



# UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen  
Fachgebiet Agrarökologie der Tropen und Subtropen  
Garbenstr. 13  
70599 Stuttgart

## Schlussbericht

### BMBF-Verbundvorhaben

## „Valley View University: Ökologische Kreislaufwirtschaft“

Teilprojekt 5

„Landwirtschaft“

**Förderkennzeichen**

**02WD0476**

Arbeitsgruppe:

Prof. Dr. Joachim Sauerborn

Dr. Jörn Germer

---

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WD0476 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

## Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung.....	3
1.1 Voraussetzungen.....	3
1.1.1 Umweltfaktoren und Landnutzung.....	3
1.1.2 Campus der Valley View University.....	4
1.1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
1.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	5
1.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
2 Eingehende Darstellung.....	7
2.1 Generelle Datenerhebung.....	7
2.2 Lokale Datenerhebung.....	8
2.3 Aufbau von Demonstrationsanlagen.....	10
2.4 Forschung.....	13
2.5 Wissensvermittlung.....	15
2.6 Fortschritt bei anderen Stellen.....	16
2.7 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen.....	17
2.7.1 Geprüft Zeitschriftenbeiträge.....	17
2.7.2 Buchteile.....	18
2.7.3 Masterarbeiten.....	18
2.7.4 Konferenzbeiträge.....	18
2.7.5 Poster und Flyer.....	19
2.7.6 Internetbeiträge.....	19
3 Literaturangaben.....	20

# 1 Aufgabenstellung

Ziel des Verbundprojektes „Valley View University: Ökologische Kreislaufwirtschaft“ war ein Kreislaufsystem für Wasser und organische Stoffe als Teil des ökologischen Gesamtkonzeptes der Valley View University (VVU) in Accra, Ghana zu entwickeln.

Die landwirtschaftlichen Komponente hatte zur Aufgabe, beispielhaft Lösungsansätze für die umweltgerechte und hygienisch sichere Entsorgung von Abwässern und Abfällen bei gleichzeitiger signifikanter Erhöhung im Grad der Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln aufzuzeigen. Die Möglichkeit der Landwirtschaft, über die Teilprojekte, die sich mit der Geländeplanung (Bauhaus Universität Weimar, BUW) und der Sanitärtechnik innerhalb (Berger Biotechnik GmbH, BB) und außerhalb der Gebäude (Palutec GmbH, PT) beschäftigten, direkten Einfluss auf die Quantität und Qualität der Stoffströme zu nehmen, war Novum bei diesem ganzheitlichen Ansatz.

Wesentlicher Bestandteil war weiterhin die Evaluierung der Akzeptanz der implementierten Lösungsansätze bei der Bevölkerung auf und um den Campus der Universität. Außerdem war zur Sicherstellung der Übertragbarkeit der erfolgreichen Ansätze des Teilprojektes die Anfertigung von allgemeinverständlichen Anweisungen ein wichtiges Element.

## 1.1 Voraussetzungen

### 1.1.1 Umweltfaktoren und Landnutzung

Klima und Boden sind als grundlegende, die landwirtschaftliche Produktivität bestimmenden Umweltfaktoren eine große Herausforderung für landwirtschaftliche Aktivitäten in der Forschungsregion<sup>1</sup>. Die VVU liegt im küstennahen Savannengebiet von Ghana, welches innerhalb des Landes die Zone mit den geringsten Niederschlägen ist. Der durchschnittliche Jahresniederschlag von nur etwa 800 mm fällt hauptsächlich in den beiden Regenzeiten, von Ende März bis Mitte Juli und im Oktober. Weiterhin erschwert die starke Variation der Niederschläge innerhalb und zwischen den Jahren die landwirtschaftliche Planung.

Die vorliegenden Böden gehören nach der FAO Klassifikation zu Ferric Acrisols und Ferric Lixisols. Auf denen folgende Faktoren ertragsbegrenzend wirken:

- Nährstoffarmut durch niedrige Kationen-Austauschkapazität,
- Phosphorfixierung,
- Neigung zur Verkrustung,
- schwierige Durchwurzelung durch verdichtete Struktur,
- geringe Wasserhaltekapazität,

---

<sup>1</sup> Siehe auch Kapitel 2.2 im Band 'Ecological Cycle Management at Valley View University in Accra, Ghana (ECM-VVU) und <https://www.uni-hohenheim.de/respta/climate.php>

- hohe Erosionsanfälligkeit und
- Humusschwund.

Minimaler Düngereinsatz und Buschbrände sind wichtige Ursachen für die zunehmende Degradation und abnehmende Fruchtbarkeit der Böden und damit verbunden für den Rückgang der lokalen Nahrungsproduktion (Barrett et al., 2002; Fugger, 1999).

Die natürliche Vegetation der Region ist Buschsavanne; bestehend aus Grasland mit überwiegendem Anteil von *Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman, *Panicum maximum* Jacq. und *Sporobolus pyramidalis* P.Beauv. sowie Busch/Baum Anhäufungen, die *Azadirachta indica* Adr. Juss., *Ximenia americana* L., *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E.A.Bruce, *Uvaria chamae* P. Beauvois, *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. und *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam. beinhalten.

