

Urin als Dünger?

Ja! Jedenfalls erforschen wir im KREIS-Haus, ob und wie ein Haus seinen eigenen Urindünger produzieren kann. Damit möchten wir einen weiteren Kreislauf im KREIS-Haus schliessen.

Aber wozu?

Haben Sie sich auch schon gefragt, woher die Nährstoffe, mit denen unsere Nahrungsmittel produziert werden, stammen? Typischerweise werden Nährstoffe wie Phosphor teils unter fragwürdigen Bedingungen in fernen Ländern in Minen aus dem Boden gewonnen. Andere Nährstoffe wie Stickstoff werden in energieaufwändigen Prozessen synthetisch hergestellt. Diese Nährstoffe erreichen dann als Dünger unsere Bauernhöfe. Wir essen die Lebensmittel und scheiden die Nährstoffe beim Gang aufs WC wieder aus. Dabei befindet sich der grösste Anteil der Nährstoffe im Urin. Über das Abwassersystem gelangen die Nährstoffe in die Kläranlage, wo sie zusammen mit anderen Verschmutzungen, wie Schwermetallen aus der Industrie, auf der Deponie landen. Ein nicht geschlossener Kreislauf also, bei dem die Nährstoffe immer wieder neu aus dem Boden gewonnen oder synthetisch hergestellt werden müssen. Hinzu kommt, dass der übermässige Einsatz von synthetischen Düngern zur Eutrophierung von Gewässer und Überdüngung in der Landwirtschaft führen kann.

Wir brauchen also ein Umdenken: weg von der Beseitigung der Nährstoffe hin zur Nährstoffrückgewinnung in einem geschlossenen Kreislauf. Die gute Nachricht dabei: eine mögliche Lösung liegt näher als gedacht. Nämlich im Urin, den wir täglich ausscheiden. Obwohl Urin nur ca. 1% des häuslichen Abwassers ausmacht, ist es das nährstoffreichste Abwasser. Der grösste Anteil der menschlichen Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Nährstoffausscheidungen sind im Urin zu finden. Diese Nährstoffe könnten dementsprechend durch die separate Aufarbeitung von Urin und Fäzes effizient zurückgewonnen und damit laut Schätzungen 22% des weltweiten Phosphorverbrauchs decken. Dadurch könnte die Abhängigkeit von synthetisch hergestellten Düngemitteln massgeblich verringert werden. Pilotversuche haben gezeigt, dass mit Nährstoffen aus Urin vergleichbare Ernteerträge, wie herkömmliche synthetische Dünger, erzielt werden können.

Wie wird Urin rezykliert?

Bevor wir den Urin überhaupt rezyklieren können, muss der entscheidende erste Schritt vollzogen werden: die Sammlung. Nur wenn der Urin in einer möglichst reinen Form vorliegt, können die enthaltenen Nährstoffe auch gut rezykliert werden. Unsere herkömmlichen Wassertoiletten eignen sich dafür leider nicht, da alle Abwässer (Fäzes, Bad, Küche usw.) mit Wasser verdünnt zusammenfliessen. Wir kennen das Prinzip eigentlich schon vom Hausabfall bzw. Recycling: Wenn wir Glas, Karton, Metall etc. nicht sauber trennen, lässt es sich nur schwer rezyklieren. Wir brauchen daher eine saubere Trennung des Urins möglichst ohne Vermischung mit Wasser. Eine gute und einfache Methode dafür ist eine sogenannte Trockentrenntoilette, wie sie im KREIS-Haus eingebaut ist (Abbildung 1). Mittels eines Förderbands, das durch ein Fusspedal betrieben wird, wird der Urin von den Fäzes ohne Zugabe von Wasser getrennt. Der Urin fliesst dabei von der Schwerkraft getrieben in einen Tank unter dem Haus. Die Fäzes bleiben auf dem Förderband liegen und werden beim Betätigen des Fusspedals in den Raum hinter der Toilette befördert.

