

## **Schlussbericht BMBF- Verbundvorhaben**

# **„Ökologische Kreislaufwirtschaft an der Valley View University Accra (Ghana)“**

Teilprojekt 2: „Sanitärtechnik innerhalb von Gebäuden“  
Projektleiter: Wolfgang Berger

Förderkennzeichen: 02WD0473

Laufzeit: 01.05.2004 – 30.11.2009

Zuwendungsempfänger:  
Berger Biotechnik GmbH (BB), Bogenstr. 17, 20144 Hamburg  
Projektbearbeiter:  
Dipl.-Ing. Wolfgang Berger

### **Verbundpartner:**

- Ingenieurökologische Vereinigung e.V. (IÖV), Dipl.-Ing. Gunther Geller, Völkstr. 27, 86150 Augsburg
- Bauhaus-Universität Weimar (BUW), Professur Grundlagen des Ökologischen Bauens, Prof. Dr.-Ing. Detlef Glücklich, Dipl.-Ing. Nicola Fries, 09421 Weimar
- Universität Hohenheim (UHOH), Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen, Prof. Dr. Joachim Sauerborn, Dr. Jörn Germer, Garbenstr. 13, 70599 Stuttgart
- Palutec GmbH (PT), Dipl.-Ing. Gunhild Höner, Postfach 102234, 86012 Augsburg
- Valley View University (VVU), Dr. Seth Laryea, P.O. Box KIA 9358, Airport-Accra, Ghana

Hamburg, September 2010

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WD0473 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

## **Schlussbericht**

### **Teilprojekt 2: Sanitärtechnik innerhalb von Gebäuden**

#### **1. Kurze Darstellung**

Berger Biotechnik GmbH (BB) ist seit 1985 Hersteller und Lieferant für Systeme und Produkte zur biologischen Abfallbehandlung und ökologischen Sanitär- und Wasserspartechnik. Darüber hinaus ist BB als Berater für Planung, Ausführung und Betrieb sanitärer Anlagen tätig und kann langjährige Erfahrungen in der Installation und in der Wartung der Systeme und Produkte in Einzel- und in Siedlungsprojekten im In- und Ausland vorweisen.

#### **1.1 Aufgabenstellung**

Das Verbundvorhaben und dessen Teilprojekte hatten zum Ziel, am Beispiel der sich entwickelnden privaten Universität „Valley View University (VVU)“ in Accra, Ghana, eine Kreislaufwirtschaft für ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Wirtschaften in Bezug auf die dezentrale Abwasserentsorgung bzw. Wasseraufbereitung zu entwickeln und umzusetzen.

Die Ergebnisse dieses Verbundvorhabens sollen praxisorientierte Lösungen von Abwasser- und Bewässerungsproblemen aufzeigen und auf zahlreiche Regionen mit Wassermangel übertragbar sein. Dabei sollen sie u.a. zur Förderung des Transfers deutscher Umwelttechnik in Entwicklungs- und Schwellenländer dienen.

Im Teilprojekt „Sanitärtechnik innerhalb von Gebäuden“ wurden folgende Arbeitsziele verfolgt:

- Ressourceneinsparung durch Verwendung von Wasserspartoiletten und Spararmaturen, z.T. mit Regenwassernutzung, sowie wasserlosen Toiletten und Urinalen für neue Fakultätsgebäude, Gästehäuser und Gemeinschafts-toiletten;
- Verwendung von Trenntoiletten und Urinalen zur Stoffstromtrennung und optimierten stofflichen Verwertung;
- Begleitung der wissenschaftlich-technischen Arbeitsschwerpunkte durch Untersuchungen zur Akzeptanz, Relevanz und Effektivität;
- Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen, um den Betrieb der installierten Anlagen während des Projektes und nach Projektabschluss langfristig zu gewährleisten;
- Wissenstransfer durch Erstellen von Betriebs- und Wartungsanweisungen innerhalb der VVU sowie durch Veröffentlichungen, Poster und Vorträge über die VVU hinaus;

## **1.2 Voraussetzungen für die Durchführung**

### **- Situation Wasserversorgung**

Zum Zeitpunkt des Projektbeginns war die Wasserversorgung an der VVU fast vollständig abhängig von Lieferungen per LKW und den gesammelten Niederschlägen, u.a. am Women's Dorm. Mit der steigenden Zahl der Studenten, der Lehrkräfte und dem Verwaltungspersonal, insbesondere der auf dem Campus lebenden Menschen, war eine gesicherte und wirtschaftlich vertretbare Versorgung mit Wasser nicht zu gewährleisten. Der 2004 erfolgte Anschluss an die zentrale Wasserversorgung in Oyibi verhinderte nicht, dass es zu Versorgungsengpässen kam, da während des Projektverlaufs der Wasserverbrauch im Einzugsgebiet durch eine stark zunehmende Siedlungsverdichtung anstieg.

### **- Situation Wasserverbrauch**

Das Ziel, einen stabilen Wasser- und Nährstoffkreislauf im Projekt zu etablieren, wird wesentlich durch die Art der installierten Sanitärtechnologien beeinflusst. Die in Ghana erhältlichen und bis dahin an der VVU installierten Spültoiletten waren mit Ein-Mengen Spülung von bis zu 12 l ausgestattet. Selbsttätige Spararmaturen waren in Ghana unbekannt.

### **- Situation Hygiene**

Neben der Aufgabe eines reduzierten und bedarfsgerechten Wasserverbrauchs bestand die dringende Notwendigkeit, die hygienischen Verhältnisse im Sanitärbereich zu verbessern. Offene Urinalrinnen für jeweils weibliche und männliche Benutzer mit Ablauf auf offenen Boden führten zu Geruchsbelästigungen in der Umgebung des Mensengebäudes und zu erheblichen Belastungen der Umwelt. Möglichkeiten zur Händereinigung nach der Benutzung fehlten. Die wenigen vorhandenen Spültoiletten waren durch starke Übernutzung im schlechten technischen und hygienischen Zustand, sodass die Sanitärräume häufig gesperrt wurden. Aufgrund der unsicheren Sanitärversorgung fand das Urinieren und Defäkieren zunehmend im Freien statt.

### **- Situation Wartung und Qualitätsmanagement**

Das Reinigungspersonal wie auch der von der VVU beauftragte Installateur waren mangels unzureichender baulicher, technischer und materieller Ausstattung nicht in der Lage, die sanitären Verhältnisse auf dem Campus zu verbessern. Die Arbeiten orientierten sich daher am konkreten Bedarfsfall, anstatt an einer regelmäßig durchgeführten und dokumentierten Wartung und Kontrolle. Entsprechende Arbeitsanweisungen, Trainings und Fortbildungsmaßnahmen wurden nicht durchgeführt.

### **1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Vorausgegangen war im Rahmen des Vorprojekts u.a. das Erfassen von Planungsgrundlagen, das Erstellen eines optimierten und kreislaufforientierten Masterplanes sowie die Installation und der Betrieb von verschiedenen deutschen Sanitärprodukten im Verwaltungsgebäude der VVU. Dabei konnten für das Hauptprojekt wichtige Entscheidungen und Erfahrungen technischer wie struktureller Art gewonnen werden. BB war im Unterauftrag durch den Partner Bauhaus-Universität Weimar am Vorprojekt beteiligt.