Die Landnutzungsformen auf dem Gelände der VVU beschränkten sich vor der Projektlaufzeit überwiegend auf Brennholzextraktion und Weidewirtschaft. Außerdem können auf dem Campus der VVU Spuren gefunden werden, die von Wanderfeldwirtschaft die unter Einsatz von Feuer das Land nach regelmäßigen Bracheperioden urbar macht, zeugen.



Abbildung 1: Auftragsviehhirten auf dem Gelände der VVU (2003)



Abbildung 2: Unerlaubt gesammeltes Brennholz auf dem Gelände der VVU (2003)

### 1.1.2 Campus der Valley View University

Die VVU ist die größte nichtstaatliche Universität in Ghana und rechnet innerhalb der nächsten Jahre mit einer Zunahme von etwa 2.000 auf 5.000 Studierenden. Das Studienangebot umfasst vorwiegend Religionswissenschaften, Unternehmensführung und Informationstechnologie<sup>2</sup>.

Der Campus der VVU liegt knapp 30 km nordöstlich von Accra und umfasst ein Fläche von gut 100 ha von der etwa 15 % für die Landwirtschaft reserviert sind. Durch das ökologische Gesamtkonzept und den Aufbau einer Kreislaufwirtschaft beabsichtigt die Universität, neben einer ökologischen der Abfall- und Abwasserentsorgung und der Nahrungsmittelproduktion die kostspielige Versorgung mit Wasser und Elektrizität zu begrenzen.

---

<sup>2</sup> Siehe auch Kapitel 1. ECM-VVU und <http://www.vvu.edu.gh/>

### 1.1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Universität Hohenheim wurde während des Vorprojektes (02WD0407, 02WD0408; 12.2002-04.2004) mit der Erarbeitung eines landwirtschaftlichen Konzeptes beauftragt, welches maßgeblich in den Hauptantrag zur ökologischen Kreislaufwirtschaft an der VVU eingeflossen ist. Die in dem Konzept vorgeschlagenen Lösungsansätze basieren einerseits auf der vorgegebenen Aufteilung des Campus im Masterplan<sup>3</sup>, den geplanten Sanitärtechniken, der geschätzten Entwicklung der Zahl der Studierenden und der auf dem Campus lebenden Bevölkerung, sowie den hieraus resultierenden Stoffströmen. Andererseits bestimmten die Umweltbedingungen, Ansprüche der Pflanzen und spezielle Wünsche seitens der VVU die Planung.

Im Vorprojekt wurde davon ausgegangen, dass drei hauptsächliche Stoffströme landwirtschaftlich zu verwerten sind:

- Fäkalien (aus Filtersäcken),
- Gelbwasser (reiner und mit Wasser verdünnter Urin) und
- Schwarzwasser (gemischtes Haushaltsabwasser).

Es wurde eine Co-Kompostierung der Fäkalien mit Häckselgut und anschließendem Einsatz des Kompostes im Regenfeldbau vorgesehen. Für das Gelbwasser wurde eine Hygienisierung durch Lagerung geplant, wonach es im Gemüse- (teils unterirdisch) und Regenfeldbau (oberirdisch) eingesetzt werden sollte. Für die Verwertung des Schwarzwassers war eine unbehandelte Ausbringung in abgedeckten und seitlich bepflanzten Gräben geplant.

Aufgrund von gesammelten Erkenntnissen während der Hauptprojektphase wurde eine Biogasanlage und eine Trockentoilettenanlage aufgebaut. Hierdurch konnte auf den Einsatz von Filtersäcken im Abwasserstrom verzichtet werden und es wurde eine Trennung des Grauwasserstroms (Dusch- und Badewasser) zur Aufkonzentrierung des Schwarzwassers nötig. Die landwirtschaftliche Planung musste entsprechend von einer Schwarzwasser- zu einer Grauwassernutzung geändert werden. Die Verwertung des Gelbwassers konnte beibehalten und die Kompostierung mit dem Substrat aus der Trockentoilettenanlage anstatt wie geplant aus den Filtersäcken, durchgeführt werden<sup>4</sup>.

Zielsetzung bei der Installation dieser Ansätze zur Kreislaufwirtschaft war einerseits, die Umsetzbarkeit der Lösungen unter den lokalen Bedingungen zu evaluieren und andererseits die Stoffströme in Bezug auf ihren Nährstoffgehalt und ihre Keimbelastung zu charakterisieren und ihre Wirkung bei Einsatz zur Bewässerung und Düngung zu untersuchen.

### 1.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Bei Projektbeginn standen ansatzverwandte Kenntnisse, wie zum Beispiel der Bewässerung mit rohem und geklärtem Abwasser, der großtechnischen Kompostierung

<sup>3</sup> Siehe auch Kapitel 4. ECM-VVU

<sup>4</sup> Die aktualisierte landwirtschaftliche Planung steht unter <https://www.uni-hohenheim.de/respta/agric.php> zur Verfügung.

und der Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit mit verschiedensten mineralischen und organischen Stoffen zur Verfügung. Zur Trennung der Stoffströme war eine Vielfalt von einfachen und technisch anspruchsvollen Sanitärinstallationen entwickelt und teilweise in Serienproduktion verfügbar (Esrey et al., 2001; Berger and Lorenz-Ladener, 2008). Die Dissertation von Schönning (2001) war die erste wissenschaftliche Dokumentation zur Behandlung von menschlichem Urin für die landwirtschaftliche Verwertung.

