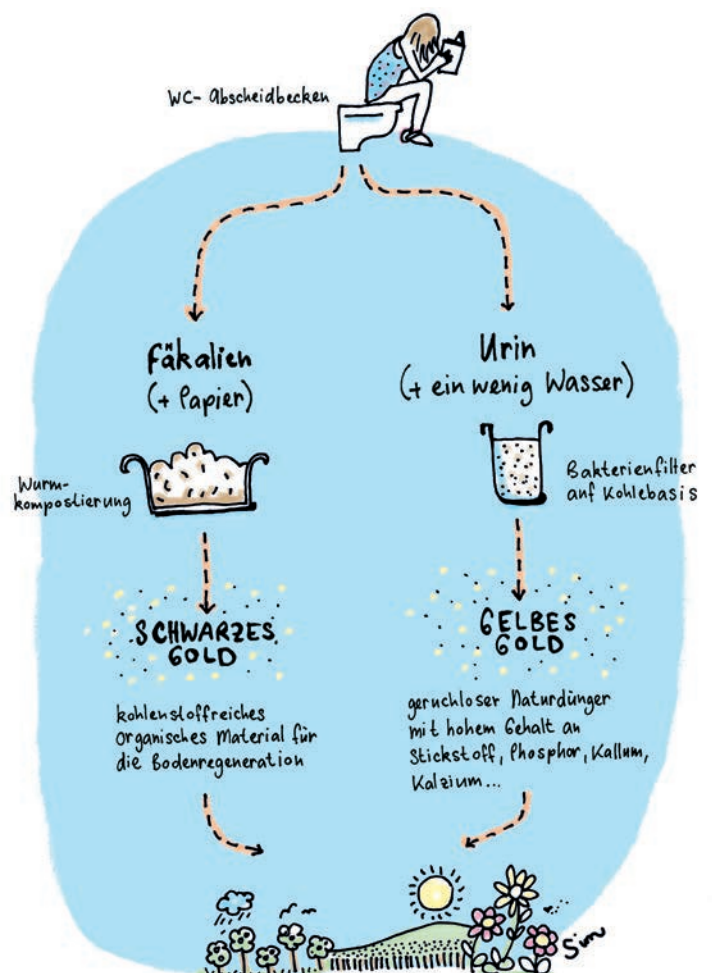
Drei Gebäude in Les Vergers (1217 Meyrin)
 Minergie A, THPE-Norm.
 Holz-Beton-Struktur, Zellulosedämmung.
 Wohnfläche: 6920 m²
 Gewerbefläche: 550 m²
 Anzahl Wohnungen: 65
 Wohnungsbauprogramme: HM und HM-LUP
 Kommunales Baurecht
 Inbetriebnahme: Frühjahr 2018
 Kosten nach SIA 116: 635 CHF/m³
 IDC ~ 45 kWh/m² · Jahr
 Architekten: LBL association d'architectes

Das für Les Vergers entwickelte Prinzip ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- raumsparendes, für die Anpassung an bestehende Gebäude geeignetes System;
- getrennte Aufbereitung des Urins und der Fäkalien;
- Verwendung des sterilen Urins, der den Grossteil der für die Pflanzen wertvollen Nährstoffe enthält, zur Düngerproduktion;
- Zersetzung der mit Krankheitserregern belasteten Fäkalien zu Kompost.

Auf dieser Grundlage hat Philippe Morier-Genoud, der Berater der Genossenschaft, das «Cacarrousel» zur Aufbereitung der Fäkalien sowie einen Kohlefilter zur Umwandlung von Urin in Düngemittel (das sogenannte «Pitribon») entwickelt. Auf dem Foto oben ist eine Gemüseanbaufläche zu erkennen, die an eines der Gebäude angrenzt.