#### **- Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs**

Um den Wasserverbrauch zu reduzieren, aber auch, um möglichst konzentrierte und sortenreine Stoffströme für die Aufbereitung zur landwirtschaftlichen Verwertung zu erzeugen, wurden in Deutschland bewährte Sanitärtechnologien importiert und in den zum Projekt gehörigen Gebäuden installiert. Dies waren u.a.:

- Wasserspartoiletten mit Zwei-Mengen Spülung (4/2l),
- Wasser sparende Urintrenntoiletten mit Zwei-Mengen Spülung (4/2l),
- Handwaschbecken mit pflegeleichter Oberfläche,
- Wasserspararmaturen,
- Trockenurinale,
- Trockentoiletten.

#### **- Maßnahmen zur Verbesserung der Hygiene**

Bei der Auswahl der Sanitärausstattung wurde besonderen Wert auf Robustheit und Langlebigkeit der Objekte sowie einfache Reinigung und Wartung gelegt. Da alle Objekte in Neubauten installiert wurden, konnte BB Einfluss auf die übrigen sanitären Ausstattungen nehmen und Hygienestandards umsetzen. Ein wirksamer Beitrag zur Verbesserung der Hygiene war dabei die Information der Nutzer zur Toilettenbenutzung und zur Händereinigung durch Benutzungshinweise und Symbole. Auch konnte der Reinigungsturnus durch das Personal erhöht werden und Verschmutzungen in der Umgebung durch nächtliche Beleuchtung der öffentlichen Toiletten vermieden werden.

#### **- Maßnahmen zur Verbesserung der Wartung und der Qualitätskontrolle**

Im Vorprojekt wurde bereits deutlich, dass intensives Training des Reinigungspersonals und der Installateure verbunden mit einer fachlich kompetenten und zuverlässigen Qualitätskontrolle erforderlich waren. Um die o.g. Ziele erreichen zu können, wurden daher Trainingsprogramme, Workshops und Informationsveranstaltungen auch mit den Nutzern (Studenten, Lehr- und Verwaltungspersonal) durchgeführt. Während der Aufenthalte von BB vor Ort fanden regelmäßig Auffrischkurse für die beteiligten Handwerker und das Reinigungspersonal statt. Dabei ging eine umfassende Inspektion der einzelnen Installationen durch BB voraus, bei der Beanstandungen anhand von To-Do-Listen im Rahmen des Qualitätsmanagements dokumentiert und abgearbeitet

wurden. Weiterhin wurde zur Aufrechterhaltung und Überwachung des Betriebs ein Ecological Manager eingestellt und teilweise aus Projektmitteln finanziert.

#### **- zeitlicher Ablauf**

Die o.g. Maßnahmen wurden bei den folgenden Bauvorhaben der VVU im Rahmen des Forschungsprojekts umgesetzt:

- Öffentliche Toilette neben der Cafeteria „Sanitary Block“, (2005)
- teilweise Cafeteria (Wasserspantoiletten und Trockenurinale) (2006)
- 2 Gästehäuser (2005, 2007)
- teilweise Studentenwohnheim „J. J. Nortey Hall“(Trockenurinale) (2007)
- Fakultätsgebäude „Andrew Clark“ (2007)
- Fakultätsgebäude „Columbia Hall“ (2008)
- Trockentoilettengebäude am Men´s Dorm (2009)

Die Fertigstellung der Gebäude war direkt abhängig von den finanziellen Möglichkeiten des ghanaischen Partners sowie der Verfügbarkeit der Handwerker und Hilfskräfte vor Ort. Aufgrund von Spendenausfällen (Tsunami in SO-Asien), veränderten Prioritätensetzungen der VVU (Kirche, IT-Gebäude) und der Unterbrechung der deutschen Projektfinanzierung ergab sich eine zeitliche Verzögerung von insgesamt ca. 18 Monaten. Durch kostenneutrale Verlängerungen der Teilprojekte konnten die Defizite bis zum Projektabschluss aufgeholt werden.

### **1.4 Stand der Wissenschaft und Technik**

Mit steigenden Wasser- (Ver- und Entsorgung) und Energiekosten werden besonders in Schweden und in Deutschland seit Mitte der 80er Jahre Wasser sparende Toiletten und Armaturen entwickelt und von führenden Sanitärherstellern angeboten.

#### **- Wassereinsparung bei Toilettenspülung**

Verschiedene Statistiken zum häuslichen Wasserverbrauch bestätigen, dass das größte Einsparpotenzial bei der Toilettenspülung liegt. Die alleinige Reduzierung der Spülmenge reicht jedoch nicht aus, wenn nicht auch technische Veränderungen und Optimierungen in der Ausformung des Toilettenkörpers selbst und dem nachfolgenden Transportsystem vorgenommen werden. Je nach Toilettensystem sind Reduzierung bis zu 0,5l/Spülung (Vakuumtoilette) möglich (DWA 2008).

Wissenschaftlich-technische Untersuchungen zu den einzelnen Produkten finden im Rahmen von bauaufsichtlichen Zulassungen statt. Danach beträgt in Deutschland die Mindestspülwassermenge nach DIN 4,0/4,5 l, sofern die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllt werden. Durch die Unterbrechung des Spülvorgangs bzw. durch die 2-Mengenspülung kann die Spülmenge für Urin um mindestens 50% reduziert werden (SCHÜTZE 2005).

Stoffstromtrennende Sanitärobjekte, wie Trenntoiletten und Trockenurinale, sind seit ca. 15 Jahren auf dem Markt. Mitte der 90er Jahre, mit dem Beginn der Diskussion um Nährstoffrückgewinnung zur Steigerung der Reinigungsleistung von Klärwerken und zur Gewässerentlastung, erlangten entsprechende Entwicklungen, insbesondere aus Schweden und den Niederlanden, stärkeres Interesse und wurden z.T. politisch gefördert (z.B. Schweden, Begrenzung der Phosphorimporte und Nährstoffentlastung der Ostsee). Die verschiedenen auf dem Markt befindlichen Modelle wurden u.a. in einem umfangreichen Forschungsvorhaben zur Verwertung von Urin untersucht (EAWAG 2007).

Wasserlose Toilettensysteme, wie Trocknungs- und Komposttoiletten, finden seit Mitte der 80er Jahre in den USA und in Deutschland vermehrt Anwendung, nachdem erste Entwicklungen seit Mitte der 60er Jahre vor allem in den skandinavischen Ländern stattfanden. Repräsentative Untersuchungen zur Funktion und Hygiene fehlen bisher bzw. wurden in nur geringem Umfang durchgeführt (BERGER 1977, LORENZ-LADENER 1992, NAUDASCHER 2000, BERGER u. LORENZ-LADENER 2008)

#### **- Wassereinsparung bei Wasserzapfstellen**

Weitere Spareffekte ergeben sich beim Waschen, Reinigen und Duschen durch die Installation von selbstschließenden Armaturen, Stopp-Vorrichtungen, Durchflussbegrenzern und durch das Verhalten der Benutzer selbst. Die Einsparleistungen sind beim Händewaschen und Duschen besonders effektiv, indem durch Luftsprudler ein Teil der üblichen Wassermenge durch Luft ersetzt werden kann, ohne den Reinigungskomfort zu beeinflussen (SCHÜTZE 2005).