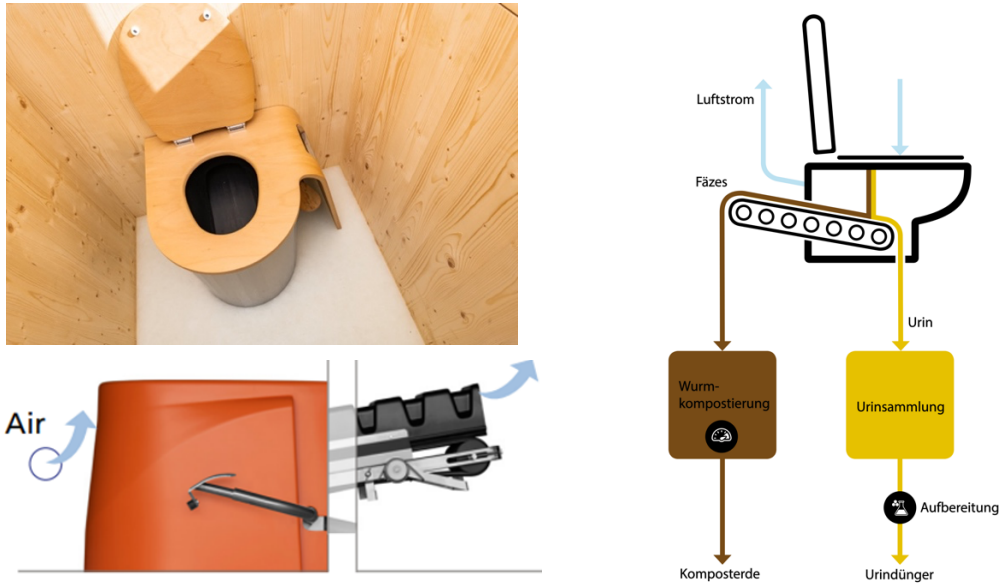


Abbildung 1: Trockentrenntoilette im KREIS-Haus

Einmal korrekt gesammelt, stellen sich weitere Fragen rund um die beste Aufbereitung des gesammelten Urins. Im frischen Urin macht Wasser ca. 97% des Gewichtes aus. Würde man den Urin direkt auf dem Feld zur Düngung ausbringen, bräuchte es für eine Hektare Land ca. 15 Tonnen Urin. Könnte man die Nährstoffe in ihrer reinen Form, ohne Wasser, ausbringen, so bräuchte es nur rund 400 Kilogramm. Damit würden Transportkosten und Emissionen verringert werden. Unsere Recherchen zeigen, dass die passive Verdunstung an der Sonne eine der einfachsten und effektivsten Methoden ist, das Wasser aus dem Urin zu treiben. Ein Vorteil ist zudem, dass durch die passive Verdunstung der Urin UV-Strahlen ausgesetzt wird. Studien haben gezeigt, dass bereits nach drei Tagen Sonneneinstrahlung der Urin bakteriologisch desinfiziert wird.

Die Verdunstung von Urin hat aber ein grosses Problem: Der Stickstoff im Urin liegt hauptsächlich in Form von Harnstoff vor. Verlässt der Urin den Körper, wird er fast umgehend durch das Enzym «Urease» hydrolysiert (Spaltung einer chemischen Verbindung durch die Reaktion mit Wasser). Dadurch wird der Harnstoff in das gasförmige Ammoniak umgewandelt. Da Ammoniak sich verflüchtigt, kommt es zu Stickstoffverlusten im Urin. Der hohe Anteil an Ammoniak in der Luft ist dann auch verantwortlich für den strengen Geruch. Der Urin kann also nicht unbehandelt gelagert werden, sondern muss stabilisiert werden. Auch weil die Lagerung des unbehandelten Urins durch die Ausfällung von Salzen zur Verstopfung von Leitungen führen kann. Wird der rohe Urin direkt auf den Feldern ausgebracht, kommt es nebst Ammoniakverlusten auch zu einer Versauerung des Bodens.

