

Kompostqualität der BST (der Biostreutoilette)



Die Qualität des BST Komposts

Von Joseph Országh und André Leguerrier
(Übersetzung ins Deutsche von Françoise Villard)

Eine erstaunliche Behauptung

Unter den von Förderern der Trockentrenntoiletten angeführten Argumenten zur Begründung dieser Wahl wird hin und wieder eine [japanische Studie](#)¹ genannt, die behauptet, dass im Zuge einer Mischkompostierung Urin/Fäkalien (wie dies bei der Kompostierung der Ausscheidungen aus einer Biostreu-Toilette (BST) geschieht), der Stickstoff, der ursprünglich in den menschlichen Ausscheidungen vorhanden war, gänzlich verloren ginge. Im Gegenzug würden bei einer Trennung, ab der Quelle, der Fäkalien und des Urins nur 65% des Stickstoffs aus den kompostierten Fäkalien verloren gehen. Mit anderen Worten legt dieser Artikel nahe, dass die (zu landwirtschaftlichen Zwecken) aus der von einem Trockentrenntoilettenkompost zurückgewonnenen Stickstoffmenge höher im Vergleich zur BST-Menge sei, und sogar, dass der aus einer BST stammende Kompost von unzureichender Qualität bezüglich der Düngeeigenschaften sei.

Trotz der Tatsache, dass Tausende von Haushalten den aus der [BST](#)² (oder von seinem amerikanischen Pendant, der « [Humanure Toilet](#) »³) stammenden Kompost in ihren Gärten verwenden, erlauben diese qualitativen Beobachtungen keine Entscheidung quantitativer Art über die Frage der landwirtschaftlichen Qualität des Komposts, welcher aus der einen oder der anderen Trockentoilette stammt. Die von den Trockentrenntoiletten-Anhängern durchgeführte experimentelle Methode ist auf den Erhalt oder Verlust der während der Kompostierung in den Ausscheidungen enthaltenen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor) ausgerichtet. Dies ist eine Sicht des Problems, wir werden jedoch aufzeigen, dass, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, diese den Modus Operandi und die Wandlungen, welche bei den zwei Toilettenarten stattfinden, treu widerspiegeln müssen. Außerdem, zusätzlich zu der Nährstoff-Verbuchung, müssen, der Vollständigkeit halber, weitere Kriterien ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkprinzipien kann man behaupten, dass in der vorgenannten Studie weder ein objektiver Vergleich Trenntoilette-BST noch ein Werturteil-Ausspruch zulässig sind.

-
- ¹ HOTTA, S. & FUNAMIZU, N. (2006). [Nitrogen recovery from feces and urine in urine diverting composting toilet system](#) (oder Rückgewinnung des aus Trenntoiletten stammenden Urin- und Fäkalienstickstoffs). Vorgestellt während der 2. internationalen Trockentoiletten-Konferenz, 16.-19. August 2006, Tampere, Finnland. Department of Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Kita-13, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo, Japan, 10 Seiten. Link: https://www.researchgate.net/publication/260404553_Nitrogen_recovery_from_feces_and_urine_in_urine_diverting_composting_toilet_system .
Von « Pierre l'écoleau » (Pierre Guillaume) bekannt gegebener Artikel der Webseite [éc'eau-logis](#) (Link: <http://www.ec-eau-logis.info/>).
- ² Link: <http://www.youtube.com/watch?v=2V27R2GVXPk> auf Französisch, oder <http://www.youtube.com/watch?v=zUTaiFltH58> auf Englisch.
- ³ JENKINS, J (2005). [The Humanure Handbook : A Guide to Composting Human Manure](#) (oder *Das Menschenmist-Handbuch: Kompostier-Ratgeber zum menschlichen Mist*). Link: <http://humanurehandbook.com/contents.html> .



Eine durch fragwürdige Methoden durchgeführte Studie

Wir möchten die Tatsache betonen, dass die japanische Studie angesichts der angewandten Methode, keineswegs einen Beweis für den ökologischen Nutzen der Trockentrenntoiletten darstellt, noch die positiven Auswirkungen der BST in Frage stellt.