#### **1.5 Verwendete Informationsquellen**

Um auf dem aktuellen Stand der Technik und der Wissenschaft zu bleiben sowie den Austausch mit Fachleuten aktiv zu halten, war BB während der Projektdauer Besucher (B), Teilnehmer (T), Vortragender (V) und Aussteller (A) bei nachfolgenden Veranstaltungen im Bereich Sanitärtechnik:

- GTZ/IWA, 2<sup>nd</sup> International Symposium on ecological sanitation 2003, Lübeck (A, T, V);
- Dry Toilet, International Conference 2003, Tampere, Finnland (T, V);
- ISH, Internationale Sanitärmesse 2005, Frankfurt (B);
- Dry Toilet, 2<sup>nd</sup> International Conference 2006, Tampere, Finnland (T, A);
- WTO, World Toilet Organisation, Summit 2006, Moskau, Russland (T, V);
- RWTH, 1. Kongress Dezentrale Infrastruktur 2006, Aachen (T);
- TUHH, Vortragsreihe Siedlungswasserwirtschaft 2007, Hamburg (T, V);
- SE-BS, Symposium Abwasser-Recycling 2007 Braunschweig (A, T);
- RWTH, Advanced Sanitation Conference 2007 Aachen (A, T);
- Ecosan, International Conference on Sustainable Sanitation 2007, Fortaleza, Brasilien (A, T, V);
- ISH, Internationale Sanitärmesse 2007, Frankfurt (B);

- Kompetenzzentrum Wasser, Abschlussveranstaltung zum EU-LIFE-Projekt 2007, Berlin (T);
  - RWTH, 2. Kongress Dezentrale Infrastruktur 2008, Aachen (T);
  - DWA/BMZ/GTZ, Symposium Neue Sanitärkonzepte (ecosan) 2006, Eschborn (T);
  - BGR, International Symposium Coupling Sustainable Sanitation & Groundwater Protection 2008, Hannover (A, T);
  - DWA, Tagung Neuartige Sanitärsysteme 2008, Weimar (A, T);
  - FBR, Tagung Grauwasserrecycling 2009, Berlin(A, T);
  - KfW-Sektorgespräch, Sanitärversorgung Afrika, 2009, Frankfurt (T);
  - ISH, Internationale Sanitärmesse 2009, Frankfurt (A, B);
  - Dry Toilet, 3rd International Conference 2009 Tampere, Finnland (T, V);
- Parallel konnten über die Teilnahme am ecosanres-Forum Neuentwicklungen in der ökologischen Sanitärtechnik, Projekterfahrungen im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit und aktuelle Forschungsergebnisse ausgetauscht und diskutiert werden. Über dieses Forum erhielt BB auch Feedback über die im Projekt eingesetzten Sanitärtechniken und informierte u.a. über das Verbundprojekt.

## **1. 6 Verwendete Literaturquellen**

- BERGER, W. (1977): Scheiße wird Erde, Fäkalienbeseitigung als Ökosystem, Ökobuch Verlag (vergriffen);
- BERGER, W. und LORENZ-LADENER, C. (Hrsg.) (2008): Komposttoiletten, Sanitärtechnik ohne Wasser, Ökobuch Verlag, Staufen;
- DEL PORTO, D. und STEINFELD, C. (2000): The Composting Toilet Book, CEPP, Concord, MA, USA;
- DWA (Hrsg.) (2008): Neuartige Sanitärsysteme, DWA-Themen, Hennef;
- GTZ ecosan (2006): Dehydration toilets, 02Technical Data Sheets, Eschborn;
- VEST, H und BOSCH, F. (2002): Baustein 1, Technische Konzepte, GTZ (Hrsg.), Eschborn
- HERBST, H.B. (2008): Bewertung zentraler und dezentraler Abwasserinfrastruktursysteme, Bd. 213, GWA, Aachen;
- HUUHTANEN, S. und LAUKKANEN, A. (2006): A Guide to Sanitation and Hygiene for Those Working in Developing Countries, Global Dry Toilet Club, Tampere, Finland;
- LORENZ-LADENER, C. (1992): Komposttoiletten, Wege zur sinnvollen Fäkalienentsorgung, Ökobuch Verlag, Staufen (vergriffen);
- NAUDASCHER, I. (2001): Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten, Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe;
- WHO (2006): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, World Health Organisation, Geneva, Switzerland;
- WINBLAD, U. und SIMPSON-HÉBERT, M. (2004): Ecological Sanitation, revised and enlarged edition, SEI, Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden;

## **1.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Umsetzung der o.g. Maßnahmen im Rahmen des Teilprojekts fand in Abstimmung mit den Verbundpartnern und den CIM-Experten statt. Hierbei waren besonders beteiligt:

- Herr E. Kwandahor (Baudirektor VVU),
- Herr A. Mitterer, (CIM-Experte und Bauleiter),
- Herr G. Ameyaw (stellvertretender Bauleiter VVU).

Eine darüber hinausgehende Zusammenarbeit erfolgte u.a. mit folgenden Stellen:

- Prof. Dr.-Ing. W. Dickhaut, Bauingenieurwesen, HafenCity Universität Hamburg, (gemeinsame Betreuung der Diplomarbeit S. Weselmann);
- Dr. Barjenbruch und Herr Wriege-Bechthold, Universität Rostock, Siedlungswasserwirtschaft, (Installation von Urintrenntoiletten, Optimierung der Funktion und Reinigung);
- Herr E. Kaelin, Fa. Geberit International Sales, Rapperswil, Schweiz, (Optimierung der Wasserspararmaturen);
- Dr.-Ing. R. Herkt, Fa. Keramag, Vertriebsleiter Projektgeschäft, Ratingen, (Optimierung Wartung und Reinigung Centaurus Trockenurinal);
- Herr L. Lindvall, Fa. Villeroy & Boch Gustavsberg, Technische Beratung, Gustavsberg, Schweden, (Planung der Wasserspar- und Urintrenntoiletten);
- Handelskammer Hamburg, Mitglied des Afrika-Kreises (Erörterung der Problemstellung Sanitärversorgung, Klärung von Exportfragen).