Um das Problem zu lösen, muss die Harnstoffhydrolyse unterbunden werden. Durch Herabsetzen des pH-Wertes wird das Enzym Urease gehemmt und so kann die Ammoniakausgasung verhindert werden, bzw. der Urin wird stabilisiert. Eine kostengünstige und leicht zugängliche Variante ist Putzessig. Bereits 18 Milliliter genügen, um einen Toilettengang zu stabilisieren.

Passive Urinverdunstung im KREIS-Haus

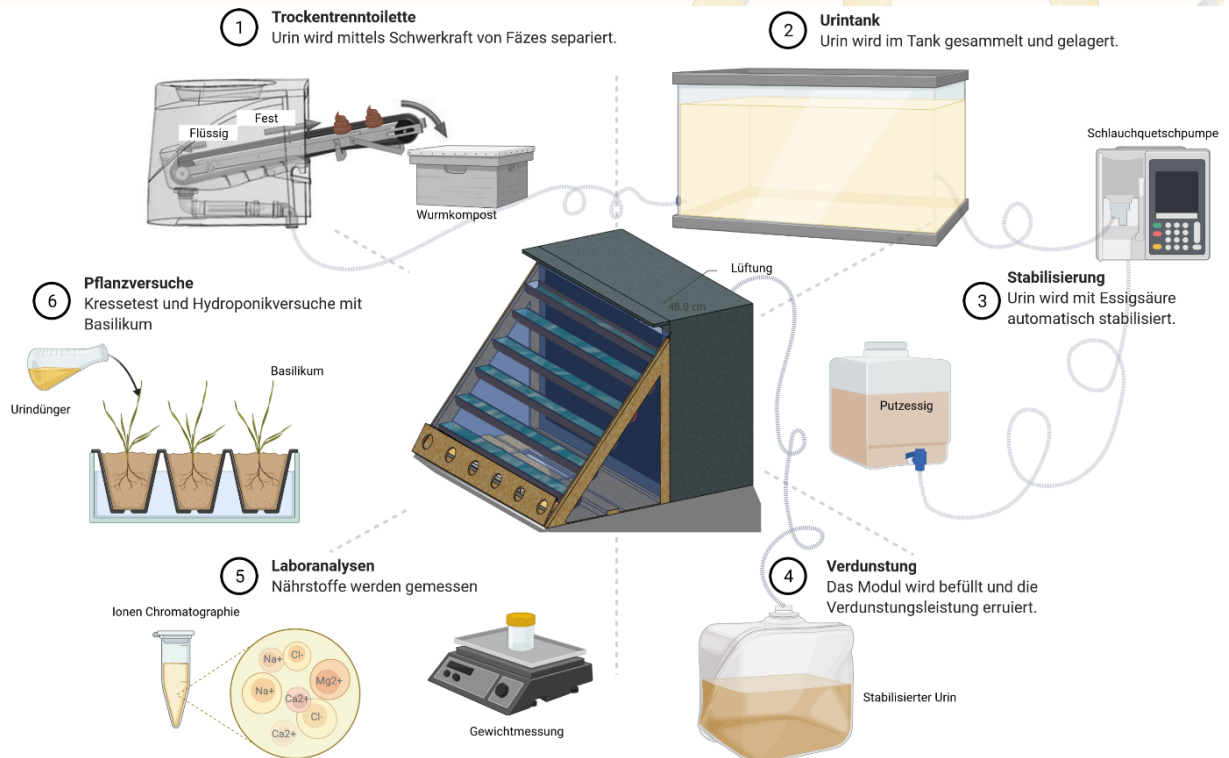


Abbildung 2: Versuchsaufbau Urinaufbereitung zu Dünger, entwickelt in Zusammenarbeit mit Eawag und Vuna.