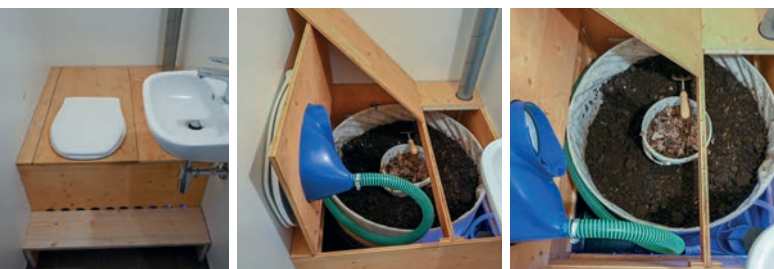
Die Auswirkungen des Pitribons auf die dort erzielten Erträge werden 2021 zusammen mit der HEPIA (Hochschule für Architektur, Technik und Landschaft, Genf) untersucht.



⁸ Hierbei handelt es sich um ein Phänomen, das zur Kristallisation von Urin und oftmals zu Leitungsverstopfungen führt. Um dies zu verhindern, müssen die Rohre regelmässig gespült werden.

Funktionsprinzip

Durch das WC-Abschneidebecken wird der Urin abgeleitet, ohne durch Fäkalien kontaminiert zu werden. Die Fäkalien werden direkt unter dem WC-Becken gesammelt. Nach jedem «grossen Geschäft» bedeckt die Nutzerin bzw. der Nutzer das Material gleich mit etwas bereitgestelltem Kompost. Sobald sich eine bestimmte Menge an Material angesammelt hat, dreht die Nutzerin bzw. der Nutzer am «Cacarroussel». Durch die Aktivität der Würmer verringert sich das Volumen, und das Material verwandelt sich innerhalb eines Monats in geruchlosen Kompost. Nach einer vollen Umdrehung ist das Materialniveau weit genug gesunken, um das «Cacarroussel» neu mit frischem Material zu befüllen. Eine Entleerung ist damit nicht erforderlich. Die in der Mitte angeordnete «Kinderstube» dient den Würmern als Eiablageplatz.



Das direkt unter der Brille angeordnete «Cacarroussel» wird auf engstem Raum untergebracht. Im Bild ist auch der als «Wurm-Kinderstube» dienende Eimer im Zentrum zu erkennen sowie der Schlauch, über den der Urin abgeleitet wird. An Bodenfläche werden 84 x 90 cm benötigt.

Technische und architektonische Einschränkungen

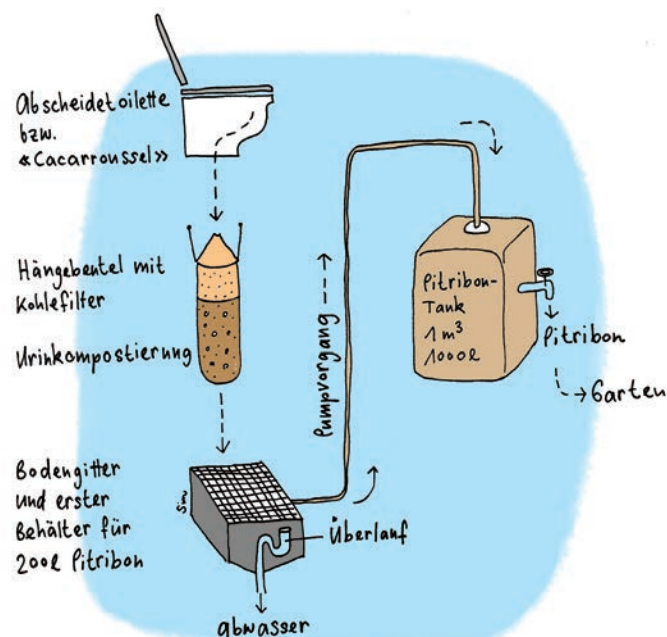
Spezifische Einschränkungen, die der Installation eines «Cacarroussel» in einem WC-Raum im Wege stehen könnten, gibt es abgesehen von der Raumgrösse (Raumverbrauch: 84 cm Breite und 90 cm Tiefe) nicht. Es wird eine Standardlüftung für Badezimmer benötigt.

Für die Aufbereitung des Urins ist Folgendes vorzusehen: i) eine Spezialleitung für den Transport zum Kohlefilter, ii) einen Raum für den Filter (rund 0,3 m²/Person) und iii) ein zugänglicher Tank zum Sammeln der Flüssigkeit (in der Regel 100 l/Person).

