

9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.  
Beitrag archiviert unter <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>

## Ökologische Sanitärösungen in Afrika: Beitrag zu nachhaltiger Abfallentsorgung und erhöhter Bodenfruchtbarkeit

### Ecological sanitation in Africa: Contribution to sustainable waste disposal and improved nutrient management

J. Germer<sup>1</sup>, J. Grenz<sup>1</sup> und J. Sauerborn<sup>1</sup>

**Keywords:** soil fertility, nature protection and environmental compatibility, Ghana

**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Naturschutz und Umweltverträglichkeit, Ghana

#### Abstract:

*While plant nutrient deficiencies are a major constraint to increasing crop yields in many rural parts of Sub-Saharan Africa, excess nutrients in organic wastes and wastewater cause environmental and hygienic problems in urban areas. We report on an ongoing research aimed at implementing principles of ecological sanitation on a university campus near Accra, Ghana. Alternative sanitation including dry urinals and separating toilets was installed in buildings. Pure urine, urine-water mix, greywater from baths and kitchens and faeces are treated and stored separately. Except for faeces, all materials are used to fertilise annual (urine) and perennial (urine-water, greywater) crops. Urine application significantly boosted maize and sorghum growth. Pathogens present in urine and urine water mix, e.g. Escherichia coli, could be largely deactivated by six weeks of storage. A survey revealed no fundamental objections of farmers against the use of sanitary products. Scenario calculations suggest that recycling organic wastes and urine may contribute to alleviating nutrient deficiencies, particularly with regard to P and in densely settled areas. Future research should aim at developing hygienically safe, resource-efficient ways of urine application.*

#### Einleitung:

In vielen Regionen Afrikas südlich der Sahara (SSA) stehen Pflanzennährstoffmangel und Degradation der Ackerflächen Nährstoffüberschüsse und Entsorgungsprobleme in Ballungsgebieten gegenüber. Niedrige Gehalte der Böden an Nährstoffen und organischer Substanz gelten als wichtige biophysikalische Ursache geringer Erträge (SANCHEZ et al. 1997). Trotz absoluter Zuwächse nahm die Agrarproduktion in SSA von 1999-2001 bis 2005 um 4,1% pro Kopf ab (FAO 2006). Strategien zur Erhöhung der Produktivität durch Mineraldüngung hatten vor allem aufgrund mangelnder Infrastruktur und hoher Düngerpreise wenig Erfolg. Auf Ackerflächen in SSA werden durchschnittlich 5 kg N, 3 kg P und 2 kg K ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> als Mineraldünger ausgebracht, weltweit sind es 60, 24 bzw. 17 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Durch das Bevölkerungswachstum in SSA um 2,4% a<sup>-1</sup> (PRB, 2005) nehmen sowohl die Nachfrage nach Agrarprodukten als auch die zu entsorgende Menge organischer Abfälle zu. vielerorts fehlen die Mittel für Bau, Betrieb und Instandhaltung von Entsorgungsinfrastruktur, woraus Umweltbelastung und hygienische Probleme resultieren. Ökologische Kreislaufwirtschaft (Ecological Sanitation, EcoSan) trägt zur Lösung beider Problemkomplexe bei. Das Konzept basiert auf Trennung von Stoffströmen unterschiedlichen Nährstoffgehalts und verschiedener Keimbelastung durch alternative Sanitärtechnologie, sowie Rückführung von Nährstoffen und Wasser auf landwirtschaftliche Flächen (GERMER & SAUERBORN 2006). Die Elemente der EcoSan-Strategie werden an einem in Ghana laufenden Projekt erläutert, erste Ergebnisse aus Feldversuchen mit Urin- und Grauwasserdüngung

---

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen (380b), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland, [jgermer@uni-hohenheim.de](mailto:jgermer@uni-hohenheim.de)

vorgestellt und das Potential zur Bereitstellung von Nährstoffen durch Sanitärprodukte in SSA abgeschätzt.