Blick in die Forschung

Mit dem Ziel, dass jeder zu Hause seinen eigenen Urindünger produzieren kann, haben wir in Zusammenarbeit mit der Eawag und dessen Spin-off Vuna im KREIS-Haus ein Prototyp für ein Urinverdunstungsmodul gebaut (Abbildung 2, Mitte). Ohne zusätzliche Energie und mit niedrigen Betriebskosten können durch die Verdunstung das Volumen reduziert und die Nährstoffe im Urin aufkonzentriert werden. Zur Stabilisierung wird Putzessig eingesetzt. Ein Sensor detektiert jeden Toilettengang, wodurch eine kleine Menge Putzessig dem Urin beigegeben wird. Das Verdunstungsmodul wird mit dem stabilisierten Urin manuell befüllt und durch reine Sonneneinstrahlung verdunstet. Nach der vollständigen Verdunstung bleibt eine Art Urinkristall übrig. Dieser wird vom Modul abgekratzt und in hydroponischen Versuchen mit herkömmlichen Düngern verglichen. Bei der Hydroponik werden die Pflanzen in einer Nährstofflösung ohne Erde kultiviert. Später soll der Urindünger auch im Dachgarten des KREIS-Hauses eingesetzt werden. In einem hydroponischen Pflanzversuch wurde der selbst hergestellte Urindünger in zwei unterschiedlichen Verdünnungen mit dem Urindünger Aurin aus dem Handel und dem konventionellen Dünger Wuxal verglichen. Die Auswertungen des Pflanzenwachstums (Abbildung 3) zeigen, dass der Urindünger in hoher Konzentration vergleichbare Resultate, wie die herkömmlichen Dünger erzielt. Urindünger in geringer Konzentration hat jedoch kaum zu einem Pflanzenwachstum geführt.