Bilanz nach dreijähriger Nutzung (2018–2020)

Die beiden Systeme (für Urin und Fäkalien) wurden nur von fünf Haushalten mit insgesamt rund fünfzehn Personen getestet. Die WC-Abschneidebecken sind wie in Soubeyran ergonomisch nicht ideal (schlecht geeignet für Frauen und Kinder). Daneben wurde festgestellt, dass dieses System eine grössere Anpassungsfähigkeit erfordert und in der Handhabung schwieriger ist als die beiden anderen. So müssen wenig erfahrene Familien allenfalls Würmer einbringen und das Material regel-

mäßig mit einem Zerstäuber befeuchten. Ausserdem können Fliegen im Badezimmer Probleme bereiten (in Cressy wurde dies durch die Abdeckung des Komposts mit trockenem Laub gelöst, wofür hier aber nicht genügend Platz zur Verfügung steht). Hat sich die Familie aber erst einmal an die Nutzung gewöhnt, funktioniert die Kompostierung so gut, dass keine Entleerung erforderlich ist. 2021 werden fünf weitere Haushalte mit diesem System ausgestattet.



3. Vergleich mit der Schwemmkanalisation

Hauptvorteile			
Schwemmkanalisation	Cressy	Soubeyran	Les Vergers
Benutzungskomfort; erleichtert eine zentrale Aufbereitung, bspw. von Mikroverunreinigungen.	Einfachheit; Geruchskomfort; Benutzungskomfort; einfache Rückgewinnung von Dünger und Kompost; keine Freisetzung von Schadstoffen.	Keine grossen Nutzungsunterschiede ggü. der Schwemmkanalisation; geringer Unterhaltsaufwand; wenig Wasser; Aufbereitungsqualität.	Sehr wenig Wasser; Kompost- und Düngemittelproduktion; leichtere Anpassbarkeit in Bestandsgebäuden; niedrige Betriebskosten.
Hauptnachteile			
Schwemmkanalisation	Cressy	Soubeyran	Les Vergers
Verschmutzung von Wasserläufen; Verlust von Nährstoffen für Pflanzen; hoher Trinkwasser- und Energieverbrauch; umfangreiche, für die Allgemeinheit kostspielige und erhebliche Infrastruktur.	Nur für relativ niedrige Gebäude geeignet; Flächenverbrauch im Keller; zweimal im Monat Unterhalts- und Überwachungsmassnahmen; jährliche Entleerung.	Wenig ergonomische WC-Abscheidebeckena; Flächenbedarf auf dem Gelände oder unter dem Gebäude; keine Düngemittelproduktion.	Wenig ergonomische WC-Abscheidebeckena; aufwändige Handhabung; Raum für die Urinaufbereitung erforderlich; eine Grauwasseraufbereitung wurde nicht integriert.

- a Bei den getesteten Abscheidebecken, deren Nutzung durch Frauen und Kinder problematisch ist, handelt es sich um Ecoflush-Modelle der schwedischen Firma Wostmann. Unterdessen werden Modelle vermarktet, die besser geeignet scheinen, wie z.B. das Modell Save! der Firma Laufen.

4. Analyse der Investitionskosten

	Standardgebäude (Schwemmkanalisation)	Cressy (Urin-, Fäkalien- und Grauwasseraufbereitung)	Soubeyran (Urin-, Fäkalien- und Grauwasseraufbereitung)	Vergers (Urin- und Fäkalienaufbereitung + Kanalisation...)
Abwasseranschluss ^a (CHF/BewohnerIn)	900.00	34.00	150.00	900.00
Mehrkosten für die ökologische Aufbereitung ^b (CHF/BewohnerIn)	0.00	2500.00	3500.00	3300.00
Kosten für die Allgemeinheit ^c (CHF/BewohnerIn)	9100.00	0.00	0.00	9100.00
Total (CHF/BewohnerIn)	10 000.00	2534.00	3650.00	13 300.00