### Methoden:

Unweit von Accra (Ghana) befindet sich der Campus der Valley-View-Universität mit derzeit 1.000, zukünftig 5.000 Studenten. Auf dem 120 ha großen Gelände wird seit 2003 in Zusammenarbeit mit den Universitäten Hohenheim und Weimar sowie deutschen Unternehmen ein EcoSan-Modellprojekt etabliert (<http://www.uni-hohenheim.de/respta/vvu.php>). In Fakultätsgebäuden, Cafeteria und Wohnheimen werden Urin, Fäkalien und Bad- und Küchenabwässer (Grauwasser) durch Trenntoiletten, Trockenurinale und separate Leitungen getrennt aufgefangen. Reiner Urin aus den Trockenurinalen wird zur Düngung von Getreide eingesetzt, Urinwassergemisch aus den Trenntoiletten zur Düngung und Bewässerung der Dauerkulturen Mango (*Mangifera indica*), Cashew (*Anacardium occidentale*) und Avocado (*Persea americana*). Papaya (*Carica papaya*), Banane und Kochbanane (*Musa x paradisiaca*), sowie Maniok (*Manihot esculenta*) werden mit Grauwasser behandelt. Die Nährstoffeffizienz von Urin wird in einem Feldversuch (randomisiertes Blockdesign, 5 Wiederholungen, 52,6 m<sup>2</sup> Parzellengröße) im Vergleich mit einer ungedüngten Kontrolle, Mineraldünger, Rinderdung bzw. Kompost, und Hühnermist untersucht. Die Nährstoffzufuhr entspricht 100 kg N, 44 kg P und 83 kg K ha<sup>-1</sup> pro Saison. Der Nährstoffgehalt von Urin und Betriebsdüngern wird durch Zugabe von TSP, KCl und Harnstoff angepasst, um in jeder Behandlung das gleiche Nährstoffangebot bereitzustellen. Mineraldünger wird mit und ohne Bewässerung appliziert, um wachstumsfördernde Effekte des im Urin enthaltenen Wassers auszugleichen. In den Jahren 2004 und 2005 wurde Mais angebaut. Da in beiden Jahren Dürreschäden auftraten, wurde 2006 auf Sorghum (mit 50% reduzierter Nährstoffzufuhr) umgestellt. Die Akzeptanz der Sanitärprodukte bei allen Beteiligten wurde ermittelt und Belastungen mit pathogenen Keimen untersucht. Zudem wurde das Nährstoffpotential von Urin und kompostierbaren Abfällen in SSA auf Basis von Produktionsstatistiken errechnet und mit den jährlichen Entzügen durch den Pflanzenbau verglichen.

### Ergebnisse und Diskussion:

2004 zeigten sich deutliche Wirkungen der Urindüngung auf das vegetative Wachstum von Mais, der aufgrund von Trockenstress jedoch nicht zur Erntereife gelangte. Auch 2005 lag der saisonale Niederschlag mit 250mm unter dem langjährigen Mittel, aber in den drei Monaten vor Aussaat fielen 195mm, viermal soviel wie im Vorjahr. Die Korn-erträge betragen maximal 1,5 t ha<sup>-1</sup>. Es war ein signifikanter Unterschied zwischen Urin und Betriebsdünger und der Kontrollvariante vorhanden (Abb. 1). Der Niederschlag in der Saison 2006 betrug 440 mm. Die Erträge aller Varianten, außer mineralischer Mischdüngung ohne Wasser, lagen weit über der Kontrolle (Abb.2). Der Sorghum-Korntrag der Urinvariante, 1,9 t ha<sup>-1</sup>, entsprach 190% des nationalen Durchschnitts der Jahre 2000 bis 2005 (FAO, 2006). Über die Entwicklung der Dauerkulturen lässt sich noch kein abschließendes Urteil fällen. Die Bewässerung mit Grauwasser ermöglichte jedoch die erfolgreiche Etablierung auch von Kulturen mit hohem Wasserbedarf, z.B. Banane, Papaya und Avocado.

Im begleitenden Hygieneprogramm wurden *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Enterococci* und *Clostridium perfringens* in allen untersuchten Flüssigkeiten nachgewiesen. Die persönliche Hygiene der mit Transport und Ausbringung betrauten Arbeiter unterliegt daher strengen Regeln.