Trotz schwacher Übersetzung (mutmaßlich vom Japanischen ins Englische) scheint die Dokumentstruktur nicht die Qualität in Bezug auf die Wissenschaft und die Gründlichkeit aufzuweisen, um eindeutige Beweise liefern zu können. Außerdem wurde die Methode der durchgeführten Versuche unvollständig dokumentiert.

Die Studie beschränkt sich auf eine Bewertung der Stickstoffmenge, welche, auf der Grundlage einer Trockentrenntoilette aus den kompostierten Fäkalien sowie des gelagerten Urins, zurückgewonnen werden kann, ohne sich um die zum Zweck, sprich, die landwirtschaftliche Nutzung, führenden Prozesse zu kümmern. Folglich scheint sich diese unvollständige Analyse für die Trockentrenntoilette stark zu machen.

Vor diesem Hintergrund sollten wir die angewandte, experimentelle Methodik untersuchen.

Schauen wir uns zunächst die « Kompostierung » der Fäkalien an

Die Fäkalien werden 6 Monate lang in einem geschlossenen, nicht luftdichten, "Bioreaktor" genannten, Behälter gelagert. Nach dem 6. Monat fügt man aufgetautes Sägemehl (vorab aufgetautes Sägemehl, damit die Homogenität der Streuqualität von einem Test zum anderen gewährt werden kann!) und destilliertes Wasser hinzu, um das Ganze zu 60% zu benetzen. « Kompostierung » wird hier der Akt des Mischens und des Reifenlassens über einen unbestimmten Zeitraum (der aber wahrscheinlich 6 Monate beträgt) genannt, das Ganze in einem geschlossenen Behälter, woraus man die Ammoniak-Verdampfung gewinnt und misst. Nach einem Jahr wurde ein Verlust des Stickstoffgehalts um 65% im « kompostierten » Stuhl gemessen.

Gefrorenes Sägemehl? Destilliertes Wasser? Geschlossener Behälter? Wo ist hier der Zusammenhang mit der echten Kompostierung, die « hautnah » an der Erde stattfindet, in Anwesenheit einer notwendigen bakteriellen Bodenfauna (oder Pedofauna)!? Ohne dabei zu vergessen, dass man bei der Nutzung einer BST keine 6 Monate wartet, bevor man den Streu hinzufügt und die Kompostierung in Gang setzt. (Hier kann wieder die Absicht festgestellt werden, die Entleerungsintervalle der Trockentoilette zu vergrößern.) Das Kernproblem befindet sich gerade in der Analyse über das, was zwischen der Ausscheidungsproduktion und der Streubeifügung passiert. Leider wurde diese Analyse in der Studie vernachlässigt.

Diese Methodik weist einige Ähnlichkeiten mit den bei einer Trockentrenntoiletten-Nutzung einhergehenden Prozessen auf. Gleichzeitig ist der Vorgang bei einer BST völlig abweichend. Die Ausscheidungen sind gleich nach Ihrer « Abgabe » in Kontakt mit einem zellstoffhaltigen Streu. Der so erhaltene menschliche Mist wird sofort kompostiert. Die Kompostierung findet an der frischen Luft statt, also unter aeroben Bedingungen, und in engem Kontakt zum Boden.

Zweck der Übung hätte sein können, die Umweltauswirkungen der beiden Verfahren zu vergleichen. Aber hierfür hätten beide Verfahren befolgt werden sollen, was offensichtlich nicht in besagter Studie erfolgt ist.