## **2 Darstellung des Vorhabens**

### **2.1 Verwendung der Zuwendungen**

s. Verwendungsnachweis

### **2.2 Erzielte Ergebnisse**

Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Vorprojekt wurden im Hauptprojekt u.a. genutzt, indem ausschließlich folgende Produkte verwendet wurden:

- Wasserspartoiletten ohne Urintrennung für männliche Nutzer und Gästehäuser (V & Gustavsberg);
- Urin trennende Wasserspartoiletten für weibliche Nutzer (V & B Gustavsberg);
- wartungsarme Trockenurinale mit Membranverschluss (Keramag);
- Handwaschbecken in Keratect-Ausführung (Keramag);
- pneumatische Selbstschlussarmaturen (Geberit);
- alle Toilettenmodelle mit aufgesetzten Spülkästen aus Keramik;
- Füll- und Spülventile in allen WC-Spülkästen mit Geberit-Technik;



Die Installation und Inbetriebnahme der Sanitärobjekte war unmittelbar abhängig von der Fertigstellung der Gebäude und der Ver- und Entsorgungssysteme. Finanzielle Engpässe seitens der VVU führten häufig zu Verzögerungen, mit der Folge, dass geplante Nachfolgearbeiten und Untersuchungen in Mitleidenschaft gezogen wurden. Trotzdem konnten die Verzögerungen größtenteils durch die gute Zusammenarbeit aller Partner und die deutsche Bauleitung vor Ort (CIM-Experte) aufgeholt werden.

### **- Wasserspartoiletten**

Alle Wasserspartoiletten wurden als wandhängende Modelle geliefert, um die Bodenreinigung zu erleichtern. Dies erforderte einen doppelten Wandaufbau, in dem die Gewindehalterung für das Becken verankert wurde.



*Abb. 01  
Vorgemauerte Installationswand zur Aufnahme der Ver- und Entsorgungsanschlüsse und Halterungen (Trenntoilette).*



*Abb. 02  
Wandhängende Wasserspartoilette mit aufgesetztem Keramik-Spülkasten*

### **Ergebnisse:**

- Die 2-Mengenspülung war anfangs für die Benutzer nicht eindeutig genug, sodass eigens erarbeitete Symbole mit Bedienungsanweisung zum besseren Verständnis und zur Vermeidung von Bedienungsfehlern beitrugen. Da bei allen Installationen auf kurze Leitungswege zum Fallrohr geachtet wurde, kam es während der Projektlaufzeit nicht zu Störungen. Zur Sicherheit wurden z.T. Revisionsöffnungen an den Sammelleitungen vorgehalten.

- Anhand von Kratzspuren und Verschmutzungen auf dem vorderen Bereich des Beckenrandes wurde deutlich, dass eine Reihe von Benutzern und Benutzerinnen (auch bei Trenntoiletten) die Toiletten in Hockposition benutzten. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass die Studierenden aus 18 verschiedenen afrikanischen Nationen kommen und für einige Sitztoiletten ungewohnt sind. Mit Hilfe von deutlich sichtbaren Benutzungshinweisen und Symbolen wurde die notwendige Sitzhaltung aufgezeigt.

- Die Gewohnheit, benutztes Toilettenpapier nicht mehr getrennt neben der Toilette in einem offenen oder geschlossenen Behälter zu sammeln, sondern mit der Spülung zu entsorgen, ließ sich trotz mehrfacher Aufklärung nur schwer umsetzen. Das verschmutzte Toilettenpapier wird daher gesammelt und verbrannt.

### **- Trenntoiletten**

Die im Projekt ausgeführte Villeroy & Boch/Gustavsberg-Toilette bietet den Vorteil gegenüber anderen Varianten, dass auch nach dem Urinieren das WC-Becken vollständig gespült wird, wobei nur 1/10 der Spülmenge (0,2 l bzw. 0,4 l bei Fäzes-Spülung) in den Urinablauf zur Freispülung des Geruchverschlusses verwendet wird. Einerseits erhöht die zusätzliche Spülmenge die vorzuhaltende Speicherkapazität für Urin und den Transportaufwand bis zur Verwertung, andererseits wird damit eine Verdünnung des Urins im Verhältnis von 1:1 bis 1:5 erreicht, wie es für die Düngung einer Reihe von garten- und landwirtschaftlich genutzter Kulturpflanzen empfohlen wird.

Ergebnisse:

- In der Projektanwendung wurde deutlich, dass eine technische Lösung gegen Verstopfung des Urinablaufs und eine Reinigungsmöglichkeit des Urinablaufrohres gefunden werden musste. BB löste dies mit der Herstellung eines Siebeinsatzes aus Edelstahl und einer einfachen im Handel erhältlichen Abflussreinigerpumpe. Beide Lösungen haben sich seitdem bewährt und sind Bestandteil der Lieferungen auch für andere Projekte von BB geworden.



*Abb. 03  
Trenntoilette mit 4- und 2 l-Spülung. Das Sieb schützt den Urinablauf vor Verstopfungen mit Toilettenpapier (BB)*



*Abb. 04  
Regelmäßige Wartung zur Sauberhaltung des Urinablaufs mit einer Abflussreinigerpumpe (ca. 1 x /Woche)*

- In der Praxis konnten anfangs durch das Reinigungspersonal immer wieder Fehlbenutzungen festgestellt werden, indem Fäzes den Bereich der Urinabtrennung verschmutzten. Dies war darauf zurückzuführen, dass die weiblichen Benutzer, bei denen Trenntoiletten ausschließlich installiert wurden, die Toiletten häufig in nach vorne gebeugter hockender Haltung benutzten, um den Toilettensitz nicht zu berühren. Die Defäkation findet dann in einem steileren Winkel statt und gelangt so in den vorderen Bereich. Die Leiterin der Krankenschwesterausbildung wies auf mehreren studentischen Versammlungen hin, dass von den Toilettensitzen keine Infektionen zu befürchten sind, da sie regelmäßig gereinigt und desinfiziert werden. Mit einem Hinweisblatt und Symbolen wurde von BB auf die „richtige“ Sitzhaltung hingewiesen.



Abb. 05  
Hinweis auf „richtige“ Toilettensitzhaltung, um Verschmutzungen zu reduzieren (Piktogramm: Ph. Holzhausen)



Abb. 06  
Hinweis auf „falsche“ Toilettensitzhaltung (Piktogramm: Ph. Holzhausen)

- Weitere Ergebnisse siehe unter „Wasserspartoiletten“.

### - Trockenurinale

Hier konnte ebenfalls auf ein bestehendes Produkt (Centaurus, Keramag) mit Membran-Geruchsverschluss zurückgegriffen werden, das sich im öffentlichen Bereich bewährt hat. Die eingesetzten Urinale sind mit einer extrem dichten Oberfläche (Keratect) ausgestattet, die das Absetzen von Urinkristallen und Schmutzpartikeln weitgehend vermeidet. Auf diese Weise kann auf den Einsatz von starken Reinigungsmitteln verzichtet werden.

Im Trockentoilettengebäude wurden dagegen einfachere Trockenurinale (Smellstop, Fa. Addicom, Südafrika) eingebaut, die wesentlich preisgünstiger waren und dem Low-Cost Gedanken der Anlage entsprachen. Die PE-Kunststoffoberfläche lässt sich gut sauber halten, da Verkrustungen durch Urinkristalle leicht von der wachsartigen Oberfläche zu entfernen sind.

Ergebnisse:

- Wartung und Betrieb der Urinale verliefen ohne Beanstandung, sofern die Wartung regelmäßig durchgeführt wurde. Sporadische Geruchsentwicklung am Urinal waren auf vernachlässigte Wartung und nicht auf technische Mängel zurückzuführen.