Die Pathogenübertragung wird durch zeitliche, räumliche und Temperaturbarrieren verhindert. Zwischen Ausbringung von Urin oder Grauwasser und der Ernte muss mindestens ein Monat vergehen. Es darf kein Kontakt zwischen Flüssigkeiten und Erntegut stattfinden; gedüngt werden nur Feldfrüchte, die vor Verzehr gegart werden. In Urin und Urinwassergemisch enthaltene *E. coli* und Salmonellen wurden durch Lagerung fast umgehend abgetötet, Enterokokken innert 2 und Clostridien innert 6 Wochen um 90% reduziert. Dafür ist vor allem das sich aufgrund Ureaseaktivität einstellende alkalische Milieu verantwortlich. Derzeit wird ermittelt, ob und ab wann die Hygienisierung durch Lagerung für eine Gemüsedüngung ausreichend ist. Der Überlauf der universitätseigenen Biogasanlage und Fäkalschlammkompost wiesen starke Keimbelastungen auf und werden daher nicht für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion genutzt. Alle Beteiligten nehmen Aufgaben wie die Urinausbringung bereitwillig wahr. Eine

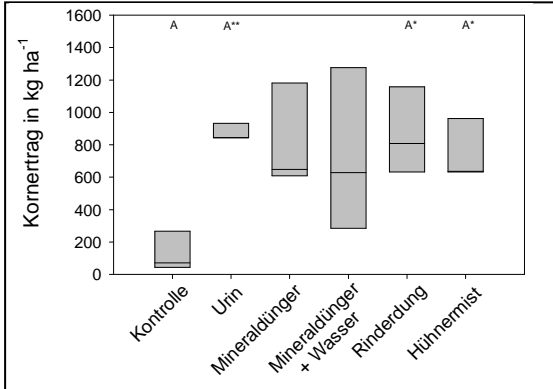


Abb. 1: Korntrag von Mais (2005) in Abhängigkeit von der Nährstoffquelle. 'A' zeigt signifikante Unterschiede zur Kontrolle auf, wobei \* p<0.05 und \*\* p<0.01 bedeutet.

Meinungsumfrage in den umliegenden Dörfern zeigte keine grundsätzliche Abneigung aus religiösen, kulturellen oder sozialen Gründen. In Zukunft wird die Universität mehr Urin produzieren, als auf dem Campus verwertet werden kann. Um überschüssigen Urin nutzbringend einzusetzen, ist geplant, Felder der angrenzenden Gemeinden zu düngen, wofür diese Nahrungsmittel an die Cafeteria der Universität liefern. Fast 75% der befragten Farmer standen dem Tauschprogramm positiv gegenüber.

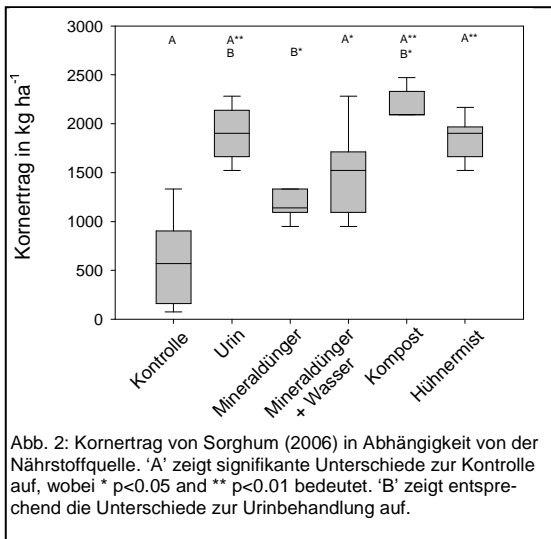


Abb. 2: Korntrag von Sorghum (2006) in Abhängigkeit von der Nährstoffquelle. 'A' zeigt signifikante Unterschiede zur Kontrolle auf, wobei \* p<0.05 und \*\* p<0.01 bedeutet. 'B' zeigt entsprechend die Unterschiede zur Urinbehandlung auf.