Tatsächlich, sobald die Fäkalien ausgeschieden werden, und mangels zellstoffhaltigem Material, setzen die komplexen Rückbauersetzungsprozesse ein, begleitet von der für die Stickstoffverluste durch Ammoniakverdunstung verantwortlichen Mineralisierung. Dieser Prozess findet vor allem in einem geschlossenen Behälter statt, auch wenn dieser belüftet wird. In dieser Phase, also im « Bioreaktor », werden proteinhaltige Molekularstrukturen – welche tatsächlich für die Humusbildung notwendig sind – zerstört. Dieses Phänomen ist unumkehrbar. Die Zugabe von Streu, auch wenn dieses « 'aufgetaut » wurde, erfolgt in der Tat zu spät, nach der Zerstörung der Proteinstrukturen, die mit den zellstoffhaltigen Polymeren des Streus reagieren sollen. Es kann, infolge einer Reaktion des Ammoniak-Stickstoffes mit den Kohlenhydraten des Zellstoffs, zu einem leichten « Nachholeffekt » kommen. Dieser ersetzt leider nicht mehr die Assoziation der Aminfunktionen ($-NH_2$) der Aminosäuren der Fäkalien mit den Zellstoffketten, um als Schnittstelle zwischen zwei Makromolekülen zu agieren: den proteinhaltigen und den zellstoffhaltigen Makromolekülen. So verpasst man die Vernetzung dieser Polymere im Raum ⁴, um Huminsäuren herzustellen. Es handelt sich jedoch um den ersten Schritt der Humusbildung zur Bodenstabilisierung. Dieser Prozess kann nicht stattfinden, weder im Bioreaktor (mangels Zellstoff), noch während der Kompostierung (mangels der bereits im Bioreaktor kompostierten Proteine).

Daher ist es unmöglich, stichhaltig die Reifung in einem Behälter, gefolgt von einer Kompostierung im Behälter, mit einer direkten Kompostierung auf dem Boden der frisch mit Streu vermischten Ausscheidungen zu vergleichen.

Kommen wir nun zur Urinlagerung

In dem japanischen Test wird das Urin 35 Tage gelagert und dabei der Transformationsgrad des Ammoniaks während des gesamten Prozesses gemessen. Man kann dabei feststellen, dass der Transformationsprozess in Ammoniak in einem vollkommen hermetisch verschlossenen (also in einem strikt anaerobem Milieu) Behälter befindet, nach 28 Tagen beendet ist. Es werden dann die Restbestände an mineralisiertem Stickstoff in wässriger Lösung gemessen: Keine Rede vom Streu, von der Kompostierung, auch keine Erklärung über die Wiederverwendung des Urins zu landwirtschaftlichen Zwecken ohne Umweltverschmutzung. Es wird allein die theoretische Menge an vorhandenem Stickstoff erwähnt, ohne von der Stickstoffform und der Durchführbarkeit des

⁴ Der Zellstoff ist ein natürliches Polymer mit linearen Molekülketten (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Cellulose>), welche jedoch flexibel sind. Ihre Struktur ähnelt einem gemischten Fädenbündel, ohne dass zu viele Knoten entstehen. Die "Fäden" verlaufen mehr oder weniger parallel zueinander, wie ein Strang. Dies verleiht dem Holz und den holzigen Pflanzen (aber auch dem Papier) diese faserige Struktur. Die großen, in den Fäkalien enthaltenen Proteinmoleküle, mit Aminofunktionen (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Peptidbindung>) $H_2N-CHR-COOH$ (die sich ebenfalls dank der Peptidbindungen $-CO-NH-$ polymerisieren) sind kleiner als die zellstoffhaltigen Polymere. Aber es sind die Aminfunktionen $-NH_2$ der Aminosäuren, die sich mit den Kohlenstoff-Polymere assoziieren. Tatsächlich schmuggeln, schleichen sich die Stickstoffmoleküle (Aminosäuren) in diese faserige Struktur des Zellstoffs ein, um sich an die Fasern zu hängen und sie zu verbinden. Dabei binden sich die zellstoffhaltigen "Fäden" seitlich mit den Proteinmolekülen. Die lineare Faserstruktur verwandelt sich in ein räumliches Ganzes, welches einem Netzwerk ähnelt, das in jede Richtung, aber im Raum, verzerrt ist. Die zweidimensionale lineare Struktur verwandelt sich in eine dreidimensionale Raumstruktur im Raum, und dies sind bereits die Huminsäuren. Dank der durch aerobe Bakterien abgesonderten Enzyme entsteht die Bindung Zellstoff–Aminosäure. Aus chemischer Sicht entsteht die neue Bindung zwischen den Aminfunktionen NH_2 der Proteine und den OH-Funktionen des Zellstoffes dank einer Art Kondensierungsreaktion, durch Beseitigung eines Wassermoleküls, um die Bindung der Assoziation zwischen den beiden Funktionen zu bilden. Dieser Prozess kann also wie folgt dargestellt werden: $[Zellulose]-OH + H_2N-[Aminosäure] \rightarrow [Zellulose]-O-NH-[Aminosäure]$. Die so gebildete Gesamtheit sind bereits die Huminsäuren. Man kann feststellen, dass sich das Ammoniak NH_3 , welches sich zwangsläufig während der Proteinerzersetzung bildet, gut mit der Zellstoffmoleküle assoziiert, aber dass es keine Raumstruktur entstehen lässt, wie es die Huminsäuren tun. Die Kompostierung durch Pflanzen aus den Biomethan-Gärresten oder durch die aus den Trockentrenntoiletten stammenden Fäkalien lässt also keine für eine stabilisierte Humusproduktion benötigten Huminsäuren entstehen.