Abb. 07  
Trockenurinal mit pflegeleichter Oberfläche, um die Ablagerung von Urinkristallen zu reduzieren (Keramag).



Abb. 08  
Membranventil als Geruchsverschluss. Die schlauchartige Membrane schließt sich, sowie der Urinfluss nachlässt (Keramag).

- Im Laufe des Projekts ergab sich, dass die Wartung der Membranen vereinfacht werden konnte, indem für jedes Urinalbecken eine weitere Membrane zum Austausch ausgehändigt wurde. Die Haltbarkeit der Membranen belief sich auf 12 bis 18 Monate und entsprach den Angaben des Herstellers.
- Um die Membrane nicht zu zerstören, dürfen nur Reinigungsmittel mit neutralem oder leicht saurem pH-Wert eingesetzt werden. Dies wurde durch verdünnten Essig oder Zitronensäure erreicht, die gleichzeitig kalklösend und desinfizierend wirken.

#### **- Wasserspararmaturen**

In der Vorprojektphase hatten sich pneumatische Selbstschlussarmaturen bewährt, die problemlos von den Nutzern angenommen wurden.

Ergebnisse:

- Beobachtungen vor Ort haben gezeigt, dass eine zeitliche Begrenzung von ca. 4 sec. ausreicht, um die Hände einzuseifen und mit einer weiteren Betätigung die Hände seifenfrei zu spülen.
- Der Einbau von Durchflussbegrenzern war für die Anwendung nicht praktikabel, da der notwendige Wasserdruck fehlte und eine häufigere Wartung notwendig geworden wäre, um eine Verstopfung durch Feinsand zu vermeiden.
- Auf die Verwendung von Wasser sparenden Duschköpfen wurde verzichtet, da aufgrund des geringen Wasserdrucks in der Regel nur eine geringe Wassermenge (5 - 10 l/min.) erreicht wurde.



Abb. 09  
Handwaschbecken mit hochdichter Oberfläche, um Reinigungsaufwand und Wasserverbrauch zu reduzieren (Keramag).



Abb. 10  
Pneumatische Selbstschlussarmatur mit einstellbarer Durchflusszeit. 2 x 4 Sek. reichen fürs Einseifen und Abspülen (Geberit).

#### - Trockentoilettengebäude BBT (Berger Biological Toilet)

Im Rahmen des Verlängerungsantrags wurde mit dem Entwurf und der Umsetzung eines Prototyps für ein Trockentoilettengebäude beim Men's Dorm vor allem der Situation einer fehlenden Sanitärversorgung bei Ausfall der Wasserversorgung begegnet. Für den baulichen Entwurf und die Ausführungsplanung konnte ein Diplomand der HafenCity Universität Hamburg in Zusammenarbeit mit BB und dem CIM-Experten, Herrn Mitterer, gewonnen werden. Herr S. Weselmann hat besonders durch seinen zweimonatigen Aufenthalt vor Ort an der VVU zum Gelingen des Bauvorhabens beigetragen (WESELMANN 2007). Das Konzept sowie die Bauleitung bis zur Inbetriebnahme wurden von BB entwickelt und durchgeführt. Es verbindet in



Abb. 11  
Eingangsbereich des Trockentoilettengebäudes. Der ummauerte Hof ist nur vom Wohnheim aus zugänglich.



Abb. 12  
Die Rückseite des Toilettengebäudes zeigt nach Süden, um die Sonnenerwärmung zur Trocknung der Fäzes zu nutzen.

bisher einzigartiger Weise bekannte Sanitäre Lösungen (solare Trocknungstoilette, GTZ 2006, HUUHTANEN und LAUKKANEN 2006, VEST und BOSCH 2002) mit innovativen Beiträgen von BB zur Gebäudeplanung und –bewirtschaftung. Das Gebäudekonzept und dessen Funktion wurden eingehend dokumentiert (z.B. BERGER 2010). Der Betrieb des Gebäudes war Voraussetzung für umfassende Untersuchungen des Partners UHOH zur Fäkalienkompostierung und Hygiene.

Ergebnisse:

- Das Gebäude wurde von den Studenten positiv als „ihr“ Toilettengebäude angenommen. Die Benutzung fand deshalb im stärkeren Maße statt, als ursprünglich von der Universitätsleitung angenommen. Diese war davon ausgegangen, dass die Trockentoiletten nur im Ausnahmefall benutzt würden, wenn die vorhandenen Spültoiletten im Wohnheim nicht in Betrieb waren. Einige der befragten Studenten sahen einen Vorteil darin, dass sich die Toiletten außerhalb des Wohntraktes befinden. Andere lobten den sauberen und geruchsfreien Betrieb. Dieser ist u.a. auch auf die engagierte Wartung des zuständigen Reinigers zurückzuführen.
- Vor Inbetriebnahme des Gebäudes wurde der Zugang für vorbeigehende Studenten, die außerhalb des Campus wohnen, mit einer Ummauerung gesperrt. Die Universitätsleitung wünschte die ausschließliche Benutzung durch die Studenten des Wohnheims, das sich im weiteren Ausbau befand. Die Ummauerung konnte von BB insoweit mitgestaltet werden, dass sich eine begrünte Hofsituation entwickeln konnte, in der sich die Studenten treffen können. Beobachtungen haben gezeigt, dass der Hof auch als Treffpunkt genutzt wird.



*Abb. 13  
Abgetrennte Sammelkammern für Fäzes mit je 2  
Wechselbehältern. Die Urinsammeltanks befinden sich  
rechts und links hinter den Holztüren.*



*Abb. 14  
Die 240l-fahrbaren Sammelbehälter  
werden mit einer Schicht Sägespäne als  
Drainage befüllt.*

- Die Trocknung der Fäzes in auswechselbaren fahrbaren Müllbehältern hat sich als nicht ausreichend erwiesen. Zwar konnten durch Temperatur- und Feuchtigkeits-

messungen des Verbundpartners UHOH gute Bedingungen zur Volumenreduzierung nachgewiesen werden, jedoch blieb der Kern der Masse mangels nicht ausreichender Oberfläche feucht bis nass. Dieses Ergebnis war voraussehbar, doch sollte eine stufenweise durchgeführte empirische Versuchsreihe Optimierungslösungen testen. Dies konnte bis zum Projektende nicht mehr ausgeführt werden. Die bestehende Funktion ist jedoch ausreichend, um die vorgesehene Kompostierung außerhalb des Gebäudes in geschlossenen Boxen durchführen zu können.

- Besuche mehrerer Teilnehmergruppen von Tagungen zur sanitären Grundversorgung konnten sich von der sauberen und geruchsfreien Funktion der Toiletten überzeugen. Es gab daher Anfragen an die Universitätsleitung, das Trockentoilettengebäude auch an anderen Stellen zu bauen und zu betreiben.

