

# **Technische Universität Dresden**

Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften

Institut für Geographie

## **Ecosan – Eine nachhaltige Lösung für die Sanitärprobleme der Marginalsiedlungen Limas (Peru)?**

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

„Diplom-Geograph“

2007

Vorgelegt von: Patrick Oswald

Matrikelnummer: 2816246

Geboren am: 03.08.1979 in Freital

Betreuer: Prof. Dr. Bernhard Müller, Lehrstuhl für Raumentwicklung, TU Dresden  
Prof. Dr. Ortwin Renn, Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie,  
Institut für Sozialwissenschaften, Universität Stuttgart

### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet. Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Dresden, 22. August 2007

Patrick Oswald

*"Die Suche nach Lösungen für die weltweite Wasserkrise gehört zu den schwierigsten Aufgaben, vor denen die Weltgemeinschaft heute steht.*

*Es ist eine Frage des täglichen Überlebens vieler Menschen  
wie auch der Ökosysteme der Erde -  
eng verbunden mit den Herausforderungen der Armutsbekämpfung,  
des Schutzes der Gesundheit und der Ernährungssicherung.*

*Die vor uns liegende Aufgabe ist immens."*

*Heidemarie Wieczorek-Zeul, BMZ*

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Besonderer Dank gebührt Heike Hoffmann für ihr Wissen, ihre Kommentare und ihre wissenschaftlichen Ratschläge, welche stets zur Verbesserung der Arbeit beigetragen haben und mir auch in schwierigen Zeiten Mut gemacht haben.

Darüber hinaus möchte ich mich besonders bei Christian Leon und Prof. Bernhard Müller für die hilfreichen Hinweise und Vorschläge und die unkomplizierte Betreuung meiner Arbeit, bedanken.

Herzlichen Dank an Lina Paucar, Percy Gutiérrez, Joel Candia, Deyssi Inga, Selva Mesia und Anita Arrascue, die mich bei meinen Feldarbeiten in den Asentamientos Humanos unterstützten.

Vielen Dank auch an alle die an meiner Forschungsarbeit teilnahmen, die bereit waren mit mir zu sprechen, ihr Wissen und ihre Erfahrungen zu teilen und mir wertvolle Informationen bereitstellten, die für den Erfolg dieser Arbeit unentbehrlich waren.

Danke Martin Lukas für deine Zeit und Hilfe während der letzten Phase dieser Arbeit.

Zusätzlich bedanke ich mich beim LiWa-Team, das mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit im Rahmen des Projektes zu schreiben und mich mit wertvollen Kontakten und Informationen unterstützte.

Danke auch an den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) für die finanzielle Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht ohne weiteres möglich gewesen wäre.

# Inhalt

<b>Danksagung.....</b>	<b>iii</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>vii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>viii</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>x</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Veranlassung.....	1
1.1 Zielsetzung.....	3
<b>2 Methoden.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Allgemeine Grundlagen.....</b>	<b>8</b>
3.1 Urbanisierung und die globale Sanitärkrise.....	8
3.1.1 Die globale Wasser- und Sanitärkrise.....	8
3.1.2 Das Problem der „Urbanisierung der Armut“.....	10
3.1.3 Grenzen konventioneller Abwassertechnik in Marginalsiedlungen.....	11
<b>3.2 Ecosan – Konzepte für nachhaltiges Abwassermanagement.....</b>	<b>13</b>
3.2.1 Nachhaltigkeit und Abwassermanagement.....	13
3.2.2 Das Grundprinzip von Ecosan.....	13
3.2.3 Faktoren für eine erfolgreiche Umsetzung von Ecosan-Ansätzen.....	15
<b>4 Die Wasser- und Sanitärprobleme Limas.....</b>	<b>17</b>
4.1 Charakterisierung des Studiengebiets.....	17
4.1.1 Geographische Einordnung von Peru.....	17
4.1.2 Geographische Einordnung von Lima Metropolitana.....	18
4.1.3 Situation der Marginalsiedlungen von Lima.....	19
<b>4.2 Wasser- und Sanitärversorgung in Lima.....</b>	<b>21</b>
4.2.1 Problem der Wasserknappheit.....	21
4.2.2 Defizit der Wasser- und Sanitärversorgung.....	22
4.2.3 Problem der Kontamination der Gewässer.....	25
4.2.4 Defizit an urbanen Grünflächen.....	25

<b>5</b>	<b>Ergebnisse zum Betrieb von Ecosan-Sanitärmodulen .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Charakterisierung des Ecosan-Trockentoilettensystems und der Projektstandorte in Lima.....</b>	<b>27</b>
5.1.1	Húascar .....	28
5.1.2	Ciudad Nueva Pachacútec .....	30
5.1.3	Nievería.....	31
<b>5.2</b>	<b>Prinzipielle Funktionsweise des Limaer Trockentoilettensystems .....</b>	<b>32</b>
5.2.1	Technische Aspekte der Ausführung.....	32
5.2.2	Aspekte der Benutzung und der Unterhaltung.....	35
<b>5.3</b>	<b>Analyse von Betriebserfahrungen und Nachhaltigkeit des Trockentoilettensystems.....</b>	<b>35</b>
5.3.1	Akzeptanz durch die Bevölkerung und Nutzungsdauer .....	36
5.3.2	Einschätzungen zum Nutzen des Systems .....	41
5.3.3	Korrekte Nutzung von Trockentoilette und Bodenfilter.....	43
5.3.4	Nutzung der recycelbaren Wertstoffe nach Ecosan.....	50
5.3.5	Wirtschaftliche Betrachtung zum Trockentoilettensystem in Lima .....	54
5.3.6	Erfüllung des Faktors Gesundheitsschutz.....	55
5.3.7	Erfüllung des Faktors Umweltschutz.....	58
5.3.8	Zusammenfassende Betrachtung der Nachhaltigkeit des Ecosan-Trockentoilettensystems .....	59
<b>5.4</b>	<b>Weitere alternative Sanitärtechniken in AHs in Lima, die als Modul in Ecosan integrierbar sind .....</b>	<b>61</b>
5.4.1	Pflanzenkläranlagen.....	62
5.4.2	Biogasreaktoren .....	68
5.4.3	Condominialsysteme .....	71
<b>6</b>	<b>Potential von Ecosan in den Marginalvierteln von Lima und Bedingungen für deren erfolgreiche Umsetzung .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1</b>	<b>Lehren und Verbesserungsvorschläge aus den Ergebnissen zum Betrieb vorhandener Ecosan-Systeme.....</b>	<b>73</b>
6.1.1	Technische Aspekte .....	73
6.1.2	Soziokulturelle Aspekte.....	75
6.1.3	Ökonomische Aspekte .....	76