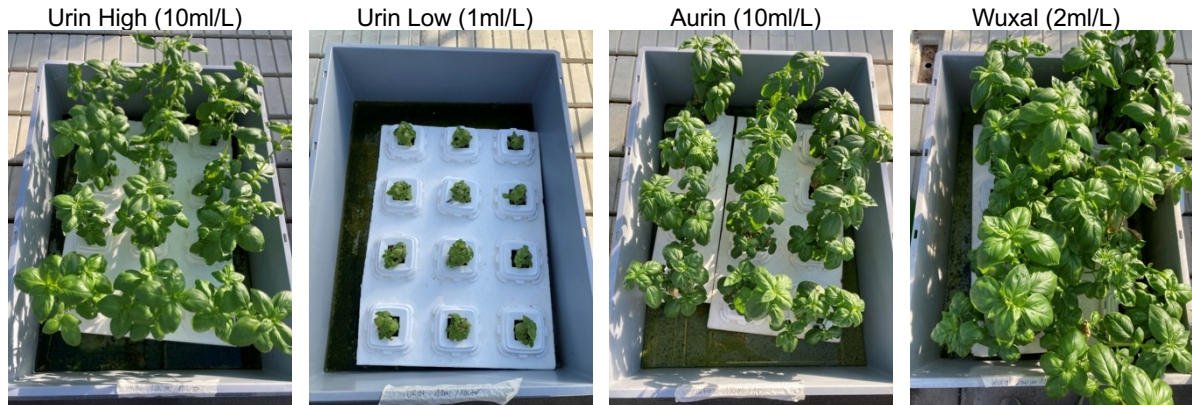


Abbildung 3: Ergebnisse des hydroponischen Pflanzversuchs mit Basilikum

Nebst der Untersuchung der Urindünger und Pflanzenwachstums wird auch das Verdunstungsmodul zusammen mit den Partnern stets weiterentwickelt, sodass eine optimale Verdunstungsrate erzielt werden kann. Dafür wurde die Holzkonstruktion im Inneren mit einer schwarzen Plastikfolie ausgekleidet und für die Abdeckung der Röhren ein durchsichtiges Plexiglas verwendet. Durch das Sonnenlicht wird das Modul aufgeheizt und die Temperatur der Verdampfungsflüssigkeit erhöht. Luft von aussen fließt kontinuierlich über die Verdampfungsflächen der Schale und gelangt oben über einen Spalt wieder in die Umgebung. Im KREIS-Haus wollen wir herausfinden, welche Modularten besonders geeignet sind für die Verdunstung unter gleichzeitige Berücksichtigung der hygienischen Wartung und Betrieb.

Erste Erkenntnisse

- Die Urinverdunstung funktioniert und eigener Dünger kann hergestellt werden
- Die Materialien sind extremer Hitze und Säure ausgesetzt, weshalb es wichtig ist, in Zukunft stabilere Materialien für den Einsatz zu wählen
- Je einfacher die Module sind, desto einfacher die Handhabung
- Der Stickstoff bleibt durch die Säurestabilisierung mit Putzessig im Dünger erhalten
- Durch die Verdunstung können die Nährstoffe aufkonzentriert werden
- Die Wachstumsergebnisse des Urindünger sind vergleichbar mit denen der konventionellen Dünger

Weiterführende Fragen

- Welche Materialien sind besonders geeignet für den Einsatz im Verdunstungsmodul?
- Wie verhalten sich pathogene Keime, Hormone und Mikroverunreinigungen im Aufbereitungsprozess?
- Wie ist die soziale Akzeptanz von Urindünger und wie kann diese gesteigert werden?

Und wie ist die gesetzliche Lage?

Fehlende rechtliche Rahmenbedingungen sind derzeit das grösste Problem beim Vertrieb von Dünger aus menschlichen Ausscheidungen. Anforderungen in Form von Gesetzen, Normen oder Standards sind für menschliche Ausgangsprodukte auf europäischer Ebene noch nicht vorhanden. Bisher gibt es lediglich Richtlinien von Recyclingdünger, die aus Ausgangssubstraten pflanzlicher oder tierischer Herkunft hergestellt werden.

Dennoch ist der weltweit erste Dünger aus menschlichem Urin (Aurin von Vuna, <https://vuna.ch/aurin/>) mittlerweile in der Schweiz, Lichtenstein, Österreich, und damit in der ganzen EU zugelassen. In der Schweiz unterstehen Dünger einer Zulassungspflicht, wofür das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) zuständig ist.

Um rechtliche Grundlagen zu erarbeiten und die Hygienestandards festzulegen wird in Deutschland an der allerersten Erarbeitung einer Norm (DIN SPEC 91421), welche die Qualität von Recyclingdüngern aus menschlichen Fäkalien aus Trockentoiletten festlegt, gearbeitet. Die DIN SPEC 91421 hat drei zentrale Aufgaben (i) Unsicherheiten bei der Vermarktung abzubauen, (ii) Diskurs mit der Politik fördern und die (iii) Etablierung von alternativem Dünger. Zeitgleich entwickelt Fianzo eine Pilotanlage zur effizienten und ganzheitlichen Verwertung von Inhalten aus Trockentoiletten zu qualitätsgesicherten Recycling-Düngern und startete im Oktober 2020 ihren Langzeit-Feldversuch.

Die Düngung mit Fäkalien ist in der Schweiz noch nicht klar geregelt – aber nicht verboten. Der eigene Dünger darf also im Schrebergarten verwendet werden, aber nicht verkauft oder grossflächig ausgebracht werden. Mit der Forschung im KREIS-Haus möchten wir dazu beitragen, Grundlagen und Anwendungen zu erarbeiten, sodass der Nährstoffkreislauf in der Schweiz und weltweit zukünftig geschlossen werden kann. Dafür engagiert sich in der Schweiz auch das Netzwerk VaLoo (<https://va-loo.ch>).