- a Mit Blick auf das Standardgebäude wurden die Kosten des Anschlusses eines Gebäudes in Genf an das Abwassernetz geschätzt. Im Fall von Cressy und Soubeyran hat die Genossenschaft von einer erheblichen Reduzierung der Anschlussgebühr profitiert. Bei den Gebäuden von Les Vergers existieren das standardmässige und das umweltfreundliche System parallel, was die höheren Kosten erklärt.
- b Baumehrkosten, die im Vergleich zu einem Standardgebäude anfallen (und zulasten des Bauträgers gehen).
- c Für die Angabe der Kosten der Schwemmkanalisation in der Schweiz werden folgende zwei Quellen verwendet: i) Thematische Synthese 3 des Nationalen Forschungsprogramms Nachhaltige Wassernutzung (NFP 61) und ii) BAFU-Studie von 2018: Kommunale Abwasserreinigung.

5. Schlussfolgerungen

Angesichts der erzielten Ergebnisse und der Herausforderungen in den Bereichen Wasser, Energie, Landwirtschaft und Gesundheit wäre es ein äusserst schwerwiegender Fehler, nicht in die Weiterentwicklung dieser Systeme zu investieren. Die Schwemmkanalisation muss unbedingt zugunsten eines Abwassersystems aufgegeben werden, das die Lebenskreisläufe stärkt, statt sie zu zerstören. Es ist zu hoffen, dass weitere Bauträger

Danksagung

Diese Experimente waren dank der Genehmigung des Amtes für Wasser vom Kanton Genf möglich. Ein Dank sei insbesondere Herrn Alain Wyss, Direktor des Dienstes für Wasserplanung, ausgesprochen.

Dieses Projekt wurde vom Bundesamt für Wohnungswesen als eines seiner «Referenzprojekte im Wohnungswesen» unterstützt. Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich. Zusätzliche Informationen:

www.bwo.admin.ch/bwo/de/home/wohnungspolitik/programme-und-projekte/referenzprojekte-im-wohnungswesen.html

Die Genossenschaft Équilibre dankt dem Programm G'innovent der Stadt Genf für seinen Beitrag zum Kapitel über Soubeyran und für das von ihm gezeigte Interesse für diesen Ansatz.

Weiterführende Informationen

Dieses Dokument ist auch in Französisch verfügbar, ebenfalls in einer ausführlicheren Fassung.

Für weitere Informationen oder eine Beratung wenden Sie sich bitte direkt an den Verein Aneco – Assainissement naturel et écologique unter info@an-eco.ch.

zu dieser Einsicht kommen. Dann wäre es möglich, bald eine ganze Stadt zu bauen, welche auf einem natürlichen, einfach zu realisierenden und leicht zu betreibenden Abwassersystem basiert – ohne Freisetzung von Schadstoffen, mit geringem Energieaufwand und minimalem Wasserverbrauch sowie unter Verwertung der in unseren Exkrementen enthaltenen wertvollen Nährstoffen in der Landwirtschaft.

Ausserdem möchte sie allen Personen danken, die zu dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeit beigesteuert haben, insbesondere der wohlwollenden «Test-Bewohnerschaft».

Ein Dank geht auch an die Architekturbüros, die viel zum Erfolg dieser ersten Versuche beigetragen haben, insbesondere an atba, BLSA und L-M architects.

Zudem dankt die Genossenschaft Frau Simone Kaspar de Pont für ihre Zeichnungen und Herrn Didier Muehlheim für das Seitenlayout.

Ein weiterer Dank geht an den Kanton Genf und die Genfer Gemeinden, für das seit vielen Jahren entgegengebrachte Vertrauen, dank dessen Wohnbauprojekte auf ihren Grundstücken erstellt und so Neues gewagt werden konnte.

Für eine Besichtigung der in diesem Dokument beschriebenen Systeme, kontaktieren Sie bitte die Genossenschaft Équilibre unter visites@cooperative-equilibre.ch.

Coopérative Équilibre

Promenade de l'Aubier 19, 1217 Meyrin

T. 022 719 05 99

info@cooperative-equilibre.ch, www.cooperative-equilibre.ch