Ganzen zu sprechen. Es wird also behauptet, dass 100% des ursprünglich im Urin enthaltenen Stickstoffes verfügbar bleibt, ohne zu erwähnen, dass ein Drittel des Urins bereits in Ammoniak mineralisiert wurde, als Konsequenz für die hermetische Lagerung in anaerobem Milieu. Das Ergebnis ist demnach eine fortgeschrittene Mineralisierung des organischen Stickstoffs.

Eine wichtige Tatsache bezüglich des Urins darf hier nicht unerwähnt bleiben: Im Urin befinden sich drei Viertel des Stickstoffes aus den Ausscheidungen. Während der Lagerung wird ein stets im Urin vorhandenes Enzym, die Urease, aktiviert, um die Carbamide, auch Harnstoff/Urea, genannt, deren einfachster Repräsentant die Moleküle $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ist, zu hydrolysieren und um zwei Ammoniakmoleküle NH_3 und eine Kohlendioxidmoleküle CO_2 ⁵ zu bilden. Die Unterbrechung der enzymatischen Hydrolyse ist natürlich in einem verschlossenen Behälter vorhersehbar, da die gebildeten Erzeugnisse, das NH_3 und CO_2 , statt den Behälter als Gas zu verlassen, in einer Lösung verbleiben. Die Reaktion wird also gestoppt. Am Ende der Lagerung hat sich fast der ganze Stickstoff in Ammonium-Ione NH_4^+ aufgelöst. Sobald der Behälter geöffnet wird – zu diesem Zeitpunkt ist ein Teil des Stickstoffs oxydiert - bildet sich eine mehr oder minder konzentrierte NH_4NO_3 Ammoniumnitrat-Lösung. Letzteres ist ein chemischer Dünger, welcher häufig in der so genannten « modernen » Landwirtschaft Anwendung findet. Es ist also möglich, den Stickstoff zu erfassen: Es gibt tatsächlich wenig bis gar keine Verluste. Das Problem ist, dass sich dieser Stickstoff in Form eines chemischen Düngers befindet. Er erhöht die Anbauerträge zum Nachteil der Humusbestände des Bodens.

Während der Urin- und Fäkalienlagerung beobachtet man also einen Rückbau der organischen Stoffe, welcher von einer signifikanten Entropieerhöhung begleitet wird. Wohingegen während der Kompostierung einer Mischung aus Ausscheidungen und BST-Zellstoff die Assoziation der Aminofunktionen mit dem Zellstoff die Entropie (den Grad an Unordnung) des Systems in spektakulärer Weise verringert. Statt eine Reihe von Zersetzungsreaktionen zu beobachten, wohnt man einer Synthese, jener der humushaltigen Makromoleküle, bei. Dieser äußerst wichtige thermodynamische Aspekt wird in der chemischen Landwirtschaft ¹² nicht in Betracht gezogen. Dies ist eine Quelle von Beurteilungsfehlern.