Obwohl die Zahl der Nutzer von einfachen stoffstromtrennenden Sanitäranlagen global stark zunimmt, gibt es kaum exakte Dokumentationen über technische Details und deren Wirkung auf den Nährstoffgehalt und die Keimbelastung in den gesammelten Stoffen.

Die Kompostierung stellt oft die optimale Lösung zur Nachbehandlung der gesammelten Fäzes dar. Trotz intensiver Literaturrecherche konnten keine spezifische Untersuchungen zur Kompostierung in kleinen Chargen und entsprechende Handlungsanweisungen gefunden werden.

Zur Förderung von ganzheitlichen Kreislaufansätzen ist die korrekte Inwertsetzung der einzelnen Schritte (Sammlung, Behandlung, Transport und Verwertung) essentiell. Nachvollziehbare Untersuchungen die sich mit der Nährstoffeffizienz von Urin, Fäzeskompost und Grauwasser unter den vorliegenden Klimabedingungen waren nicht verfügbar.

### **1.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Praktische Arbeiten, insbesondere die im Zusammenhang mit der Flächennutzung und dem Stoffstrommanagement standen, wurden in enger Zusammenarbeit mit BUW, PT und BB ausgeführt. Seitens der VVU war die Unterstützung durch den Farm Manager, Herrn Solomon Addai, beim Aufbau von und der Versuchsführung im Regenfeldbau und den Baumplantagen unerlässlich. Herr Mbuh Melvin Awantang, Student der VVU, hat während und nach seinem Studium einen beachtlichen Beitrag zu den Versuchen zur Nährstoffdynamik und Hygienisierung am Trockentoilettengebäude und bei der Fäzes-Kompostierung geleistet.

Der CIM-Experte, Herr Anton Mitterer, war ab Juli 2005 an der VVU tätig und hat einen bedeutenden Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der als Schnittstelle zwischen Sanitärtechnik und Landwirtschaft stehenden Installation (Grauwasserinfrastruktur, Trockentoilettengebäude, Kompostierungsanlage, Wegenetz in der Landwirtschaft) geleistet.

Die seuchenhygienischen Untersuchungen wurden im Verbund mit dem Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin mit Tierklinik der Universität Hohenheim und der West Africa Abteilung des International Water Management Institute durchgeführt.

Die Mitarbeiter des Herbariums der Legon University und des Botanischen Gartens in Aburi haben geholfen, Arten der lokalen Flora zu bestimmen.

## 2 Eingehende Darstellung

Das Projekt und seine Ergebnisse lassen sich in vier primäre Arbeitsbereiche unterteilen: Der generellen und lokalen Datenerhebung zur Unterstützung der Konzeptausarbeitung und -umsetzung, dem Aufbau von Demonstrationsanlagen, der fachspezifischen Forschung und der Wissensverbreitung<sup>5</sup>.

### 2.1 Generelle Datenerhebung

Die generelle Datenerhebung, beruhend auf Literaturrecherchen, Fragestellungen in einschlägigen Foren und Teilnahme an verschiedenen Symposien und Workshops, hatte den Zweck, eine fundierte Wissensbasis für die Konzeptplanung und Umsetzung des Projektes zu schaffen und die Forschungsziele zu definieren<sup>6</sup>.

Das aus dem akkumulierten Wissen für die VVU entwickelte Kreislaufkonzept sieht die vollständige Verwertung aller Abwasser und Nährstoffströme in der Landwirtschaft vor. Um bei wachsender Studentenzahl eine Überdüngung der limitierten Flächen auf dem Campus zu vermeiden wurde zusätzlich zu der Versorgung der Cafeteria und Märkten ausserhalb der VVU der zukünftige Nährstoffexport auf umliegende Flächen eingeplant.

Urin bot sich als Exportmedium an, da er einerseits eine vergleichsweise hohe Nährstoffkonzentration besitzt und andererseits in Bezug auf die seuchenhygienische Sicherheit relativ einfach zu handhaben ist.

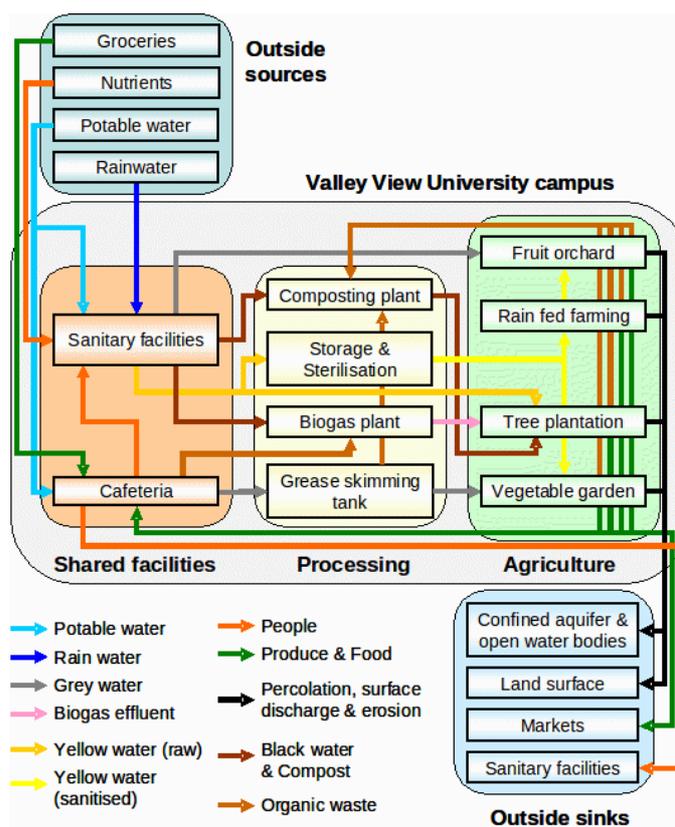


Abbildung 3: Das für die VVU entwickelte Kreislaufkonzept (ohne den bei steigender Studentenzahl notwendigen Nährstoffexport via Urin)

<sup>5</sup> Eine chronologisch geordnete und bebilderte Übersicht ist auf <https://www.uni-hohenheim.de/respta/prog.php> veröffentlicht.