Meinungsumfrage in den umliegenden Dörfern zeigte keine grundsätzliche Abneigung aus religiösen, kulturellen oder sozialen Gründen. In Zukunft wird die Universität mehr Urin produzieren, als auf dem Campus verwertet werden kann. Um überschüssigen Urin nutzbringend einzusetzen, ist geplant, Felder der angrenzenden Gemeinden zu düngen, wofür diese Nahrungsmittel an die Cafeteria der Universität liefern. Fast 75% der befragten Farmer standen dem Tauschprogramm positiv gegenüber.

Die durchschnittliche pro-Kopf-Nährstoffaufnahme in SSA beträgt 2-3 kg N, 0,3-0,5kg P und 1-2 kg P a<sup>-1</sup> (FAO, 2006). Rund 80-90% (N, K) bzw. 50-80% (P) davon werden mit jährlich rund 500l Urin ausgeschieden (Maurer et al., 2003). Berechnungen für Kenia (33,8 Mio. Einwohner; PRB, 2005) lassen einen Urinausstoß von 16,9 Mio. t a<sup>-1</sup>, entsprechend 6,9 kg N, 0,5 kg P und 2,1 kg K ha<sup>-1</sup> Ackerfläche, erwarten. Werden pro Kopf und Tag 300g organische Abfälle produziert, so entspricht dies weiteren 5,6 kg N, 2,4 kg P und 6,4 kg K ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Dem EcoSan-Potential von 12,5 kg N, 2,9 kg P und 8,5 kg K (ohne Fäzes) stehen in Kenia Austräge von rund 91 kg N, 19 kg P und 100 kg K ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> gegenüber (Grenz & Sauerborn, in Druck). Auf nationaler Ebene wäre der Beitrag von EcoSan zur Verbesserung der pflanzlichen Nährstoffversorgung moderat. In Ballungsräumen ist das Potential jedoch größer. Die Rückführung organischer Reststoffe ist für die langfristige Sicherung der Versorgung mit dem nicht erneuerbaren Nährstoff P essentiell. Am wichtigsten ist der Beitrag von EcoSan zur Abfallentsorgung einzuschätzen.

### **Schlussfolgerungen:**

Ökologische Kreislaufwirtschaft trägt zur Verminderung von Nährstoffmangel in der Landwirtschaft und von Entsorgungsproblemen bei. Genauere Kenntnisse zur Umsetzbarkeit von EcoSan in den Tropen, insbesondere zu hygienischen Aspekten, sind erforderlich. Dabei sollte besonders in Dauerkulturen der Einsatz von Sanitärprodukten unter Maßgabe der IFOAM Basic Standards (2005) gefördert werden, da der EcoSan-Ansatz in seiner kreislaufwirtschaftlichen Ausrichtung den Prinzipien der organischen Landwirtschaft nahesteht.

### **Danksagung:**

Das Projekt „Ökologische Kreislaufwirtschaft an der Valley-View-Universität“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Fkz. 02 WD 0476).

### **Literatur:**

FAO (2006): Statistical Database, FAOSTAT. [faostat.fao.org](http://faostat.fao.org) (Abruf 8.07.2006).

Germer J., Sauerborn J. (in Druck): Nährstoff- und Wasserrecycling zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion - Das Beispiel der Valley-View-Universität in Accra, Ghana. Deutscher Tropentag 2006, Bonn.

Grenz J., Sauerborn J. (in Druck): The potential of organic agriculture to contribute to sustainable crop production in Sub-Saharan Africa. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics.

IFOAM (2005): IFOAM norms for organic production and processing, version 2005. Bonn, Germany.

Maurer M., Schwegler P., Larsen T. A. (2003): Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. Water Science and Technology 48: 37-46.

PRB (2005): DataFinder. <http://www.prb.org/datafind/datafinder7.htm> (Abruf 8.07.2006).

Sanchez P. A., Shepherd K. D., Soule M. J., Place F. M., Buresh R. J., Izac A. M. N., Mkwunye A. U., Kwasiga F. R., Ndiritu C. G., Woomer P. L. (1997): Soil fertility replenishment in Africa: an investment in natural resource capital. In: Buresh, R. J. et al. (Hrsg.): Replenishing soil fertility in Africa. Soil Science Society of America, Madison, USA, S. 1-46.