6.1.4	Institutionelle Aspekte und Einbeziehung der Öffentlichkeit .....	76
6.1.5	Legislative Aspekte .....	78
<b>6.2</b>	<b>Notwendigkeit innovativer Betriebsmodelle für Ecosan in Lima.....</b>	<b>79</b>
6.2.1	Ausgliederbare Aufgaben in den Bereichen Betrieb, Wartung und Wissensvermittlung .....	79
6.2.2	Möglichkeiten der Vermarktung der Ecosan-Produkte .....	81
6.2.3	Überlegungen zu Betreibermodellen .....	82
<b>6.3</b>	<b>Notwendigkeit von Finanzierungsmodellen für Ecosan-Projekte .....</b>	<b>84</b>
6.3.1	Kostenanalyse .....	84
6.3.2	Aktuelle öffentliche Förderpraxis.....	85
6.3.3	Lösungsansätze für die Zukunft.....	85
<b>6.4</b>	<b>Die Rolle der Stakeholder und ihr Einfluss auf Ecosan-Projekte .....</b>	<b>87</b>
6.4.1	Potentielle Nutzer der Toiletten.....	88
6.4.2	Potentielle Nutzer der Ecosan-Produkte .....	88
6.4.3	Nachbarschaftsorganisationen .....	89
6.4.4	NROs .....	90
6.4.5	Politische und administrative Autoritäten .....	91
6.4.6	Ver- und Entsorgungsunternehmen .....	93
6.4.7	Entwickler und Investoren .....	93
6.4.8	Finanzinstitutionen und andere Geldgeber .....	94
6.4.9	Bildungs- und Forschungseinrichtungen .....	95
<b>6.5</b>	<b>Konsequenzen zu Perspektiven von Ecosan-Systemen in Lima .....</b>	<b>95</b>
6.5.1	Lokale Bedingungen und Lösungsvarianten .....	96
6.5.2	Aufklärung, Schulung und Weiterbildung.....	97
6.5.3	Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Ökotoiletten.....	98
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>100</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>104</b>
	<b>Anhänge.....</b>	<b>111</b>
	<b>Anhang 1: Landkarte Peru mit Flächenverteilung.....</b>	<b>111</b>
	<b>Anhang 2: Durchgeführte Interviews mit Schlüsselinformanten .....</b>	<b>112</b>
	<b>Anhang 3: Durchgeführte Nutzerbefragungen und Gruppendiskussionen .....</b>	<b>113</b>
	<b>Anhang 4: Fragebögen der Nutzerbefragungen.....</b>	<b>114</b>

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Charakteristika von Fäkalien, Urin und Grauwasser .....	15
Tabelle 4-1: Zielvorgaben des Nationalen Plans zur Sanitärentwicklung Perus bis 2015 .....	24
Tabelle 5-1: Ecosan-Projekte mit Trockentoilettenmodul (Trockentoilette und Bodenfilter) in AHs von Lima.....	28
Tabelle 5-2: Partizipation der Nutzer bei der Durchführung der Ecosan-Trockentoiletten Projekte .....	37
Tabelle 5-3: Nutzung der Ökotoiletten 2007.....	38
Tabelle 5-4: Präferenz des Sanitärsystems nach Nutzerbefragungen .....	39
Tabelle 5-5: Sanitärversorgung an den Trockentoiletten-Projektstandorten vor dem Bau der Trockentoiletten-systeme .....	41
Tabelle 5-6: Auswahl von mit Silos und fehlender Sanitärinfrastruktur verbundener Probleme .....	41
Tabelle 5-7: Ergebnis der Umfrage zur Eintsellung gegenüber Ökotoiletten.....	43
Tabelle 5-8: Meinung der Nutzer über den Aufwand zur Reinigung und Wartung des Toilettenmoduls .....	46
Tabelle 5-9: Geruchsbelästigung der Nutzer durch die Toiletteneinheit .....	46
Tabelle 5-10: Pflanzenbedeckungsgrad der Bodenfilter in Nievería . .....	49
Tabelle 5-11: Nutzung des Materials der Sammelkammer.....	52
Tabelle 5-12: Durchschnittliche Kosten des Ecosan-Systems pro Haushalt in Nievería .....	54
Tabelle 5-13: Einschätzung der monatlichen Kosten der Ökotoiletten durch die Nutzer.....	55
Tabelle 5-14: Reinigungsleistung der Bodenfilter .....	58
Tabelle 5-15: Hauptgründe für die mangelhafte Nachhaltigkeit der Ecosan-Systeme .....	60
Tabelle 6-1: Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche in Lima und Callao 1935-2001 .....	89
Tabelle 6-2: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) für die Umsetzung von Ökotoiletten- Ecosan-Systemen in den Marginalsiedlungen Limas .....	99

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Defizit an Trinkwasser- und Sanitärversorgung in Entwicklungsländern .....	9
Abb. 3-2: Weltweite Bevölkerungsentwicklung in urbanen und ländlichen Regionen 1970-2030.....	11
Abb. 4-1: Urbanisierung von Lima Metropolitana 1940-2004 .....	18
Abb. 4-2: Sozioökonomische Schichtung Limas 2003 .....	20
Abb. 4-3: AH Pamplona Alta (San Juan de Miraflores) .....	20
Abb. 4-4: typisches Silo (AH Pamplona Alta, San Juan de Miraflores).....	23
Abb. 4-5: Parkanlage ohne Grün im AH Costa Azul (Ventanilla).....	26
Abb. 5-1: Blick auf den AH Micaela Bastida in Húascar (San Juan de Lurigancho).....	29
Abb. 5-2: Blick auf Ciudad Nueva Pachacútec (Ventanilla) .....	30
Abb. 5-3: Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Nievería (Lurigancho de Chosica) .....	32
Abb. 5-4: Weg in Siedlung „Los Topacios“ in Nievería (Lurigancho de Chosica).....	32
Abb. 5-5: Öko-Trenntoilettensitz .....	33
Abb. 5-6: Schema der in Lima eingesetzten Trockentoilette .....	33
Abb. 5-7: Schema der Grauwasserreinigungseinheit des in Lima eingesetzten Trockentoilettensystems .....	34
Abb. 5-8: Trockentoilettenmodul in Nueva Pachacutec (Ventanilla) .....	36
Abb. 5-9: Anschluss an das Trinkwasser- und Abwassernetz durch PAC im AH 2 de Enero (San Juan de Lurigancho).....	40
Abb. 5-10: Müll und Exkrememente am Hang von Húascar (San Juan de Lurigancho).....	42
Abb. 5-11: Ökotoilette im AH Nueva Alianza, Huascar (San Juan de Lurigancho) .....	43
Abb. 5-12: Grauwasserentsorgung im AH 2 de Enero, Húascar (San Juan de Lurigancho) ..	47
Abb. 5-13: Reinigungseinheit bestehend aus Fettfang und Bodenfilter (Nievería) .....	48
Abb. 5-15: hygienisiertes Fäkalmaterial nach Entleerung aus der Sammelkammer.....	52
Abb. 5-16: Park und Spielplatz im AH 2 de Enero (San Juan de Lurigancho).....	53
Abb. 5-18: Schema einer horizontal durchflossenen PKA .....	63
Abb. 5-19: PKA im AH Costa Azul (Ventanilla) .....	64
Abb. 5-21: Pflanzenkläranlage „Misericordia“ (Ventanilla).....	65
Abb. 5-20: Pflanzenkläralage in Oquendo (Ventanilla).....	65
Abb. 5-22: PKA und Parkanlage im AH Las Brisas (Villa el Salvador) .....	66