Das Ammoniumnitrat ist ein starkes Elektrolyt, welches die Ionenstärke des Porenwassers im Boden erhöht. Diese Tatsache beschleunigt die natürliche Zersetzung des schon vorhandenen Humus (wenn es ihn noch gibt!). Die Beschleunigung ist eindrucksvoll, da es sich um eine elektrochemische Reaktion handelt, die Ionen (Nitrate, Kalium, Nitrite) generiert. Die Schnelligkeit einer solchen Reaktion erhöht sich exponentiell mit der Erhöhung der Ionenstärke (Ionenkonzentration) des Porenwassers. Dieses Phänomen ist gut hinsichtlich der spektakulären Abnahme des Humusgehalts der Ackerflächen sichtbar, welche mit Kunstdüngern, allesamt starke Elektrolyte, bestellt wurden. Nicht weniger wahr ist die Tatsache, dass diese Freisetzung der anorganischen Nährstoffe auch die

⁵ Während der Urin- und Fäkalienlagerung werden die [Harnstoff](https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff) (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff>) durch ein Enzym, [die Urease](https://de.wikipedia.org/wiki/Urease), hydrolysiert (Link: <https://de.wikipedia.org/wiki/Urease>). Zusätzlich zum Ammoniak NH_3 und Kohlendioxid entstehen auch sekundäre Amine $\text{R}_1\text{-NH-R}_2$, welche sich eventuell mit dem Zellstoff verbinden können, ohne jedoch zwei Zellstoff-Moleküle verbinden zu können. Diese im Fall des Urins völlig nebensächliche Reaktion ist es, von der sich die Befürworter der Trockentrenntoiletten und der Biogasproduktion täuschen lassen, wenn sie behaupten, dass die Kompostierung durch Pflanzen der gelagerten Fäkalien und die Biomethan-Gärreste « Humus produzieren würde ». Es entsteht tatsächlich Humus mit einer faserigen Struktur, welcher an den Bodenpartikeln jedoch nur temporär haften bleibt. Außerdem ist dieser Humus, welcher gerade aufgrund der fehlenden räumlichen Struktur durch klassische Bodenanalysen « zu Tage gefördert wurde », schlichtweg nicht in der Lage das Wasser und sogar die Pflanzennährstoffe zu speichern. Er zersetzt sich sehr schnell in Wasser und Kohlendioxid und gibt dabei Nitrat-Ionen frei, welche ganz klar die landwirtschaftlichen Erträge erhöhen. Die Untersuchung dieser Erträge blendet das wahre Problem aus: Die Bodenverarmung, was die humushaltigen organischen Stoffe anbetrifft. Dieser « falsche Humus » verhindert demnach keineswegs die Erosion und erhöht nicht die Wasserspeicherkapazität des Bodens und der Nährstoffe.

Landwirtschaftserträge erhöht. Die Nutzung der Trockentrenntoiletten lässt uns geradewegs der Logik der chemischen Landwirtschaft folgen: Maximaler Ertrag durch anorganische Nährstoffe.

Die Schlussfolgerungen der japanischen Studie

Die Ergebnisse dieser Versuche (darunter die Stickstoffkonservierung als anorganischer Nährstoff) führen den Autor der Studie dazu, die mit der Trockentrenntoilette erzielten Ergebnisse mit den Ergebnissen zu vergleichen, welche mit einer « klassischen » Trockentoilette (wie die BST) erzielt wurden: In diesem Sinne werden die Ergebnisse aus einer früheren Studie des gleichen Autors zitiert, in der ähnliche Versuche (mutmaßlich mit der gleichen erstaunlichen Technik) durchgeführt wurden, aber dieses Mal ohne Urinentrennung. In dieser früheren Studie wird behauptet, dass sich 80% des ursprünglich in den kombinierten Ausscheidungen enthaltenen Stickstoffs innerhalb von 28 Tagen verflüchtigt hätte und man erlaubt sich durch reine Extrapolation zu behaupten, dass nach einem Jahr nur noch 0 bis 3% Stickstoff im Ausscheidungs-« Kompost » verbleibt!

