

# Stickstoffrecycling mit Kompotoi

Autoren: Jenni Sebastian, Müller Richard, Linwood Paul

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

zhaw Life Sciences und Facility Management  
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

## Systemanalyse

### Ausgangslage

Heutzutage werden in vielen industrialisierten Ländern die menschlichen Fäkalien und Urin in einem Durchflusssystem abgeführt. Die Abwässer eines Haushaltes werden zusammengeführt und nach dem End-of-Pipe Prinzip zentralisiert aufbereitet. In der Praxis generiert dieses System Umweltverschmutzung und Nährstoffverluste bzw. Nährstoffverlagerungen. Es werden Stoffkreisläufe unzulässig weit geöffnet und somit gelangen grössere Stoffmengen in Kompartimente, die nicht dafür ausgelegt sind dafür. Bekannte Beispiele sind die Eutrophierung von Gewässern oder erhöhte Nitrat - Konzentrationen im Trinkwasser.

Es existieren diverse Alternativen auf dem Markt, die zum Ziel haben, die oben beschriebenen Nachteile zu minimieren oder sogar zu eliminieren. Diese Technologien werden unter dem Begriff ECO-SAN (übers.: ökologische Sanitäranlagen) zusammengefasst.

Das Kompotoi ist ein interessantes Konzept zur Umsetzung der ECO-SAN Technologie und soll hier als System beschrieben werden.

### Ziel des Systems

...ist die Schliessung der Nährstoffkreisläufe, insbesondere des Stickstoffkreislaufes auf lokaler bzw. regionaler Ebene.

Teilziele sind die Verhinderung von Stickstoffaustragung in aquatische Systeme durch Auswaschung, die Verminderung von Stickstoffverlusten durch Ausgasung, den Umbau beziehungsweise Einbau von Stickstoff in stabile Formen, sowie deren Rückführung in den Kreislauf.

Dabei sollten möglichst wenig Wasser und keine elektrische sowie fossile Energieträger gebraucht werden müssen.

### Untersuchungsparameter

Stickstoff kommt auf der Erde in diversen Formen und Verbindungen vor. Für den Kreislauf relevante Stoffe sind Nitrat, Nitrit, Luftstickstoff, Ammonium, Ammoniak und organisch gebundener Stickstoff. Wegen seiner klimaschädlichen Wirkung, soll hier noch Lachgas erwähnt werden.

### Systemgrenze

Die Systemgrenze liegt auf lokaler Ebene, wobei die Atmosphäre und das Grundwasser generell ausserhalb der Systemgrenze liegen. Alles was in diese Kompartimente verfrachtet wird, gilt als Verlust.

### Hygienisierung

Die Abtötung von Menschenpathogenen stellt vermutlich die **grösste Herausforderung** dar. Im Kompotoi Prozess kommen 2-3 Schritte zur Anwendung:

**EM-Laktofermentation**  
→ 50% Reduktion von Escherichia coli

**Wurmkompostierung**  
→ mehr als 99% Reduktion von diversen humanpathogenen Bakterien

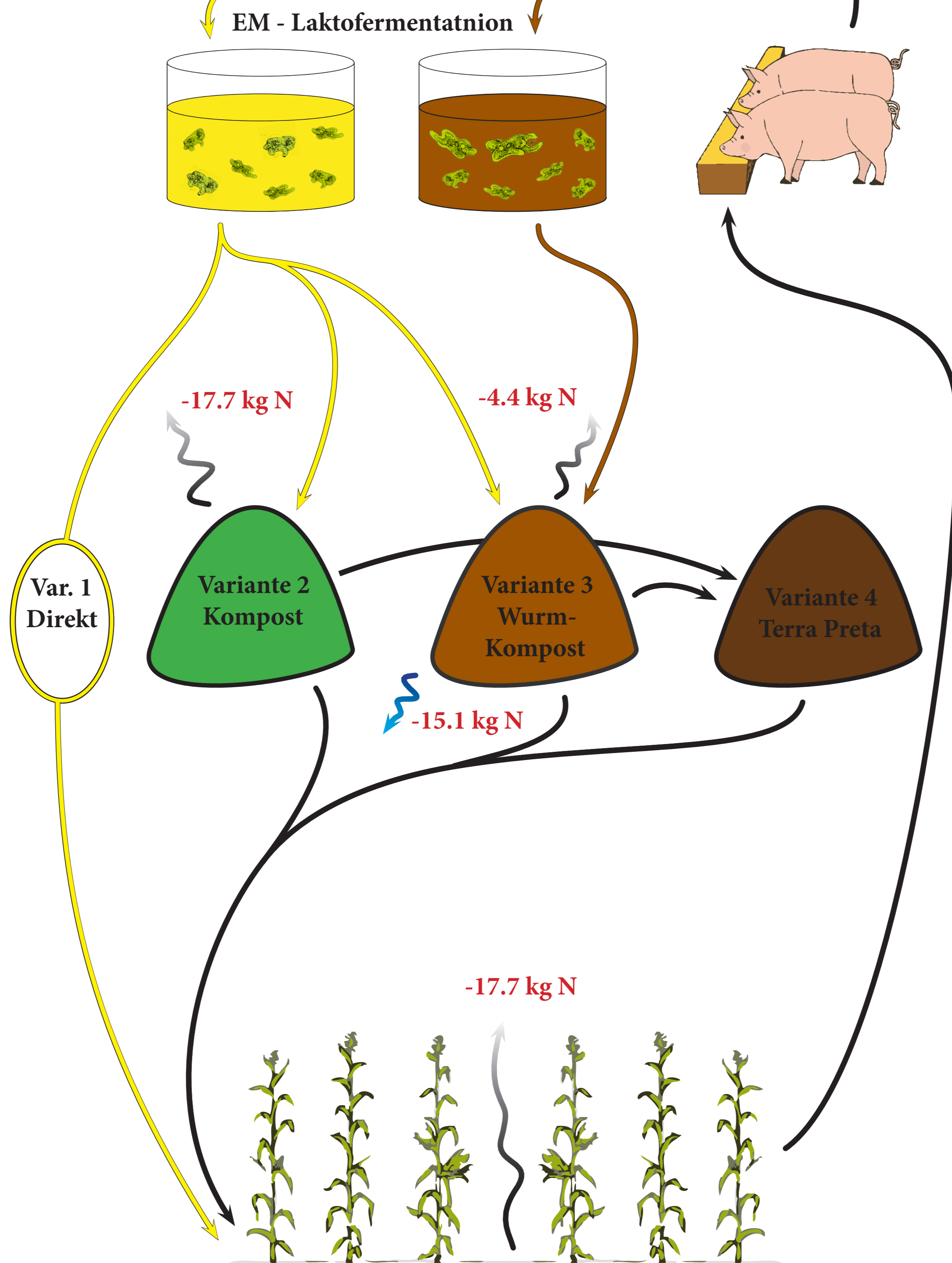
**Einbau in Terra Pretta**  
→ Die Messung weiterer Abbauvorgänge ist situativ unterschiedlich, generell kann gesagt werden, dass jahrelange Umsetzung im Boden, Pathogene zu beinahe 100% eliminiert

Viren und Wurmeier können noch nicht genug zuverlässig abgebaut werden, selbst bei vorgeschaltener Hitzekompostierung überleben immer gewisse Parasiten.

Zukunftstechnologien, bei denen mit hohen Temperaturen oder Ozon gearbeitet wird, funktionieren zwar, sind aber noch viel zu energieaufwendig.

### Stickstoffverwertung /Jahr:

Input	664.2 kg
Verluste	-54.9 kg
Output	609.3 kg
Wirkungsgrad	ca. 92 %



### Schlussfolgerung

Die Menge an Stickstoff, die gegenüber einem konventionellen Sanitärmodell, in einem lokalen Kreislauf gesichert werden konnte, verdeutlicht das enorme Potenzial von Komposttoiletten. Die Verluste von etwa 8 Prozent lassen Platz für Optimierungspotenzial, im Vergleich zur heutigen Situation mit annähernd 100% Verlust, kann das System aber als sehr gut funktionierend bewertet werden.

Aufgeschlüsselt nach Ausgangsmaterialien beinhaltet der Urin eine knapp hundertfache höhere Stickstoffmenge, bei zehnfach höherer Stoffkonzentration. Reduziert auf den einzelnen Nährstoff Stickstoff, ist eine Verwertung von Fäzes somit wenig wirtschaftlich.

Der Trennung von Urin und Fäzes kommt damit eine grosse Bedeutung zu, auch mit Blick auf die Hygienemassnahmen, die bei Urin massiv weniger aufwendig sind.