Abb. 5-23: Fussballplatz im AH Oasis (Villa el Salvador).....	67
Abb. 5-24: PKA des Systems Ecoriego im Anschluss an den Basketballplatz im AH Oasis (Villa el Salvador) .....	67
Abb. 5-25: PKA und Parkanlage des Systems ALSIRA im AH Pampas de San Juan (San Juan de Miraflores) .....	67
Abb. 5-26: Schema des Tanks „Fosaplas“ .....	68
Abb. 5-27: Biogasreaktor auf der Ökofarm Casa Blanca (Pachacamac) .....	70
Abb. 6-1: Mobiler Fäkalien-Sammelbehälter, Siedlung Buenos Aires, Cuenca (Ecuador).....	74
Abb. 6-2: Schematische Darstellung des Systems ECODESS .....	77
Abb. 6-3: Diskussion mit Stadtteilführern (Dirigentes) in San Juan de Lurigancho .....	88
Abb. 6-4: Wurmkompostherstellung bei “Kompost Real“ (Pachacamac) .....	89
Abb. 6-5: Landnutzung in Lima 2004 .....	96
Abb. 6-6: Ökotoilette und „Nutzer“ in einer Schule in der Siedlung Buenos Aires, Cuenca (Ecuador).....	98

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Übersetzung/Bedeutung</b>
AH	Asentamiento Humano	Marginalsiedlung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	
BIP	Bruttoinlandsprodukt	
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung	
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf	
CBO	Community Based Organisation	Nachbarschaftsorganisation
CIA	Central Intelligence Agency	Auslandsnachrichtendienst der Vereinigten Staaten
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente	Panamerikanisches Zentrum für Sanitäringenieurwesen und Umweltwissenschaften
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Nationaler Rat für Wissenschaft und Technologie
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente	Nationaler Rat für Umwelt
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación	Schweizer Organisation der Entwicklungszusammenarbeit
COVAP	Comité Vecinales de Agua Potable	Nachbarschaftskomitee für Trinkwasser
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf	
EC	Empresa Comunal	Kommunale Firma
ECASMA	Empresa Comunal Agua, Saneamiento y Medio Ambiente	Kommunale Firma für Wasser, Sanitärversorgung und Umwelt
ECODESS	Ecología y Desarrollo con Saneamiento Sostenible	Ökologie und Entwicklung durch nachhaltige Sanitärversorgung
Ecosan	Ecological Sanitation	Ökologische Sanitärversorgung
EcosanLAC	Saneamiento Ecológico en Latinoamérica y Caribe	Ökologische Sanitärversorgung in Lateinamerika und der Karibik
EPS	Empresa Prestadora de Servicios	(Wasser-)ver- und -entsorger

<b>Abkürzung</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Übersetzung/Bedeutung</b>
FOVELIC	Federación de Organizaciones Vecinales de Lima y Callao	Föderation der Nachbarschaftsorganisationen von Lima und Callao
GTA	Grupo de Tecnología Alternativa	Gruppe alternativer Technologien
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	
Ha.	Hektar	
IMP	Instituto Metropolitano de Planificación	Planungsinstitut der Metropolregion Lima
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática	Nationales Institut für Statistik und Informatik
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales	Nationales Institut für natürliche Ressourcen
LiWa	Lima Water	Projekt „Wasser und Abwasser in Megastädten von morgen - Konzepte für Lima Metropolitana (Perú)“
MDG	Millenium Development Goal	Millennium Entwicklungsziel
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Ministerium für Wohnen, Bau und Sanitärversorgung
NRO	Nichtregierungsorganisation	
PAC	Programa de Ampliación de Cobertura	Programm zur Erweiterung des Wasser- und Abwasserleitungsnetzes
PKA	Pflanzenkläranlage	
PROMESAL	Proyecto Mejoramiento Sanitario de las Areas Marginales de Lima	Projekt zur Verbesserung der Sanitärversorgung in den Marginalsiedlungen von Lima
PROREDES	Proyecto de Redes Secundarias	Projekt des Sekundärnetzes
Sedapal	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima	Staatlicher Wasserver- und Abwasserentsorger für Lima
SER	Asociación Servicios Educativos Rurales	Vereinigung ländliche Bildungsdienstleistungen
SIDA	Swedish International Development Cooperation Agency	Schwedische Organisation der Entwicklungszusammenarbeit

<b>Abkürzung</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Übersetzung/Bedeutung</b>
SIRDO	Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos	Integriertes Recyclingsystem von organischen Abfällen
UN	United Nations	Vereinte Nationen
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería	Staatliche Ingenieuruniversität
WHO	World Health Organization	Weltgesundheitsorganisation der Vereinten Nationen
WSP	Water and Sanitation Program	Programm der Weltbank für Wasser und Sanitärversorgung

# 1 Einleitung

Bereits heute gehören für eine Vielzahl von Großstädten – vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern – die Trinkwasserversorgung und das Abwassermanagement zu den entscheidenden Herausforderungen, um die rasant wachsende Stadtbevölkerung mit der Ressource Wasser in ausreichender Menge und guter Qualität zu versorgen sowie die hygienische Rückführung der Abwässer in den Stoffkreislauf zu gewährleisten. Zwar verringerte sich der Anteil der Menschen ohne Basis-Sanitärversorgung weltweit zwischen 1990 und 2004 von 51 auf 42 %, dennoch ist ihr Anteil immer noch sehr hoch. Wenn das im Jahr 2002 auf dem Weltgipfel von Johannesburg vereinbarte Ziel, den Anteil der Menschen ohne Basis-Sanitärversorgung bis 2015 zu halbieren, erreicht werden soll, müssen innerhalb der kommenden 8 Jahre noch etwa 1,9 Milliarden Menschen an ein Abwassersystem angeschlossen werden - 900 Millionen Menschen in ländlichen Regionen und etwa eine Milliarde Slumbewohner in den rasch wachsenden Städten und Agglomerationen der Entwicklungsländer (BMZ 2007).