Indem die gleiche Vorgehensweise wie zuvor gewählt wurde, jedoch für die gesamten Ausscheidungen (Fäkalien + Urin), kommt man natürlich zu einem riesigen Stickstoffverlust. Die "Verflüchtigung" des Stickstoffs bestätigt, dass die Lagerung der Ausscheidung in einem nicht hermetisch geschlossenen Behälter stattgefunden hat. Indem man den Behälter verschlossen hätte, wäre es möglich gewesen, den gesamten Stickstoff, wie in dem weiter oben beschriebenen Versuch mit Urin, beibehalten zu können. Indem man das Ammoniak hat verdunsten lassen, sind die Verluste natürlich enorm. Um vergleichbar zu sein, hätten die Ausscheidungen direkt während ihrer Entstehung mit der richtigen Menge an zellstoffhaltigem Streu vermengt und auf dem Boden angehäuft oder auf der Oberfläche verteilt ⁶ werden müssen. Unter diesen Bedingungen ist die Ammoniakentwicklung völlig belanglos (auch gibt es überhaupt keine Gerüche) und der Stickstoffverlust, zusammen mit der Ammoniakverflüchtigung, ist nicht anwendbar.

Indem eine Mischung aus Fäkalien und Urin in einem Behälter aufbereitet (eigentlich mineralisiert) wird, wurde bewusst der Vergleich mit der BST verfälscht. In einer solchen Toilette kommen die Ausscheidungen (Urin und Fäkalien) direkt in Kontakt mit dem zellstoffhaltigen Streu. Und, indem die Abfälle auf einen Komposthaufen oder auf die Bodenoberfläche (unter aeroben Bedingungen) geschüttet werden, beginnt eine Synthese statt einer Zersetzung ⁷. Der Protein-Stickstoff und jener in Form von Aminen gelangen in makromolekuläre Strukturen und bleiben organisch und vor allem, nicht auswaschbar. Der in der japanischen Studie angekündigte « Verlust » liegt aufgrund einer falschen Vorgehensweise vor, welche nichts mit einer BST zu tun hat.

Aber das Hauptproblem liegt darin, dass die Bewertung der Stickstoffverluste nur ein völlig belangloser Aspekt der realen ökologischen Auswirkungen der beiden Toiletten ist. Der Wert eines landwirtschaftlichen Bodenverbessers befindet sich in der Bildung von humushaltigen Strukturen, welche aus Stickstoff und Phosphor in organischer Form, also nicht auswaschbar (nicht ionisch), bestehen. Es nützt nichts, den Stickstoff in einem geschlossenen Behälter zu lagern und ihn in Ammoniak- und Nitritform, ja sogar in nitroser Form NO₂ (welcher sich unter anaeroben Bedingungen bildet und sehr toxisch ist). Die Kompostierung einer Mischung aus Streu und Ammoniaklösung bildet natürlich ein wenig Humus ⁴, aber viel weniger und von minderer Qualität als Humus, welcher während der Kompostierung der Abfälle aus einer richtigen BST entsteht.

⁶ Link: <http://www.eautarcie.org/en/05f.html#c> .

⁷ Diese Zersetzung wird dank der Assoziation der Aminofunktionen mit dem Zellstoff gehemmt.



Unter Berücksichtigung dieser Erklärungen, machen die mangelhafte Methodik, die ohne Bezug auf die Realitäten vor Ort ist, und die unvollständigen Schlussfolgerungen aus dieser Studie einen wenig glaubhaften Versuch.

Eine Bewertungsmethode des regenerativen Wertes eines Kompostes?

Ein Vergleich kann wohl zwischen den zwei Toiletten-Arten erfolgen, jedoch indem eine andere Vorgehensweise gewählt wird.