<sup>6</sup> Ein Auszug der gesammelten Veröffentlichungen steht auf <https://www.uni-hohenheim.de/respta/info.php> zur Verfügung.

## 2.2 Lokale Datenerhebung

### Klima

Mit einer einfachen Wetterstation wurden Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag gemessen. Die Messreihen haben deutlich gezeigt, dass das lokale Klima wesentlich näher die Situation in Accra widerspiegelt, als die im näher gelegenen und deutlich feuchteren Aburi<sup>7</sup>. Dieses Wissen konnte direkt in die Planung einfließen. So konnten an die Trockenheit angepasste Arten, wie z.B. Kaschu, gewählt und ungeeignete Arten, wie z.B. die Afrikanische Ölpalme (Smith, 1989), von der Bepflanzung ausgenommen werden.

### Flora

Zweck der Vegetationsaufnahmen war, bestimmte, speziell auch endemische und seltene Arten die eine wichtige Funktion in den historischen Agroökosystemen der Region hatten, bei der Anlage der Pflanzungen zu erhalten. So wurden zum Beispiel der Afrikanische Pfirsich, der zur Ernährungssicherung in Notzeiten diente, und der Kapokbaum, der während der ein wichtiges Standbein der Wirtschaft in den Kolonien Westafrikas war, bei der Urbarmachung verschont und als natürliche Vegetationselemente in die Plantagen integriert. Zum Vorteil zukünftiger Projekte wurden eine Übersicht der gefundenen und bestimmten Pflanzen im Internet zur Verfügung gestellt<sup>8</sup>.



Abbildung 4: *Leptadenia hastata* (Pers.) Decne. wird als Blattgemüse geschätzt und für medizinische Zwecke genutzt



Abbildung 5: Die Früchte von *Sarcocephalus latifolius* (Sm.) E.A.Bruce sind essbar

### Akzeptanz

Aufgrund der wachsenden Bevölkerung auf dem Campus und die begrenzt zur Verfügung stehende Fläche war von einer stoffstrombedingten Überdüngung der Flächen auszugehen. Daher wurde im landwirtschaftlichen Konzept des Hauptprojektantrages die Möglichkeit der Nährstoffexports in Form von Urin vorgeschlagen. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde hierzu eine Erhebung bei der Bevölkerung in den umliegenden Dörfern der VVU durchgeführt. In der Arbeit konnten keine fundamentalen Bedenken (z.B. religiöse,



Abbildung 6: Begutachtung einer Regenwassersammelanlage während der Akzeptanzstudie

<sup>7</sup> Siehe auch Kapitel 2.2.1 ECM-VVU und <https://www.uni-hohenheim.de/respta/climate.php> für eine detaillierte Beschreibungen des lokalen Klimas

<sup>8</sup> Siehe <https://www.uni-hohenheim.de/respta/flora.php> und <http://www.virboga.de/collection.php?collection=accra>

kulturelle oder wirtschaftliche) gegen eine Ausbringung von auf menschlichem Urin basierenden Düngemitteln festgestellt werden. Diese Erkenntnis ist im Einklang mit der weit verbreiteten Bewässerung mit aufgetrenntem und unbehandeltem Abwasser und dem Einsatz von Faulschlamm zu Bodenverbesserung (Owusu - Bennoah, 1994; Hamilton et al., 2007).

### **Medikamentenkonsum**

Aktuell wird im Zusammenhang mit der direkten Verwertung von Haushaltsabwasser und -abfällen der mögliche Gehalt und die Wirkung von Medikamentenrückständen kontrovers diskutiert. Obwohl weder eindeutige Erkenntnisse über das Schicksal von diesen Rückständen in der Ackerkrumme vorliegen, noch eine Wirkung auf den Menschen über die Ernteprodukte nachgewiesen ist, wurde der Medikamentenkonsum der Bevölkerung in und um die VVU untersucht, um die Übertragbarkeit von neueren Erkenntnissen aus Europa auf Ghana abschätzen zu können. Die im Rahmen einer Masterarbeit durchgeführte Umfragestudie hat gezeigt, dass es große quantitative und qualitative Abweichungen bei der Medikamenteneinnahme im Vergleich zu Mitteleuropa gibt. Daher ist die mögliche von diesen Rückständen ausgehende Gefahr nicht vorbehaltlos von Deutschland auf Ghana übertragbar. Weiterhin muss in der Gefahrenabschätzung der potentielle Beitrag von funktionierenden Kreislaufwirtschaften zur Linderung der Unterernährung einbezogen werden (Van de Poel et al., 2007).