## 1.1 Veranlassung

In der über acht Millionen Einwohner zählenden peruanischen Metropole Lima ist die Situation der Wasserver- und Abwasserentsorgung besonders kritisch. Als eine der trockensten Metropolen der Welt ist sie von chronischem Wassermangel betroffen. Offiziellen Angaben zufolge (MVCS 2006) sind 1,1 Millionen Menschen nicht an das städtische Trinkwassernetz angeschlossen, 1,3 Millionen Menschen haben keinen Zugang zu adäquaten Sanitäreinrichtungen und nur 10 % der Abwässer Limas durchlaufen eine Form von Reinigung. Die ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen sind gravierend. Dass die mit 2,9% sehr hohe Kindersterblichkeit Perus (UNDP 2006) maßgeblich durch wasserübertragbarer Krankheiten wie Diarrhö verursacht wird, oder dass Anfang der 90er Jahre in Lima eine Choleraepidemie ausbrach, markiert nur die berühmte Spitze des Eisberges (Sawyer et al. 2003).

Besonders prekär ist die Situation in den zahllosen städtischen Marginalsiedlungen Limas, den sogenannten Asentamientos Humanos (AHs), welche nicht durch den staatlichen Wasserver- und Abwasserentsorger (EPS) Sedapal (*Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima*) bedient werden. Die Betroffenen sind gezwungen, Trinkwasser unkontrollierter Qualität zu stark erhöhten Preisen von privaten Anbietern zu kaufen und ihre Notdurft im Freien zu verrichten, in Plastikbeuteln zu „entsorgen“ oder unhygienische Latrinen, sogenannte Silos, zu benutzen - ausreichend Faktoren, ihnen den Stempel „kultureller Unterlegenheit“ aufzudrücken und sie für immer in einem Teufelskreis aus Armut und Krankheit gefangen zu halten.

Zu dieser menschlichen Tragödie kommen ökologische Probleme. Durch die Einleitung von Abwässern werden viele Flüsse und Kanäle, deren Wasser in dem ariden Küstengebiet Perus für Bewässerungszwecke genutzt werden muss, zu Kloaken. Selbst dort, wo ein Anschluss an das Kanalnetz vorhanden ist, werden die Probleme nicht gelöst sondern nur an den Ausfluss des Kanalnetzes verlagert. Auf Grund der kaum lösbaren Trinkwasserproblematik wird die Abwasserreinigung bislang wenig beachtet, zumal sie sich auf Grund der gegebenen Gebührenstruktur für die öffentlichen Entsorger finanziell „nicht lohnt“, zu wenig staatliche Mittel zur Verfügung stehen und in der Konsequenz das Wissen zum Bau und Betrieb von modernen Kläranlagen auf nationaler Ebene gering geblieben ist. Dadurch werden selbst die gegebenen Möglichkeiten nicht ausgeschöpft.

Dies verdeutlicht, dass Lima, ebenso wie viele andere schnell wachsende Städte in Entwicklungsländern, einen hohen Bedarf an nachhaltigen Lösungen für die Bewältigung der zunehmenden Sanitär- und Abwasserprobleme hat. Zunehmend wird auf internationaler Ebene darüber diskutiert, dass gerade für die beschriebene Situation (keine vorhandene Struktur der Ver- und Entsorgung, Wasserknappheit) dezentrale Alternativen wirkungsvollere und kosteneffizientere Lösungen darstellen als konventionelle zentralisierte Abwassermanagementsysteme (Medilanski et al. 2006). Besonders interessant erscheinen hierbei die unter dem Begriff „ecological sanitation“ oder „Ecosan“ zusammengefassten alternativen Abwasser- und Sanitärentsorgungssysteme. Sie beruhen auf einer konsequenten Stofftrennung und Stoffkreislaufführung, die eine sparsame Nutzung von Wasser und die Wiederverwertung von Abwasser und Fäkalien ermöglicht. Diese Systeme werden von ihren Befürwortern, zu denen z.B. auch die Deutsche Entwicklungshilfeorganisation GTZ und die Schwedische Entwicklungshilfeorganisation Sida zählen, als ökonomisch sinnvoller, flexibler einsetzbar und ökologisch verträglicher angesehen als konventionelle Abwassersysteme (GTZ 2007a; Winblad 1998).

Durch ihre potentiellen Vorteile und aufgrund von Pilotprojekten in der ganzen Welt, an denen Deutschland maßgeblich beteiligt ist, hat das Konzept der „ecological sanitation“ in internationalen Fachkreisen einen hohen Bekanntheitsgrad erworben. Allerdings existieren noch nicht viele praktische Erfahrungen über die tatsächliche Nachhaltigkeit dieser Systeme, welche zweifellos von zahlreichen Faktoren, nicht zuletzt der kulturellen Akzeptanz, bestimmt wird, was eine Übertragung entsprechender Erfahrungen erschwert.

Im urbanen und peri-urbanen Raum Lateinamerikas wurden bislang sehr wenige Ecosan-Projekte implementiert, so dass hier besonders wenig Wissen über die Realisierungsmöglichkeiten vorliegt. In diesem Kontext bietet Lima, als eine der wenigen Städte Lateinamerikas in der bereits praktische Erfahrungen mit Ecosan-Systemen, speziell mit Trockentoiletten, gemacht wurden, die Möglichkeit, diese zu analysieren und Rückschlüsse auf die Nachhaltigkeit solcher Ecosan-Systeme im urbanen Raum abzuleiten.