Was verglichen werden sollte ist der Kompost, welcher nach der Beimengung von Streu zu dem gelagerten Urin und den Fäkalien unter anaeroben Bedingungen entstanden ist, mit jenem, der sich durch Bodenkompostierung der Abfälle einer BST gebildet hat. Neben der Dosierung der Nährwerte (die Summe des Stickstoffs in organischer und anorganischer Form), muss der Anteil an ionischem (anorganischem) Stickstoff, welcher in dem einen und dem anderen Kompost enthalten ist, ebenfalls ermittelt werden. In einem Versuch würde es darum gehen, eine bestimmte Probemenge an getrocknetem Kompost zu wiegen und diese in einen Becher zu geben, der eine Menge an destilliertem Wasser enthält. Nach Rühren (durch einen Magnetrührer) über einen bestimmten Zeitraum und bei einer kontrollierten Temperatur, wird diese Mischung gefiltert. Es wird die elektrische Leitfähigkeit der erhaltenen Flüssigkeit gemessen sowie der Gehalt an Ionen NO_3^- und NH_4^+ in der Lösung. Man ermittelt somit die Menge an auswaschbarem Stickstoff.

Man könnte ebenso versuchen, eine Analyseverfahren auszuarbeiten, um den wirklichen Regenerierungswert des durch Kompostierung erhaltenen Humus zu ermitteln und beziffern. Der Polymerisierungsgrad der entstandenen Huminsäuren scheint eine objektive Maßnahme zu sein. Je mehr dieser Grad hoch ist, umso mehr wird dieser Kompost, nach Adsorption auf einem mineralischen Träger, Wasser und Nährstoffe lagern, sowie eine lebende Fauna im Boden beherbergen können⁸. Die Säurefunktionen R-COO- werden durch die Erhöhung des Polymerisierungsgrades «schwächer». Anders ausgedrückt wird die Säurekonstante K_a immer schwächer. Es wäre also einen Versuch wert, den relativen Wert dieser Konstante zu beziffern, um einen Vergleichsmaßstab zwischen verschiedenen Kompostproben zu schaffen.

Vor der Messung der erkennbaren Säurekonstante der Huminsäure, sollten die freien mineralischen Ione der Probe, z.B. durch Entnahme aus dem destillierten Wasser, entfernt werden. Danach die gereiften Rückstände ins Wasser geben, um die Funktionen der organischen Säuren zu aktivieren. Die erhaltene Flüssigkeit dient, nach Reifung und Filterung, der Vorbereitung durch Verdünnung einer Reihe von Proben mit einer abnehmenden Konzentration an Elektrolyt. Die elektrische Leitfähigkeit k (wie in «kappa») wird je nach Verdünnungsgrad gemessen. Die Konzentration "C" der Lösungen auf willkürliche Art ausdrücken, indem der Wert "1" der unverdünnten, anfänglichen Flüssigkeit zugewiesen wird. Dann, k/C graphisch darstellen, gemäß $1/k$. Die erhaltene Neigung der Kurve ist repräsentativ für den Polymerisierungsgrad der vorhandenen Huminsäuren. Hier wird eine erkennbare Säurekonstante K_a einer schwachen Säure, der durch Kompostierung gewonnenen Huminsäure, gemessen⁹. Je kleiner diese Konstante (willkürlicher Wert), desto höher der

⁸ Gerade die räumliche Struktur der Huminsäuren, wovon in der **Anmerkung 4** die Rede ist, gilt es hier zu messen. Durch die Erhöhung des Polymerisierungsgrades verlieren die vorhandenen -COOH-Funktionen an Säure. Die gemessene Säurekonstante K_a verringert sich durch die Erhöhung der Molekülmasse.

⁹ Man zeichnet die Tangente zu der bei einer willkürlichen, durch ein festgesetztes Abkommen, erhaltenen Kurve. Da die sich bei dieser Tangente am Ursprung befindliche Ordinatenaxe "a" ist, und die Neigung "b", berechnet man die Säurekonstante durch das Verhältnis $K_a = a^2/b$. In der Darstellung der erhaltenen Ergebnisse wird nicht der numerische Wert K_a in die Ergebnistabelle eingetragen, sondern der Wert $\text{p}K_a = -\log K_a$. Je höher der numerische Wert $\text{p}K_a$, desto

Polymerisierungsgrad ¹⁰. Es wird dann ein Vergleich zwischen den vorhandenen, gemessenen, Konstanten pK_a in den zwei Kompostarten durchgeführt.