Abbildung 7: Frau Sinar bei einem Interview in einer Apotheke in Accra

## 2.3 Aufbau von Demonstrationsanlagen

### Kaschu- und Mangoplantage

Mit der Anlage von gut geplanten Obstbaumplantagen sollte einerseits eine ausreichende Senke für die erwarteten Nährstoffströme geschaffen werden. Andererseits war es Ziel, die Erreichbarkeit hoher landwirtschaftlicher Produktion zu demonstrieren, die ausschließlich auf der Nährstoffzufuhr aus einem Kreislaufsystem beruht. Um innerhalb der Projektlaufzeit die generative Phase zu erreichen, wurden Kaschu und Mango als optimal an die Klimabedingungen angepasste Arten gewählt. Dabei wurde auf einen hohen Pflanzstandard Wert gelegt, regelmäßig mit Gelbwasser gedüngt und insbesondere in den Trockenperioden mit Grauwasser bewässert. Um die Bewässerung und Düngung logistisch bewältigen zu können, wurden Wege für den anliefernden Schlepper angelegt.



Abbildung 8: Erste Pflanzlöcher für die Kaschuplantage (08.2004)



Abbildung 9: Reife Kaschufrüchte an den 2004 gepflanzten Bäumen (02.2010)



Abbildung 10: Mangoplantage im ersten vollen Ertragsjahr (02.2010)

### Papayaanbau

An der Cafeteria der VVU wurde eine Anlage zum Vorreinigen (Fettabscheider und Sandfangbecken) und Sammeln des in der Küche anfallenden Grauwassers installiert<sup>9</sup>. Das zurückgehaltene Fett und die Sedimente werden der Kompostierung als energiereiches Substrat zugeführt. An den knapp 60 m<sup>3</sup> fassenden Grauwassertank angrenzend befindet sich eine Papayapflanzung, die über eine Tauchpumpe mit angeschlossenem Rohr- und Schlauchsystem bewässert wird. Durch das Grauwasser wird den Papayapflanzen genügend Phosphor und Kalium zugeführt werden, der Stickstoffbedarf muss hingegen über Urin gedeckt werden. Mit der Pflanzenwahl Papaya konnte einerseits der direkte Kontakt zwischen Gelb- und Grauwasser und dem Erntegut ausgeschlossen werden und andererseits das Wasser und die Nährstoffe effizient auf einer begrenzten Fläche ausgebracht werden. Hierdurch konnte auf den kostenaufwendigen Transport des

---

<sup>9</sup> Siehe auch Kapitel 5.4.4 ECM-VVU

Grauwassers zur eigentlichen landwirtschaftlichen Fläche verzichtet werden.



Abbildung 11: Düngung von Papaya mit Urin



Abbildung 12: Schwer tragende Papayabäume - mit Urin gedüngt und Grauwasser bewässert

### Koch- und Essbananenhain

Das in den Waschräumen eines Wohnheims anfallende und in einem ebenerdigen Tank gesammelte Grauwasser wird über eine unterirdisch verlegte Rohrleitung in einen Hochtank auf dem landwirtschaftlichen Gelände gepumpt. Ähnlich wie bei dem Papayaanbau, jedoch über Schwerkraft können die umliegenden Bananenpflanzen bewässert werden. Die Fläche wurde so in der Größe beschränkt, dass auch während längerer Trockenzeiten eine genügende Bewässerung mit Grauwasser möglich ist.



Abbildung 13: Grauwasser-tank auf dem landwirtschaftlichen Gelände der Valley View University



Abbildung 14: VVU Farmmanager, Herr Addai, zeigt den Fruchtstand von Grauwasser bewässerten und Uringedüngten Bananen

Bei der Anlage des Bananenhains stand der Anschauungsaspekt im Vordergrund. Bananen können unter den lokalen Klimabedingungen ohne Bewässerung nicht gedeihen und zeigen so deutlich das Potential der landwirtschaftlichen Nutzung von Grauwasser auf.

### Avocadoanlage mit Microcatchments

Da in der Region der Niederschlag oft in hohen Mengen in sehr kurzer Zeit fällt, geht über den Oberflächenabfluss ein bedeutender Teil des Regenwassers verloren. Daher wurden auf einer Fläche mit einem Gefälle von über 1 % V-förmige Microcatchments angelegt, in

deren Winkel große Pflanzlöcher mit einem Volumen von 1 m<sup>3</sup> ausgehoben wurden. Das anschließende Verfüllen mit Kompost und Oberboden diente zur Sicherstellung einer schnellen Infiltration und um die Wasserhaltekapazität des Bodens zu erhöhen. Die Avocadosetzlinge wurden nach dem Pflanzen regelmäßig mit Grauwasser bewässert, bis ein ausreichendes Wurzelsystem ausgebildet war.

Mit der Anlage der Avocadoanlage sollte die effiziente Grauwassernutzung durch die Kombination von zwei Pflanzenarten mit verschiedenen Wurzelsystem und Wasseransprüchen aufgezeigt werden. Während die Bananen in den Trockenzeiten das gesamte Grauwasservolumen absorbieren, wird es in den Regenzeiten zum Auffüllen des Bodenwasserreservoirs in der Avocadoanlage genutzt. Obwohl Avocado im Gegensatz zu Kaschu und Mango weniger tief wurzelt, ist sein Wurzelsystem vertikal ausgeprägter als allgemein angenommen (Salgado and Cautín, 2008). Somit kann Avocado in der Trockenzeit von dem in einigen Metern Tiefe gespeicherten Bodenwasser profitieren.