## ***1.1 Zielsetzung***

Ziel dieser Arbeit ist es, am konkreten Beispiel Limas zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen Ecosan-Systeme, im Speziellen Ecosan-Trockentoilettensysteme, eine nachhaltige Lösung für die Sanitärprobleme in Marginalvierteln lateinamerikanischer Großstädte darstellen. Hierzu wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Aufnahme aller bisher in Lima realisierten Projekte, über die Informationen verfügbar sind und die in mindestens einem Ansatz der Ecosan-Idee entsprechen
- Evaluierung der Projekte mit Ecosan-Trockentoilettensystemen mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit und Akzeptanz bei der Bevölkerung
- Einschätzung der Übertragbarkeit der Erfahrungen vorhandener Pilotprojekte auf größeren Maßstab bzw. Vorschläge zu offensichtlichen Optimierungsmöglichkeiten und Alternativen
- Schlussfolgerungen zu den Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Ecosan-Systemen in den Marginalsiedlungen von Lima

Die Arbeit ist Teil des BMBF-Forschungsprojektes „LiWa - Wasser und Abwasser in Megastädten von morgen – Konzepte für Lima Metropolitana, Peru“, dessen Ziel die Entwicklung, Planung und Umsetzung neuer Konzepte für die Verbesserung der Wasserver- und Abwasserentsorgung in der peruanischen Hauptstadt Lima sein wird. Die zu erarbeitenden Lösungsstrategien sollen auf die lokale Situation abgestimmt, effektiv und nachhaltig sein, und sowohl technologische als auch ökonomische, soziale und ökologische Aspekte berücksichtigen (LiWa 2007).

## 2 Methoden

Die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Analyse hat einen vorrangig qualitativen Charakter. Die in der Vergangenheit in den Marginalsiedlungen von Lima installierten alternativen Abwassermanagementsysteme sollten möglichst vollständig erfasst und die daraus verwertbaren Ergebnisse so ausgewertet und systematisiert werden, dass sinnvolle Schlussfolgerungen für zukünftige Vorhaben gezogen werden können.

Bereits bei Beginn der Arbeit in Lima war abzusehen, dass es sich um sehr wenige Projekte handelt, zudem um verhältnismäßig kleine, die meist als privat, developmentpolitisch oder öffentlich finanzierte Pilotprojekte entstanden und in den seltensten Fällen zentral erfasst worden sind. Selbst unter Initiatoren verwandter Projekte existierte nur selten ein Informationsaustausch, und oft waren verantwortliche Personen nicht mehr erreichbar. Am schwierigsten erwies es sich, Informationen zu weniger erfolgreichen oder gescheiterten Projekten zu erhalten, da die oftmals unter Konkurrenz stehenden Initiatoren um ihr Image fürchten. Notwendigerweise hat dies die fatale Konsequenz, dass wertvolle Erfahrungen verloren gehen bzw. längst vermeidbare Fehler wiederholt wurden.

Dies führte zu der Entscheidung, den Schwerpunkt der Arbeit auf reine Ecosan-Projekte zu konzentrieren, hierzu zunächst alle verfügbaren Informationen zu sammeln und sie anschließend unter verschiedenen Gesichtspunkten einer zukünftig nachhaltigeren Nutzung zu systematisieren.

Zur Sammlung und Systematisierung der Informationen wurde in folgenden Schritten vorgegangen:

- Einarbeitung in die Problematik und Analyse relevanter Literatur
- Teilnahme an Projektworkshops, öffentlichen Veranstaltungen und Expertentreffen
- Analyse der Wasser- und Sanitärproblematik Limas
- Identifizierung alternativer Sanitärprojekte und Stakeholderanalyse
- Interviews mit Schlüsselinformanten
- Besuche der Projektstandorte
- Befragungen der Nutzer und ehemaligen Nutzer der Ecosan-Systeme
- Gruppendiskussion mit Nutzern und ehemaligen Nutzern dieser Systeme

### **Teilnahme an Projektworkshops, öffentlichen Veranstaltungen und Expertentreffen**

Neben Literaturanalysen war die Teilnahme an Projektworkshops, relevanten öffentlichen Veranstaltungen und Expertentreffen eine wichtige Quelle für Informationen über die Stadtentwicklung, die Wasser- und Sanitärsituation Limas und insbesondere über Akteure und Projekte des alternativen Abwassermanagements. Im Rahmen einiger Veranstaltungen war es möglich, Projekte zu besuchen welche der Ecosan-Idee teilweise entsprechen, und direkt mit den Verantwortlichen zu sprechen.

Unter anderem wurden folgende Veranstaltungen besucht.

- Sommerkurs „Appropriate Sanitation for the Developing World“, 14.-18.08.2006, University of Life Sciences, Ås (Norwegen)
- LiWa-Projekttreffen, 31.07.-03.08.2006 in Magdeburg (Deutschland) und 06.-9.11.2006 in Lima (Peru)
- Kurs “Transferencia de Tecnologías Limpias para Micro y Pequeñas Empresas del Sector Residuos Sólidos”, 23.-25.11.2006, OMS/CONCYTEC, Lima (Peru)
- Consulta Ambiental Urbana de Lima y Callao, 17.-18.01.2007, Lima, (Peru)
- Congreso fundacional de Federación de Organizaciones Vecinales de Lima y Callao, 28.01.2007, Lima (Peru)
- Primer Encuentro de Saneamiento Ecológico “ECOSAN” en Ecuador, 15.-16.03.2007, Cuenca (Ecuador)
- Mitgliederversammlungen der Empresa Comunal Agua, Saneamiento y Medio Ambiente in Nievería, Lima (Peru)
- Anwohnerversammlungen der AHs Nievería, San Francisco u.a. (Peru)

### **Nutzerbefragungen**

Im Rahmen dieser Studie wurden an drei Projektstandorten, an denen Ecosan-Systeme installiert worden waren, Nutzerbefragungen durchgeführt, v.a. um den derzeitigen Zustand dieser Systeme, einige Jahre nach Projektende, festzustellen, Erfahrungen der Nutzer mit ihren Ökotoiletten zu erfragen und die Akzeptanz der Ecosan-Systeme zu erforschen.

Dazu wurden für jeden Projektstandort (Nievería, Húascar, Nueva Pachacutec) aus einer Liste mit allen Haushalten, bei denen im Zuge der Projekte Ökotoiletten installiert worden waren, per Zufallszahl je 20 zu befragende Haushalte ausgewählt. Darüber hinaus wurden aus den verbleibenden Haushalten weitere ausgewählt, welche bei Nichtantreffen der zuerst ausgewählten Haushalte als Alternativhaushalte der Reihe nach befragt werden sollten.