#### **- Trockentoiletten mit Urintrennung**

Aufgrund der hohen Kosten für den Einkauf von Urin trennenden Trockentoiletten aus der EU entwickelte BB für dieses Vorhaben eine Trenntoilette aus Beton, die vor Ort in einem Handwerksbetrieb mit einfachen Mitteln hergestellt wurde. Neuartig bei dieser Entwicklung war vor allem die Verwendung eines Membranventils als Geruchverschluss für die Urinleitung und eine einfache und ausreichende Oberflächenbehandlung der Terrazzo-Oberfläche mit Flüssigwachs.



Abb. 15  
Handgefertigte Betontoilette mit Terrazzo-Oberfläche (Design: Berger Biotechnik). Das Tageslicht kommt durch ein Oberlicht.



Abb. 16  
Urintrennung mit Membranventil. Alle Oberflächen sind mit Flüssigwachs behandelt.

Ergebnisse:

- Die in Ghana gefertigten Betontoiletten wurden als „eigenes“ Produkt positiv angenommen. Auch die Handwaschbecken hatte BB in Terrazzo fertigen lassen. Nach 6 Monaten Betrieb waren keine Störungen oder Beschädigungen festzustellen.

- Deutliche Hinweise, das benutzte Toilettenpapier in die Toilette abzuwerfen, wurden im Gegensatz zu den mit Wasser gespülten Toiletten, befolgt. Das Toilettenpapier gelang z.T. in den vorderen Urintrennbereich, ohne jedoch die Funktion des Urinablaufs zu beeinträchtigen.

- Die Reinigung der Innenoberflächen mit angefeuchtetem Papier, das anschließend abgeworfen wird, hat sich am einfachsten erwiesen. Die Oberflächenbehandlung mit Flüssigwachs ist je nach Beanspruchung alle 6 – 8 Wochen erneut erforderlich.

### **- Sanitärausstattung**

Der Betrieb der Toiletten und die Einhaltung von Hygienestandards sind u.a. von der Ausstattung mit Betriebs- und Pflegemitteln abhängig. Insbesondere das Fehlen von Toilettenpapier, Seife und z.T. Handtüchern ließen keine einwandfreie Toilettenbenutzung zu, sodass z.B. bei den Spültoiletten Verstopfungen durch Textilien und Zeitungspapier an den Toilettenabgängen auftraten oder auf das Händewaschen verzichtet wurde.

Ergebnisse:

Mehrfaches Ersetzen von Seife und Toilettenpapier verbesserte die Situation nicht, da entwendet wurde. BB hat deshalb einfache abschließbare Doppelrollenhalter und Flüssigseifenspender importiert und anbringen lassen, was die Situation erheblich verbesserte und die Betriebskosten senkte. Weiterhin wurden einfache abschließbare Handtuchhalter geliefert.



*Abb. 17  
Handwaschbecken aus Terrazzo mit Seifenspender. Das Selbstschlussventil ist am Regenwassertank angeschlossen.*



*Abb. 18  
Abschließbarer Toilettenpapierhalter sorgt für bessere Hygiene und spart Kosten.*



### **- Lagerhaltung**

Während der Projektlaufzeit wurde von der VVU ein abschließbarer Container auf dem Werkstattgelände zur Lagerung der Sanitärobjekte und Ersatzteile gestellt. Alle Warenein- und -ausgänge wurden vom zuständigen Storekeeper geprüft, dokumentiert und von BB durch regelmäßige Inventuren überprüft.

Ergebnisse:

Aufgrund von Bauverzögerungen und Änderungen der ursprünglichen Bedarfsplanung ergab sich bis zum Projektende ein Überhang an Sanitärobjekten, der für den nachfolgenden Fakultätsbau verwendet werden soll.

### **- Schulung**

Um die forschungsbedingte Schulung von Handwerkern und Reinigungspersonal mit Anschauungsobjekten, Informationstafeln und weiteren Informationsmaterialien durchzuführen, wurde von BB ein abgegrenzter Bereich des Ecotec-Centers mit Tischen, Stühlen, Flip-Chart u.a. ausgestattet. Diese Einrichtung hatte auch den Zweck, Versammlungsraum für die beteiligten VVU-Mitarbeiter, Arbeitsraum für die Praktikanten und Ausstellungsraum für Besucher zu sein. Die Verbundpartner hatten dazu Tafeln mit Postern über die Arbeit der verschiedenen Teilprojekte geliefert. Die Einrichtung wurde positiv angenommen und wird seit dem intensiv genutzt.



Abb. 19  
Arbeits- und Ausstellungsraum des Verbundprojekts im Ecotec-Centre



Abb. 20  
Präsentation und Diskussion mit Mitarbeitern und Praktikanten

Ergebnisse:

- Im Ecotec-Center wurden mehrere Trainings, Meetings und Workshops mit den Mitarbeitern der VVU abgehalten. U.a. wurde 2006 das 2-Tagesseminar „Ecological cycle training programme“ durchgeführt sowie weitere halbtägige Informations- und Diskussionsveranstaltungen.

- Die ursprünglich vorgesehenen Ausstellungsobjekte (Urinale, Toiletten, Savonius-Lüfter, Trenneinsätze) wurden z.T. in den Projektgebäuden installiert, da die Besucher mehr am direkten Betrieb in der Praxis interessiert waren. Die theoretischen Grundlagen konnten über die Schautafeln und Poster im Ecotec-Center vermittelt werden.



Abb. 21  
2-tägiges Seminar zum Ecological Cycle  
Training im Ecotec-Centre



Abb. 22  
VVU-Mitarbeiter und Teilprojektleiter beim  
Trainingsseminar

### **- Qualitätsmanagement**

Bis zum Ende des Projekts wurden Akzeptanz und Funktion aller sanitären Einrichtungen im Rahmen des Projekts regelmäßig bei Nutzern und Personal abgefragt, dokumentiert und bei Bedarf optimiert. Dazu wurden von BB Checklisten und To-do-Listen erstellt.

#### Ergebnisse:

Trotz mehrerer Erinnerungen wurde die Aufgabe, das Qualitätsmanagement durch vorformulierte Listen durchzuführen, vom Personal wie vom Ecological Manager nicht angenommen. Erst bei Beanstandungen wurde z.B. vom zuständigen Installateur auf das von BB bei Trainingskursen zur Verfügung gestellte Material zurückgegriffen.

### **- Informationsveranstaltungen**

Des Öfteren wurden von den Verbundpartnern Veranstaltungen für Studenten, Lehrkräfte und Verwaltungspersonal angeboten, um besonders Neuankömmlinge über das Forschungsvorhaben zu informieren und in die Benutzung der Sanitärobjekte einzuweisen.

#### - Ergebnisse

Die Veranstaltungen selbst wurden trotz vielfacher Ankündigung nur wenig besucht. Mehr Erfolg hatten Beiträge im Rahmen der studentischen Vollversammlungen und der Deans Meetings, wie auch Einladungen zu Zeremonien (Grundsteinlegung, Einweihung), wenn dabei etwas zu Essen und zu Trinken angeboten wurde.