Abbildung 15:  
Avocadopflanzeremonie  
(02.2006)



Abbildung 16: Geschützte und  
beschattete Avocadosetzlinge  
(04.2006)



Abbildung 17: Dr. Germer  
vor einen hervorragend  
entwickeltem  
Avocadobaum (09.2008)

## 2.4 Forschung

### Regenfeldbau

In einem Feldversuch wurde die Düngewirkung von Urin auf die Bodeneigenschaften und den Kornertrag von Mais (2004, 2005) bzw. Sorghum (2006, 2007, 2009) untersucht. Im allgemeinen konnte festgestellt werden, dass der Ertrag unter den lokalen Bedingungen durch ein Urindüngung á 50 kg N um 100 bis 300 % erhöht werden kann und es keine signifikanten Unterschiede zwischen Pflanzen gibt, die mit Urin oder mineralischem Dünger behandelt wurden<sup>10</sup>.



Abbildung 18: Anlage des Versuchsfelds (04.2004)



Abbildung 19: Saat des Versuchsfelds (05.2007)



Abbildung 20: Maisbestand (06.2004)

### Co-Kompostierung von Fäzes

Die Möglichkeit, in großen Kompostieranlagen unter Einsatz von aufwendiger Technik genügend hohe und andauernde Temperaturen zu erreichen, um alle seuchenhygienischen Grenzwerte einzuhalten, ist bekannt. An der VVU und einem benachbarten Waisenhauskomplex wurde in mehreren aufeinander aufbauenden Versuchen untersucht, wie auch in kleinen Anlagen und nur mit einfachsten Hilfsmitteln eine ausreichende Hygienisierung von Fäzes durch eine Co-Kompostierung erreicht werden kann<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Die Ergebnisse hierzu wurden vorab auf internationalen Tagungen in Hannover und Weimar vorgestellt (siehe auch Appendix B3 ECM-VVU. Eine Veröffentlichung ist in Bearbeitung (siehe 2.7 ).

<sup>11</sup> Die Resultate dieser Untersuchung sind veröffentlicht (<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.030>) und in einem allgemein verständlichem Anweisungsfaltblatt zusammengefasst (<https://www.uni-hohenheim.de/respta/poster/compost-faecal.pdf>).



Abbildung 21: Offene Co-Kompostierung von Fäzes (07.2007)



Abbildung 22: Co-Kompostierung von Fäzes in geschlossenen Buchten (09.2008)



Abbildung 23: Transport von Kompostproben zur Analyse

### Untersuchungen zum Nährstofffluss und Pathogen im BBT

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit von BB war in diesem Zusammenhang die Entwicklung einer angepassten Trockentoilettenanlage, die beispielhaft an einem Studentenwohnheim umgesetzt wurde. Die Planung der Sanitärtechnik der Anlage wurde speziell unter Kreislaufgesichtspunkten in Kooperation mit UHOH durchgeführt<sup>12</sup>. Da konform dem Gedanken des Barrierensystems der WHO (2006) alle einzelnen Hygienisierungsschritte in jedem Kreislaufsystem eine wichtige Bedeutung haben, wurde die Anlage in Bezug auf die Keimreduktion in der gesammelten Fäkalmasse untersucht. Insbesondere wurde hierbei die Wirkung von transparenten und lichtundurchlässigen Kammerabdeckungen miteinander verglichen<sup>13</sup>.



Abbildung 24: Frontansicht der Berger Biological Toilet (BBT)



Abbildung 25: Rückseite der BBT, mit Blech (1-3) und durchsichtigen (4-6) Kammerabdeckungen; die Tonnen sind außerhalb der Kammern zur Probenentnahme

<sup>12</sup> Hieraus ist unter anderem eine Anleitungsfaltblatt für Trockentoilettenanlagen entstanden ([https://www.uni-hohenheim.de/respta/poster/udt\\_main.pdf](https://www.uni-hohenheim.de/respta/poster/udt_main.pdf)).

<sup>13</sup> Diese Arbeit wurde erstmals auf der 'Dry Toilet 2009' Konferenz in Tamare, Finnland vorgestellt ([http://huussi.net/tapahtumat/DT2009/pdf/Wolfgang\\_Berger.pdf](http://huussi.net/tapahtumat/DT2009/pdf/Wolfgang_Berger.pdf)). Eine Veröffentlichung ist in Bearbeitung (siehe 2.7).

## 2.5 Wissensvermittlung

Neben der vielfältigen Veröffentlichung und Präsentation der Ansätze und Resultate der implementierten Kreislaufsysteme, war ein wichtiger Bestandteil des Projektes die Vermittlung des gewonnenen Wissens an die Belegschaft der VVU, benachbarte Farmer und weitere Institutionen die als Keimzellen für die zukünftige Verbreitung des Kreislaufgedankens dienen können. Die diesbezüglich durchgeführten Kurse, Informationsveranstaltungen und Kooperationen dienten neben der Wissensvermittlung auch der Sondierung von unterschwelligen Hemmnissen, Widerständen und Problemen. Im allgemeinen stießen die Ansätze auf großes Interesse und die meisten Bedenken konnten durch genaues Erklären beschwichtigt werden, was sich nicht zuletzt in der regen Nachfrage der Ernte Produkte aus der Kreislaufwirtschaft reflektierte.