Die Pre-tests wurden in Nievería durchgeführt, da in diesem AH die NRO Cenca noch häufig präsent ist. Sinnvoll wäre es gewesen, die Pre-tests auch an den anderen Standorten durchzuführen. Aufgrund des begrenzten Budgets und des logistischen Aufwands (Projektstandorte befinden sich weit vom Zentrum entfernt, sind mit öffentlichen Verkehrsmitteln nur ungünstig erreichbar; Nichtregierungsorganisationen (NROs) sind seit langem nicht mehr in diesen AHs aktiv und die Sicherheitslage stellt ein Problem dar) musste sich diese Studie mit nur einem Standort für die Pre-tests begnügen. Notwendige Anpassungen beinhalteten u.a. die Notwendigkeit, die Befragung in Begleitung eines peruanischen Studenten durchzuführen und Fragen zur Zahlungsbereitschaft zu streichen. Die Idee, systematisch Daten mittels Beobachtung zu erheben, musste ebenfalls verworfen werden, da es nur selten gestattet wurde, die Toilette zu besichtigen. „Die Toilette ist gerade besetzt.“ war eine häufige Ausrede um einer Besichtigung auszuweichen.

Die standardisierten mündlichen Nutzerbefragungen (Vgl. Anhang 4) wurden durch den Autor in Begleitung eines peruanischen Studenten (Lina Paucar, Percy Gutiérrez, Joel Candia) durchgeführt, die vorher kurz geschult wurden. Die Begleitperson half, die Interviewsituation (Ausländer, der die Bewohner zu ihren Toiletten befragen möchte) zu entspannen, sprachliche Unklarheiten zu beseitigen und erleichterte das Notieren der Antworten. Die Befragungen der Nutzer der Ökotoiletten, die i.d.R. an der Haustür, manchmal auch im Haus durchgeführt wurden, dauerten i.d.R. 15 bis 25 Minuten, zuweilen aber auch deutlich länger, wenn sich im Anschluss an die Befragung ein Gespräch entwickelte, das oft wertvolle Hintergrundinformationen lieferte. In einigen Fällen war es auch möglich, die Ökotoilette zu besichtigen.

Die Befragungen wurden jeweils sonntags durchgeführt, da an diesem Tag die Wahrscheinlichkeit die Bewohner in ihren Häusern anzutreffen am größten ist. Von Montag bis Sonnabend sind sehr viele Bewohner tagsüber in der Stadt arbeiten, und eine Befragung am späten Nachmittag und Abend schloss sich aufgrund der Sicherheitslage in den AHs aus.

Im Anschluss an die Befragung wurden die Antworten der ausgefüllten Fragebögen in Microsoft Excel übertragen, auf Fehler geprüft und anschließend analysiert.

In Nievería und Húascar wurde darüber hinaus mit Nutzern der Ökotoiletten jeweils eine Gruppendiskussion von ca. 1h Dauer durchgeführt (Vgl. Anhang 3). In Nievería nahmen daran 10 Personen (8 Männer, 2 Frauen) und in Húascar 7 Personen (4 Männer, 3 Frauen) teil. Geleitet wurden die Diskussionen von Deyssi Inga, Soziologiestudentin an der Universität San Marcos und Mitarbeiterin von Cenca. Die Diskussion wurde mit Hilfe eines Diktiergerätes aufgezeichnet und im Anschluss niedergeschrieben. Diskutiert wurden v.a. Aspekte der Projektdurchführung, der Akzeptanz der Ökotoiletten, des Hygieneverhaltens und des Umweltbewusstseins. Durch die Gruppendynamik fiel es den Teilnehmern oft leichter, über ihre Erfahrungen und Einstellungen bzgl. ihrer Ökotoiletten zu sprechen. Im Vergleich zu den standardisierten Befragungen gaben die Gruppendiskussionen mehr Raum für Meinungsäußerungen, für qualitative Antworten, für hypothetische Fragen welche eine längere Erklärung benötigen und zum Erforschen neuer, vorher nicht bedachter Aspekte um so explorativ zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Interessant war außerdem die Beobachtung der Emotionen der Teilnehmer. Obwohl die Teilnehmer an den Gruppendiskussionen nicht repräsentativ waren (die Teilnahme war freiwillig und nicht alle eingeladenen Nutzer nahmen daran teil), stellen die Ergebnisse eine gute Ergänzung zu den standardisierten Befragungen dar.

### **Beobachtungen**

Beobachtungen stellten eine weitere wichtige Informationsquelle dar. Alle identifizierten Anlagen, welche der Ecosan-Idee zumindest teilweise entsprechen, wurden, wo möglich in Begleitung von Personen der für die Anlage verantwortlichen Institution sowie von Sanitär-experten, besucht. Diese Besuche wurden im Rahmen von Veranstaltungen, Projekttreffen o.ä., zusammen mit Vertretern der Träger oder gänzlich selbstständig durchgeführt.

Die Besuche, welche oft auch Gespräche mit Nutzern und Anwohnern einschlossen, lieferten u.a. wertvolle Informationen für die Einschätzung der Nachhaltigkeit der Systeme. Die Gespräche mit den Schlüsselinformanten orientierten sich an einem groben Leitfaden, mussten allerdings oft der Situation und dem Kenntnisstand des Interviewten angepasst werden.

Mehrmals wurden v.a. die Projektstandorte der Ökotoiletten in Nievería, Húascar, und Nueva Pachacutec sowie der AH San Francisco, dem Standort des in Planung befindlichen Ökotoilettenprojekts, besucht. U.a. wurden dabei in Nievería und Húascar die außerhalb des Hauses befindlichen Bodenfilter kartiert. In Nueva Pachacutec war dies nicht möglich, da sich die Filter auf den Grundstücken befanden und von der Straße aus nicht zu erkennen waren.

### **Interviews mit Schlüsselinformanten**

Im Rahmen dieser Arbeit wurden mit zahlreichen Mitarbeitern von NROs und anderen Institutionen sowie sonstigen Schlüsselinformanten teilstrukturierte Interviews durchgeführt (Vgl. Anhang 2). Ein Teil der Fragen orientierte sich an deren Expertenwissen, welches für diese Arbeit von Relevanz ist. Darüber hinaus sollten allen interviewten Personen Fragen zur Einschätzung der gegenwärtigen Wasser- und Sanitärsituation in Lima und zu deren zukünftigen Entwicklung sowie zu ihrer Meinung bzgl. Konzepten des alternativen Abwassermanagements, insbesondere Ecosan, gestellt werden. Letzteres war jedoch kaum möglich, da das Wissen und die Erfahrungen bzgl. alternativer Abwassersysteme oft sehr oberflächlich waren. Neben diesen teilstrukturierten Interviews wurden mit zahlreichen weiteren Personen Gespräche geführt bzw. per Email kommuniziert.