Abb. 23  
Vorstellung des Trockentoilettengebäudes  
mit anschließender Eröffnungszeremonie



Abb. 24  
Reges Interesse und Verwunderung, warum es  
nicht unangenehm riecht

### **2.3 Gegenüberstellung 2.2 mit den Zielvorgaben**

Alle unter 2.2. aufgeführten Zielvorgaben wurden in Hinblick auf die Entwicklung und Umsetzung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft zusammen mit den Verbundpartnern erreicht. Dabei ist zu beachten, dass das Verbundprojekt, soweit bekannt, das bisher größte und konsequenteste dieser Art im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit ist.

- Die aus Deutschland importierten Sanitärobjekte sollten vor allem Vorbildcharakter haben, um eine sichere Funktion für das Demonstrationsprojekt zu gewährleisten. Teilweise mussten jedoch technische Änderungen und Optimierungen vorgenommen werden, um die Systeme weitgehend störungsfrei an die Bedingungen in Ghana anzupassen. Dies hatte einen positiven Einfluss auf die Vermarktung in Deutschland, da Zubehörteile, wie das Urinalsieb, auch für den europäischen Markt interessant sind und über BB zu beziehen sind.

- Die Übertragbarkeit der z.T. kostenintensiven Sanitäreösungen ist auf Gebäude und Einrichtungen beschränkt, die einen verhältnismäßig hohen Standard vorweisen (z.B. Regierungsgebäude, Hotels, Firmenniederlassungen). Das Anliegen von BB, eine ghanaische Lizenzproduktion der importierten Sanitärobjekte umzusetzen und dort ggf. eigene Produkte von BB für den Export produzieren zu lassen, hatte anfangs positives Interesse gefunden, scheiterte jedoch an der Schließung der ehemaligen Ideal-Standard-Produktionsstätte in Saltpond. Alle auf dem ghanaischen Markt erhältlichen Sanitärprodukte werden seitdem hauptsächlich aus China und Südkorea importiert.

- Eine Ausnahme bildet dabei das von BB entwickelte Trockentoilettengebäude, das eine Weiterentwicklung der üblichen KVIPs in Ghana darstellt und weitgehend mit vorhandenen Mitteln umgesetzt werden kann. Hieraus könnten sich neue Existenzen im planerischen, handwerklichen und Dienstleistungsbereich entwickeln.

- Die Planungsvorgaben in Bezug auf die Anzahl der zu installierenden Sanitärobjekte sowie die verspätete Fertigstellung einzelner Gebäude wurden aus Gründen, die nicht im Einflussbereich der Verbundpartner lagen, nicht eingehalten und führten zu einem Überhang an Lagervorräten.
- Ein Großteil des Arbeitseinsatzes von BB wurde mit der wiederholten Schulung des Reinigungspersonals und der Handwerker und mit dem Qualitätsmanagement verbracht. So ließen sich vorhandene Betriebshierarchien nicht verändern, um einen effektiveren Einsatz der Kräfte zu erreichen. Auch die Kontrolle der ausgeführten Arbeiten und notwendige Nachbesserungen waren für einige Mitarbeiter ungewohnt und wurden als unangenehm empfunden.
- Zu berücksichtigen ist, dass es in Westafrika keine Tradition der vorsorgenden Wartung und Instandhaltung von technischen Anlagen gibt. Technologien, die abhängig sind von aufwändigen Ersatzteilen und Spezialwissen, haben auch wegen der unzureichenden Ausbildungsmöglichkeiten für Handwerker häufig eine geringere Gebrauchschance als Technologien, die einfach und den Bedingungen vor Ort angepasst sind.
- Während der Projektlaufzeit wurde z.T. geschultes Personal anderweitig eingesetzt oder gekündigt. Das neu eingestellte Personal musste mit dem nächsten Besuch von BB erneut geschult werden, wobei es keine Übergabe bzw. keinen Austausch z.B. unter den Reinigern gab. Dabei spielten auch gesellschaftlich bedingte Verhaltensweisen eine Rolle (Neid, Stammesunterschiede).
- Ursache für den Weggang eines sehr kompetenten und verlässlichen Installateurs war die unterschiedliche Vergütung der VVU von Mitgliedern der Sieben-Tage-Adventisten und Nicht-Mitgliedern. So erhielt der Installateur, der sehr wertvoll für den Erfolg des Projekts war, keine Zuschüsse für Kinder, Schule und Mietkosten, sodass sein Grundgehalt nicht für die Versorgung seiner 5-köpfigen Familie ausreichte.
- Die zur Verfügung gestellten Installations- und Betriebsanweisungen wurden von den Installateuren nur gering genutzt, da einige von ihnen vorgaben, alles bereits zu wissen (Beratungsresistenz). Jüngere und in der Hierarchie weiter unten stehende Mitarbeiter waren hingegen offen und lernbereit, sodass sich eine positive und erfolgreiche Zusammenarbeit entwickeln konnte.

## **2.4 Zahlenmäßiger Nachweis**

s. Schlussrechnung

## **2.5 Notwendigkeit und Angemessenheit**

Vor dem Beginn des Verbundprojektes waren keine vergleichbaren Projekte bezüglich Kreislaufwirtschaft mit ökologischer Sanitärtechnik bekannt. Die unzureichende Wasserversorgung bei gleichzeitigem steigendem Bedarf und der

erhöhte und ungenutzte Abwasseranfall vor dem Hintergrund fehlender landwirtschaftlicher Bewässerung und Düngung forderten Lösungen, die eine grundsätzliche Veränderung der Ver- und Entsorgungssituation hervorbrachten. Die für das Projekt von den Partnern BUW und UHOH entwickelte Stoffstromtrennung war die notwendige Antwort auf eine auch für die Hygiene bedenkliche Situation. Um dies beispielhaft umzusetzen, erwiesen sich die für das Forschungsvorhaben beantragten Mittel für ausreichend, wobei zu berücksichtigen ist, dass 50% der eingesetzten Mittel (Material-, Reise-, Personal-, sonstige Kosten) für das Teilprojekt 2 von BB zu finanzieren waren. Um den Erfolg des Projektes auch mittel- und langfristig zu gewährleisten, wären zusätzliche Mittel nach Projektende für nachträgliche Inspektionen, Schulungen, Nachbesserungen, Ersatzteile und Beratungen notwendig.

## **2.6 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit**

- Die im Laufe des Projekts entwickelten und umgesetzten Sanitärösungen führten zu einem deutlichen Wissens- und Erfahrungsgewinn für BB, auch in der interdisziplinären Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern (z.B. Forschungsarbeiten des Projektpartners UHOH über die Hygiene bei der Fäkalienkompostierung am BBT-Gebäude).

- Der Import deutscher Sanitärtechnologie ist zurzeit als wenig Erfolg versprechend anzusehen (s.a. 2.3), da die Kaufkraft bei nur einem geringen Anteil der Bevölkerung vorhanden ist und Importe durch hohe Einfuhrzölle, Korruption und zeitraubende Einfuhr-Formalitäten unattraktiv und teuer werden. Da die ghanaische Regierung diese Bedingungen verbessern will und der Anteil der Bevölkerung mit höherem Einkommen wächst, ist eine zukünftige erfolgreiche Vermarktung in Aussicht zu stellen.