Abbildung 26: Farmer aus den umliegenden Dörfern auf der VVU Mango-plantge, Tag der offenen Tür während der Akzeptanzstudie (06.2006)



Abbildung 27: Training-on-the-job beim Vermessen an der VVU (12.2004)



Abbildung 29: Kooperation: Co-Kompostierung am Waisenhaus 'Orphanage Africa' (05.2007)



Abbildung 30: Know-how transfer: Bau eines Grauwassertanks beim 'Orphanage Africa' (05.2007)



Abbildung 28: Schüler des Pearls Educational Centre aus Nsawan auf Feldbesuch an der VVU (02.2007)



Abbildung 31: Know-how transfer: Urinsammlung in Nsawam – (12.2006)



Abbildung 32: Das Ecosan-Team des Pearls Educational Centre (12.2006)



Abbildung 33: VVU staff training, durchgeführt von UHOH, BB & PT (11.2006)

## **2.6 Fortschritt bei anderen Stellen**

Bis auf eine Abhandlung zur Urindüngung im Sorghumanbau konnten zu den spezifischen Forschungsarbeiten keine direkten Fortschritte bei anderen Stellen während der Projektlaufzeit festgestellt werden.

## 2.7 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

### 2.7.1 Verbundabschlussbericht

Im Verbundabschlussbericht 'Ingenieurökologische Vereinigung e.V., 2010. Ecological cycle management at Valley View University in Accra, Ghana – Final Report of the research project sponsored by the German Federal Ministry of Education and Research':

Germer, J., Fries, N.: 2.2.1 Climate

Germer, J.: 2.2.3 Geology and soils

Germer, J.: 2.2.4 Hydrology

Germer, J.: 4.5.4 Agriculture

Germer, J.: 5.7 Safe use of water and nutrients from ecological sanitation systems in agriculture

Germer, J., Sauerborn, J.: 8.3 Beneficiaries and transferability of the agricultural concept

### 2.7.2 Geprüft Zeitschriftenbeiträge

Geller, G., Berger, W., Fries, N., Germer, J., Glücklich, D., Höner, G., Laryea, S., Sauerborn, J. 2006: Ecological development of settlements – the case study Valley View University, Accra, Ghana. *Research and Development in sub-Saharan Africa*, 12:2-5.

Germer, J., Boh, M. Y., Schoeffler, M., Amoah, P., 2010. Temperature and deactivation of microbial faecal indicators during small scale co-composting of faecal matter. *Waste Management*, 30(2), 185-191.

Germer, J., geplant. Effects of transparent covers on microbial and physical parameters in collection chambers of an urine diverting dry toilet. *Waste Management*.

Germer, J., Sauerborn, J., Addai, S., geplant. Growth and yield response of sorghum fertilised with human urine and compost. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*.

Germer, J., Sinar, E., eingereicht. Pharmaceutical consumption and potential relevance of residuals to nutrient cycling in Greater Accra, Ghana. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*.

Grenz, J., Sauerborn, J., 2007. The potential of organic agriculture to contribute to sustainable crop production and food security in Sub-Saharan Africa. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, Supplement 89 (2007) 50-84.

### 2.7.3 Buchteile

Germer, J. U. 2008: Urin und Fäzes als Quelle von Pflanzennährstoffen. In: Berger, W., Lorenz-Ladener, C., Komposttoiletten, 46-62, Ökobuch Verlag, Staufen.

### 2.7.4 Masterarbeiten

Boateng, I. 2004: Comparative analyses of the growth and yield of corn on soil amended with human urine in comparison with alternative nutrient sources. MSc Thesis, Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim.

Sinar, E. 2008: Pharmaceuticals in human sanitary products for use in tropical agriculture - Case study at the Valley View University in Accra, Ghana. MSc Thesis, Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim.

Kpormegbe, M. 2006: Acceptability of urine-based fertilizer for crop production: A study of Amrahia, Malejor, Oyibi, Danfa, Adoteiman and Otinibi farming villages in the Greater Accra Region of Ghana. MSc Thesis, Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim.

Yongha Boh, M. 2007: Optimising faecal sludge co-composting in the semiarid Tropics. MSc Thesis, Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim.

### 2.7.5 Konferenzbeiträge

Grenz, J., J. Germer (2006): Herausforderungen und Möglichkeiten innovativer Bewässerung in der internationalen Agrarforschung. Campus Landschaft Geisenheim: Sonderforum Bewässerung im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau. 23.6.2006, Forschungsanstalt Geisenheim.

Germer, J., Grenz, J., Sauerborn, J. 2007: Ökologische Sanitärlösungen in Afrika: Beitrag zu nachhaltiger Abfallentsorgung und erhöhter Bodenfruchtbarkeit. In: S. Zikeli, W. Claupein, S. Dabbert, B. Kaufmann, T. Müller und A. Valle Zárate, (Editors) Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Deutschland, 20.-23. März 2007. Abrufbar unter: [http://orgprints.org/9429/01/9429\\_Germer\\_Vortrag.pdf](http://orgprints.org/9429/01/9429_Germer_Vortrag.pdf).