### **Auswertung**

Die Auswertung der gesammelten Informationen konzentrierte sich vor allem auf die Beantwortung folgender Fragen:

- Welche alternativen Sanitärsysteme wurden in Lima bisher umgesetzt?
- Inwieweit sind die realisierten Ecosan-Systeme als nachhaltig zu betrachten?
- Inwieweit werden die Ecosan-Systeme von der Bevölkerung akzeptiert?
- Welche Verbesserungen und Strategien sind notwendig, um Probleme der Ecosan-Systeme zu lösen und nachhaltige Projekte auch an anderen Standorten Limas zu replizieren?
- Was sind die Rahmenbedingungen für eine massive Umsetzung von Ecosan-Systemen in Lima?

Die aus vielen Quellen stammenden Daten wurden tlw. auf ihre Richtigkeit überprüft, eingehend analysiert, verglichen und mit Experten für alternative Sanitärsysteme (u.a. Heike Hoffmann, Rotaría del Perú) und Experten für die Problematik der AHs in Peru (u.a. Anita Arrascue, Cenca; Deyssi Inga, Cenca) besprochen um anschließend in die hier vorliegende Arbeit einzufließen.

### **3 Allgemeine Grundlagen**

Die Trink- und Abwasserproblematik, zu der gemäß der Zielstellung am konkreten Beispiel von Lima Strategien zur Bewältigung analysiert werden, ist Teil eines weltweiten Problems und ist abhängig von ökonomischen, ökologischen aber auch politisch-sozialen und kulturellen Faktoren. Generelle Zusammenhänge und prinzipielle Lösungsstrategien werden im Folgenden umrissen.

#### ***3.1 Urbanisierung und die globale Sanitärkrise***

Wasser ist Voraussetzung für alles Leben auf der Erde. Es ist für die Aufrechterhaltung aller Ökosysteme erforderlich und zur Deckung der elementarsten Grundbedürfnisse der Menschen unverzichtbar. Der Wassermangel, unter dem heute bereits ausgedehnte Gebiete der Erde aus verschiedensten Gründen leiden, ist ein wesentliches Hemmnis für eine nachhaltige Entwicklung.

##### **3.1.1 Die globale Wasser- und Sanitärkrise**

Die Erde wird aufgrund der enormen Wasserressourcen, welche 71 % der Erdoberfläche bedecken, oft als der „blaue Planet“ bezeichnet. Allerdings sind von den 1,4 Milliarden Kubikkilometern Wasser der Erde nur 3 % Süßwasser, welche zum überwiegenden Teil als Eis in der Arktis, Antarktis und in den Gletschern festgelegt sind. Für die Versorgung der gesamten Menschheit und dem überwiegenden Teil der Ökosysteme stehen lediglich 0,5% der gesamten Wasserressourcen zur Verfügung (WBCSD 2005). Laut UNDP (2006) leidet ein Land unter Wasserstress, wenn es im Durchschnitt über weniger als 1700 m<sup>3</sup> Wasser pro Person und Jahr verfügt. Weniger als 1000 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr gilt als Gesundheit und wirtschaftliche Entwicklung beeinträchtigender Wassermangel.

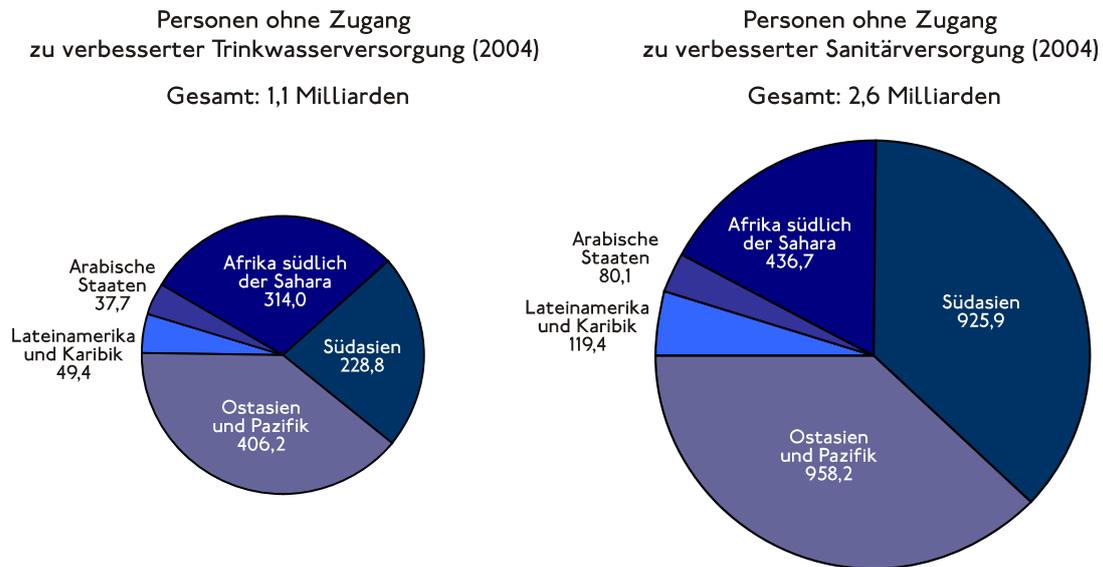
Bereits heute leiden 700 Millionen Menschen in 43 Ländern unter Wasserstress, und die Mehrzahl der größten Städte der Welt befindet sich in diesen Regionen. Laut UNDP (2006) werden 2025 zwei Drittel der Weltbevölkerung in Regionen mit Wasserstress und davon 1,8 Milliarden Menschen sogar in Regionen mit Wassermangel leben. Eine der Hauptursachen hierfür ist neben dem Bevölkerungswachstum und dem dadurch steigenden Nahrungsmittelbedarf<sup>1</sup> die zunehmende Urbanisierung, die einen steigenden Wasserverbrauch bedingt. Zusätzlich bedroht der Klimawandel die Wasserverfügbarkeit und die Wasserqualität in vielen Teilen der Erde.