Um den Nährstoffaustrag durch die heutigen sanitären Einrichtungen effektiv zu verhindern, ist das Kompotoi als Gesamtkonzept zu klein dimensioniert. Es bedarf politischen und grossgewerblichen Institutionen um die Kapazitäten überregional sicherzustellen, unter gleichzeitiger Beibehaltung des lokalen Umfangs der Verwertung. Parallel dazu sind die Enttabuisierung des Themas Fäkalien und die Bereitschaft zur Wiederverwertung derer in der Bevölkerung, Basis für einen funktionierenden Nährstoffkreislauf.

## Systemkomponenten

### Das Kompotoi

Das Konzept von Kompotoi basiert auf der Vermietung von Toiletten und Pissiors für Kurzzeitnutzung (z.B. Open air) und Langzeitnutzung (z.B. auf dem Campus Grüental beim Kollektiven Gärtnern letzten Sommer)

Nach der Vermietung werden die gesammelten Stoffe verwertet und veredelt. Kompotoi verfolgt drei Strategien:

- Ausbringung von Urin direkt als Dünger
- Kompostherstellung durch Wurmkompostierung
- Herstellung von TerraPretta

Momentan werden die Produkte nicht für die direkte Nahrungsmittelproduktion verwendet.

Zum einen reicht die Datenlage nicht aus um sämtliche Hygienebedenken, vor allem in Bezug auf die Fäzes, auszuräumen. Zum anderen ist eine möglichst lange Verstoffwechslungskette der Nährstoffe, in Anlehnung an Prinzipien der Permakultur, wünschenswert.

### EM Laktofermentation

Bei einer Fermentation zersetzen anaerobe Bakterien das Ausgangsmaterial. Folgende Veränderungen werden damit erreicht:

- Hygienisierung
- Nitrifikation
- pH-Absenkung

Bekannte Beispiele sind die Herstellung von Sauerkraut oder Käse.

Bei der EM Laktofermentation kommen bestimmte Bakterienstämme (EM= effektive Mikroorganismen) zum Einsatz, die überall auch natürlich vorkommen, doch in richtiger Zusammensetzung und Konzentration, den Prozess entscheidend initialisieren und beschleunigen können.

### Terra Pretta

Die Terra Pretta, auch Schwarzerde genannt, ist ein anthropogen erschaffener Boden im Amazonasgebiet. Die damals lebenden Menschen haben Menschen- und Hühnerkot, sowie beträchtliche Mengen Bio- kohle in die Erde gearbeitet und damit einer der **fruchtbarsten und bekanntesten Böden** geschaffen. Die positiven Effekte von Kohle auf Wasserhaushalt, pH-Stabilisierung und Nährstoffrückhalt sind so stark, dass in den letzten Jahren weltweit intensiv daran geforscht wird.

Die Herstellung von Terra Pretta bietet nicht nur Lösungen für Bodenfruchtbarkeit und Schutz vor Auswaschung, durch die **Bindung von CO2** in der Kohle sind auch klimatechnische Vorteile erkennbar.

### Wurmkompostierung

Die Wurmkompostierung, oder auch Vermikul- tur, nutzt gezielt bestimmte Arten von Kompost- würmern für die Umsetzung.

Der Kompost enthält nicht nur fermentierte Fäzes, sondern wird auch durch Kohlenstoffhaltige Stoffe ergänzt um das C/N Verhältnis für die Würmer ideal zu halten und den sauren pH-Wert der Fermente abzumildern. Vorteile gegenüber einer konventionellen Kompostierung sind unter anderem die schnellere Umsetzungsrate, die Bildung von stabilen Huminstoffkomplexen und eine signifikant höhere Hygienisierungsrate.

Quellen:

Factura, H., et al. (2010). Terra Pretta Sanitation: re-discovered from an ancient Amazonian civilisation - integrating sanitation, bio-waste management and agriculture. Hamburg: TUUH.  
Krause, A. & Jacobsen, S. (2011). Aspekte der Hygienisierung. 2011: Technische Universität Berlin.  
Simons, J. (2008). Eignung nährstoffreicher Substrate aus zentraler & dezentraler Abwasserbehandlung als Düngemittel. Bonn: Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.  
Windberg, C., Yemaneh, A., & Otterphl, R. (2013). Terra Pretta Sanitation, A new tool for sustainable sanitation in urban areas? Kenya: TUHH Hamburg.