Germer, J., Sauerborn, J., 2006: Exploring the potential for recycling nutrients from waste water to enhance agricultural productivity - The example of Valley View University in Accra, Ghana. In: F. Asch and M. Becker (Editors), Deutscher Tropentag 2006 -

Prosperity and Poverty in a Globalized World - Challenges for Agricultural Research. Book of Abstracts. University of Bonn, University of Bonn, Bonn, Germany, pp. 52.

Germer, J., Yongha Boh, M., Sauerborn, J. 2007: Co-Composting as a Disposal Solution for Faecal Sludge from Innovative Pit Latrines. Deutscher Tropentag 2007 - International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. University Kassel-Witzenhausen, Germany. Abrufbar unter: [http://www.tropentag.de/2007/abstracts/links/Germer\\_EUDg9AKq.pdf](http://www.tropentag.de/2007/abstracts/links/Germer_EUDg9AKq.pdf).

### 2.7.6 Poster und Flyer

Poster vorgestellt von Germer, J., Sauerborn, J. auf 'Coupling Sustainable Sanitation and Groundwater Protection - Symposium to the International Year of Sanitation (IYS) 2008, October 14 - 17, 2008, Hannover, Germany' und in aktualisierter Form auf der 'DWA-Tagung - Neuartige Sanitärsysteme', am 2. Dezember 2008 in Weimar:

- Urine diverting dehydration toilets to harness nutrients: An estimation for Ghana
- Efficiency of different sanitisation methods on nutrient preservation and pathogen destruction in faecal matter: Report on ongoing research in Ghana
- Material cycles in ecologically sustainable sanitation: The Accra experience, Ghana
- Leaf area and yield response of urine fertilised sorghum: A field trial in Ghana

Germer, J., Sauerborn, J., 2005: Agriculture. Poster ausgestellt an der VVU.

Germer, J., Addai, S., Sarpong, D. 2009: Small Scale Composting of Human Faeces. Nutshell Guideline 001.

Germer, J., Addai, S., Sarpong, D. 2009: Fertilization with Human Urine. Nutshell Guideline 002.

Germer, J., Berger, W., Sarpong, D. 2009: Maintenance of Public Urine Diverting Toilets. Nutshell Guideline 003.

Sauerborn, J., Germer J. 2006: Ecological Development of Valley View University, Accra, Ghana - Agriculture. Faltblatt.

### 2.7.7 Internetbeiträge

Es wurde eine projektspezifische Internetpräsenz aufgebaut auf der unter anderem folgende Beiträge zur Verfügung stehen:

Germer, J., Sauerborn, J.: Climate at Valley View University. Abrufbar unter: <https://www.uni-hohenheim.de/respta/climate.php>.

Sauerborn, J., Germer J.: Ecological Development of Valley View University, Accra, Ghana - Agriculture. Faltblatt. Abrufbar unter: <http://www.uni-hohenheim.de/respta/pics/agric/cover.pdf> und <http://www.uni-hohenheim.de/respta/pics/agric/inside.pdf>.

Sauerborn, J., Germer J.: The potential of human excreta in a nutrient recycling strategy for agriculture at Valley View University, Ghana – a case study. Abrufbar unter: <http://www.uni-hohenheim.de/respta/agric.php>.

Sauerborn, J., Germer J.: Safe use of water and nutrients from ecological sanitation systems in agriculture. Abrufbar unter: <http://www.uni-hohenheim.de/respta/hygenv.php>.

Des weiteren wurde eine bebilderte Übersicht der meisten auf dem Campus vorkommenden Pflanzenarten aufgebaut:

Germer, J.: A selection of plants occurring on the Accra Plains in Ghana. Abrufbar unter: <http://www.virboga.de/collection.php?collection=accra>.

### 3 Literaturangaben

Barrett, C., Place, F., and Aboud, A., 2002. Natural Resources Management in African Agriculture.

Berger, W., and Lorenz-Ladener, C. (Eds.), 2008. Kompost-Toiletten: Sanitärtechnik ohne Wasser. Ökobuch Verlag.

Esrey, S. A., Andersson, I., Hillers, A., and Sawyer, R., 2001. Closing the loop - Ecological sanitation for food security. Sida and UNDP, Mexico.

Fugger, W., 1999. Evaluation of potential indicators for soil quality in savanna soils in Northern Ghana (West Africa).

Hamilton, A., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S., Benke, K., and Maher, P., 2007. Wastewater irrigation: The state of play. *Vadose Zone Journal* 6, 823-840.

Owusu - Bennoah, E., 1994. Organic wastes hijacked [Wastes wanted]. *ILEIA newsletter* 10, 12-13.

Salgado, E., and Cautín, R., 2008. Avocado root distribution in fine and coarse-textured soils under drip and microsprinkler irrigation. *Agricultural Water Management* 95, 817-824.

Schönning, C., 2001. Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine. In

NJF Seminar. Copenhagen, Denmark, pp. 1-11.

- Smith, B. G., 1989. The Effects of Soil Water and Atmospheric Vapour Pressure Deficit on Stomatal Behaviour and Photosynthesis in the Oil Palm. *J. Exp. Bot.* 40, 647-651.
- Van de Poel, E., Hosseinpoor, A. R., Jehu-Appiah, C., Vega, J., and Speybroeck, N., 2007. Malnutrition and the disproportional burden on the poor: the case of Ghana. *International Journal for Equity in Health* 6, 21-21.
- WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization, Geneva, Switzerland.