- Verschiedene Programme der WHO, UN und EU sehen eine Verstärkung der Investitionen u.a. in der sanitären Grundversorgung im Rahmen der Erreichung der Millennium-Ziele vor. Hierbei kommt dem durchgeführten Verbundvorhaben eine wichtige Bedeutung für die Umsetzung neuer Sanitärtechnologien zu, da Lösungen für den mehrgeschossigen Wohnungsbau in den Städten wie auch für Gemeinschaftstoiletten im ländlichen Bereich ausgeführt wurden. Hierzu sollte auf eine breite Veröffentlichung der Ergebnisse des Verbundvorhabens hingewirkt werden.

- Die Präsentation der Ergebnisse des Verbundprojekts auf internationalen Tagungen beförderte BB zum Partner neuer Projektvorhaben (FP7) und zum erfahrenen Lieferanten und Dienstleister für weitere Projekte (z.B. Ecological Villages, Australien und Niederlande).

- BB konnte durch das Verbundprojekt seine Kompetenzen im Bereich Consulting und Engineering ausbauen, was zu neuen Aufträgen führte (SEI-Projekt Dongsheng, Nordchina, und ACF-Projekt Ulaan Baatar, Mongolei, im Auftrag der University of Science and Technology, Beijing, China).

- Die VVU hat sich mit dem Verbundprojekt dahingehend profilieren können, indem sie sich gegenüber anderen ghanaischen Universitäten als „erste ökologische Universität Afrikas“ präsentiert. Dies brachte u.a. finanzielle Zuschüsse von der ghanaischen Regierung für den weiteren Ausbau der Universität, was medienwirksam verbreitet wurde und die VVU über Ghana hinaus bekannt machte.
- Die VVU bestückte 2006 auf eigene Kosten das neue Klinikgebäude komplett mit der von BB angebotenen Sanitärtechnik (Wasserspautoiletten, Wasserspararmaturen, Handwaschbecken). Ebenso wurden Wasserspautoiletten in der Cafeteria installiert.
- Die vorgesehene Vermarktung des Trockentoilettengebäudes in Ghana durch die VVU blieb bisher aus, da die bisherigen Interessenten und Entscheider für dieses Vorhaben nicht mehr an der VVU sind (Dr. Laryea, Mr. Kwandahor). BB wäre in diesem Fall Lieferant für Zubehör (Membranverschlüsse, Armaturen, Savionius-Lüfter u.a.).
- Der hauptsächliche Nutzen des durchgeführten Verbundprojekts liegt in der praktischen und konsequenten Anwendung einer Kreislaufwirtschaft, wie sie auch nach Projektende weitgehend weiter betrieben wird und daher Vorbild- und Repräsentationscharakter für eine erfolgreiche Verwendung von Steuermitteln im Bereich Bildung und Forschung wie auch in der Entwicklungszusammenarbeit hat.

## **2.7 Fortschritte anderer Stellen während der Projektlaufzeit**

- Universität Bonn, BMBF-Projekt SANSED Vietnam (Verwendung gleicher Urintrenntoilette mit Wasserspülung, Lieferung durch BB);
- EAWAG (Hrsg.): NoMix – Neue Wege in der Siedlungswasserwirtschaft (2007), Novaquatis Abschlussbericht, Dübendorf, Schweiz, (u.a. vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Urintrenntoiletten mit Wasserspülung);
- Fa. Keramag, (Weiterentwicklung des Membran-Geruchsverschlusses);
- BSU-Behörde für Stadterneuerung und Umwelt, Hamburg, (Praxistests des Keramag Centaurus-Trockenurinals in Öffentlichen Toiletten);
- GTZ und SEI (Akzeptanzuntersuchungen verschiedener kleinerer Projekte mit Trocknungstoiletten in der Entwicklungszusammenarbeit);
- World Toilet School der WTO, (Vermittlung von Grundlagen zu Planung, Bau, Betrieb und Wartung von öffentlichen Toilettengebäuden);

## **2.8 Veröffentlichungen der Ergebnisse**

### **- Beiträge:**

- BERGER, W. (2008): Trockentoilettengebäude an der Valley View University in Ghana, in: Berger, W. und Lorenz-Ladener, C.: Komposttoiletten – Sanitärtechnik ohne Wasser, Ökobuch Verlag, Staufeu;
- BERGER, W. (2009): From Pit Latrine to Nutrient Conservation, Vortrag mit PP-Präsentation, Dry Toilet Conference 2009, Tampere, Finnland;
- BERGER, W. (2010): Kap. 5.4, 5.5, und Anhang Workshop, in: Ecological Cycle Management at Valley View University in Accra, Ghana, - Final Report of the Research Project, Ingenieurökologische Vereinigung e.V. (IÖV) (Hrsg.), Augsburg;
- GELLER, G. et al. (2006): Ecological Development of settlements – the case study Valley View University, Accra, Ghana, in: Research and Development in Sub-Saharan Africa, 12;

### **- Poster und Flyer:**

- BERGER, W. (2005): "Water saving installations";
- BERGER, W., WESELMANN, S. (2008): "Exemplary Design and construction of an optimised public dehydration toilet";
- GERMER, J., BERGER, W., SARPONG, D. (2009): "Maintenance of Public Urine Diverting Toilets", Nutshell Guideline 003, Universität Hohenheim;
- HÖHNER, G., BERGER, W. (2008): "Rainwater Harvesting/ water saving installations";
- WESELMANN, S. (2007): "Exemplary Design and construction of an optimised public dehydration toilet".

### **- Posterpräsentationen:**

- BGR-Symposium "Coupling Sanitation and Groundwater Protection"(2008), Bundesanstalt für Geologie und Ressourcen, Hannover;
- DWA-Tagung "Neuartige Sanitärsysteme" (2008), Bauhaus Universität Weimar;
- ECOSYS-Symposium (2009), Valley View University, Accra, Ghana
- ISH-Messe (2009), Stand BB, Frankfurt.

### **- Diplomarbeit:**

- WESELMANN, S. (2007): Beispielhafter Entwurf und Bau einer optimierten öffentlichen Trockentoilettenanlage in Ghana, Diplomarbeit an der HafenCity Universität HCU, Hamburg, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. W. Dickhaut und W. Berger (BB).

### **- Schulungsunterlagen:**

- BERGER, W. (2006): Ecological sanitation – toilet systems, VVU – Ecological cycle training programme, PP-Präsentation und Reader;
- GLÜCKLICH, D., FRIES, N., BERGER, W. (2004): Ecosan manual for the existing faculty and administration building - Manual for the sanitary installations.



Abb. 25

Das Projektteam mit Diplomand und Praktikantin (von links nach rechts):

Dr. Germer (UHOH), Herr Addy, (CIM-Experte), Prof. Glücklich (BUW), Herr Weselmann (Diplomand), Prof. Sauerborn (UHOH), Herr Mitterer (CIM-Experte), Frau Höner (PT), Herr Berger (BB), Frau Fries (BUW), Frau Alkema (Praktikantin).