Diese elektrochemische Methode, ein Klassiker um die Säurekonstante von sehr schwachen Säuren zu messen, wurde nie für die Huminsäuren angewandt. Im Gegensatz zu dem, was mit den Säuren im Reinzustand geschieht, im Falle einer Vermischung von ähnlichen Säuren, deren Molekülmasse jedoch eine gewisse Vielfalt aufweist – und dies ist der Fall bei den Huminsäuren eines Komposts – kann die Graphik k/C gemäß $1/k$ unter Umständen nichtlinearer Art sein. Die Kurvenneigung muss also zum Beispiel in einer durch ein Abkommen festgesetzten Verdünnung gemessen werden. Der so ermittelte Wert der Säurekonstante wird nur ein relativer Wert sein, welcher jedoch gültig ist, um Vergleiche zwischen verschiedenen Kompostproben durchzuführen.

Eine Dosierung des organischen Materials in beiden Kompostarten ist ebenfalls von Nöten. Eine vollständige Stickstoff- und Phosphorbilanz muss ebenfalls gezogen werden. Der Ausgangspunkt und der Bezugspunkt ist [die Menge an Stickstoff und Phosphor, welche sich in den Ausscheidungen befindet](#) ¹¹, welche 100% darstellen. Dann muss ihre Aufteilung, zum Beispiel, in ionischem Stickstoff, organischem Stickstoff (nicht auswaschbar) und Verluste, ermittelt werden.

Fazit

Jenseits der vorgenannten Schwächen der Studie, sind dessen Analysen vom Grundkonzept der chemischen Landwirtschaft inspiriert: Das Fruchtbarkeits- und Qualitätskonzept eines Bodens lediglich auf die sich dort befindlichen Nährstoffe (N-P-K) zu beschränken. Die pedologischen, thermodynamischen und elektrochemischen Aspekte werden schlichtweg ignoriert ¹². Was die angewandte experimentelle Methodik angeht, so nimmt sie keine Rücksicht auf die Unterschiede in den Behandlungen (anaerob vs. aerob) der Toilettenabfälle im Zeitraum zwischen ihrer Entstehung und ihrer Verwendung in der Landwirtschaft.

In Wirklichkeit sind die Nährstoffmassen weit weniger relevant als ihr in den proteinhaltigen Molekularstrukturen, die in den menschlichen und tierischen Ausscheidungen vorhanden sind, besetzter Platz. Es sind gerade diese Strukturen, die durch die Klärung zerstört werden, während der anaeroben Lagerung der Ausscheidungen sowie auch während der Methanisierung der organischen Abfälle, geschweige denn während der [sinnlosen Biomassenverbrennung](#) ¹³, nur um eine sogenannte « grüne » Energie herzustellen. [Das 3. Grundprinzip](#) ¹⁴ der umweltgerechten Abwasserklärung zeigt gerade diese Idee auf.

besser die Wasserlagerungskapazität der Nährstoffe des erhaltenen Komposts.

¹⁰ Tatsächlich, je geringer der Wert K_a , umso höher der Wert pK_a .

¹¹ Link: <http://www.eautarcie.org/de/05e.html>.

¹² Siehe hierzu den Artikel « [Die Zukunft der Trenntoilette versus der BST](#) » (Link: <http://www.eautarcie.org/doc/article-toilettes-separation-vs-tlb-fr.pdf> auf Französisch).

¹³ Link: <http://www.eautarcie.org/de/07a.html>.

¹⁴ Link: <http://www.eautarcie.org/de/02c.html#principes>.



Es gibt keinen Grund, die Legitimität der BST in Frage zu stellen. Es muss jedoch noch einiges Wasser unter der Brücke durchfließen, bis Worte gefunden werden, die diese simplen und sauberen, vernünftigen Ideen begreiflich machen, die bis heute von einem unvollständigen und fern jener Realität befindlichen Wissen konterkariert werden.

Joseph Országh und André Leguerrier

Mons (Bergen) und Montreal, 28 Dezember 2013.