Aber nicht nur die quantitative Verfügbarkeit der Ressource Wasser stellt ein großes Problem dar. Im Jahre 2004 hatte weltweit fast ein Fünftel der Menschheit, das waren 1,1 Milliarden Menschen, keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Noch gravierender ist das Defizit im

---

<sup>1</sup> Der Wasserbedarf zur Nahrungsmittelproduktion für den Bedarf eines Menschen ist etwa 70mal größer als der Bedarf an Trinkwasser und Wasser für den persönlichen Gebrauch (UNDP 2006).

Sanitärbereich, wo etwa 2,6 Milliarden Menschen (Vgl. Abb. 3-1) – nahezu die Hälfte aller Menschen in Entwicklungsländern – über keine adäquate Sanitäreinrichtung verfügten.



**Abb. 3-1: Defizit an Trinkwasser- und Sanitärversorgung in Entwicklungsländern (nach UNDP 2006)**

In vielen Regionen der Erde wird Abwasser kaum oder gar nicht behandelt. Selbst in Europa durchlaufen nur 66 % der Abwässer einen Reinigungsprozess und in Lateinamerika sind es nur 14 % (Smith 2002). Eutrophierung, Wassertrübung und erhöhte Konzentrationen an toxischen Substanzen in Gewässern führen zu einer Verringerung der biologischen Vielfalt bzw. in der Konsequenz zum Kollaps ganzer Ökosysteme. Verunreinigtes Grund- und Oberflächenwasser verursacht zudem steigende Kosten der Trinkwasseraufbereitung bzw. die aufwändige Erschließung weniger verschmutzter Quellen (Sawyer et al. 2003), was sich gerade die armen, technisch wenig entwickelten Länder nicht leisten können. Folglich gehören verunreinigtes Wasser und unhygienische Lebensbedingungen zu den häufigsten Ursachen von Krankheit und Tod in Entwicklungsländern. Etwa die Hälfte aller Menschen in diesen Ländern leiden an Krankheiten wie Diarrhö, Magen-Darm Parasiten, Schistosomiose und Trachom, die durch mit Fäkalien verunreinigtes Brauch- oder Trinkwasser übertragen werden. Allein Durchfallerkrankungen fordern jährlich etwa zwei Millionen Todesopfer, die meisten sind Kinder. Diese Krankheiten tragen zu 50% zur gegenwärtigen Auslastung der Krankenhausbetten in Entwicklungsländern bei, und jährlich gehen 5,6 Milliarden Arbeits- sowie 443 Millionen Schultage verloren (UNDP 2006).

Diese Probleme zeigen deutlich, dass für eine effektive Armutsbekämpfung und eine nachhaltige Entwicklung Strategien und Konzepte zur Bekämpfung der Wasser- und Sanitärkrise entwickelt und umgesetzt werden müssen. Wichtige Meilensteine dazu waren die Unterzeichnung der Millenniumserklärung durch die Staats- und Regierungschefs der Vereinten Nationen im Jahr 2000 (Vgl. Kasten 3-1) sowie deren Entscheidung, das Jahr 2008 zum Internationalen Jahr der sanitären Grundversorgung (International Year of Sanitation) zu erklären.

### **Ziel 7 der Millenniumserklärung: Ökologische Nachhaltigkeit Sichern**

- Unterziel 9: Die Grundsätze der nachhaltigen Entwicklung in die Politik und Programme jedes einzelnen Staates einbeziehen und den Verlust von Umweltressourcen umkehren.
- Unterziel 10: Bis 2015 den Anteil der Menschen um die Hälfte senken, die keinen nachhaltigen Zugang zu sauberem Trinkwasser und zu Basissanitärversorgung haben.\*
- Unterziel 11: Bis 2020 eine erhebliche Verbesserung der Lebensbedingungen von mindestens 100 Millionen Slumbewohnern herbeiführen.

\* die Halbierung bezieht sich auf das Referenzjahr 1990

#### **Kasten 3-1: Unterziele des Millennium Entwicklungsziels 7 nach ihrer Konkretisierung auf dem UN Entwicklungsgipfel in Johannesburg 2002 (nach UNESCO-IHP; GTZ 2006)**

Die Weltgemeinschaft ist auf einem guten Kurs, das Ziel für Trinkwasserversorgung zu erreichen. Die Fortschritte hinsichtlich der Sanitärversorgung weisen hingegen deutliche Defizite auf. Obwohl von 1990 bis 2004 jährlich 77,5 Millionen Menschen Zugang zu Sanitäreinrichtungen erlangten, müssten von 2004 bis 2015 noch jährlich 120,4 Millionen Menschen - etwa 95.000 Haushalte pro Tag - Toiletten erhalten, um den angestrebten Versorgungsgrad von 75 % zu erreichen. Und selbst dann wären noch immer 1,8 Milliarden Menschen nicht versorgt (SEI 2005; UNDP 2006). Allein in Lateinamerika und der Karibik müssten bis 2015 etwa 150 Millionen Menschen versorgt werden, um das Millennium-Entwicklungsziel zu erreichen (SEI 2005).

### **3.1.2 Das Problem der „Urbanisierung der Armut“**

Obwohl in den ländlichen Räumen der Entwicklungsländer 67% der Menschen keinen Zugang zu adäquater Sanitärversorgung haben und dieser Wert für urbane Räume „nur“ 27% beträgt, sind die Probleme in den Städten und insbesondere in den Metropolen schon heute viel gravierender als auf dem Lande (UNICEF 2007). Die erhöhte Konzentration von Menschen verschärft die Probleme der Hygiene, der Wasserqualität und der Wasserversorgung. Durch die anhaltende Urbanisierung, vor allem in Entwicklungsländern, werden im Jahr 2007 erstmals mehr Menschen in Städten als auf dem Land leben und wie Abbildung 3-2 zeigt, wird sich das zukünftige Wachstum der Weltbevölkerung fast ausschließlich in den Städten der Entwicklungsländer konzentrieren.

Ein besorgniserregendes Phänomen der Verstädterung ist die zunehmende Konzentration der Armut in den Slums der Städte von Entwicklungsländern, auch bekannt als „Urbanisierung der Armut“ (UNESCO-WWAP 2006).

Laut Garau et al. (2005) sind Slumhaushalte<sup>2</sup> definiert als „Gruppe von Individuen die unter einem Dach leben und eines oder mehrere der folgenden Notwendigkeiten entbehren: Zugang zu sauberem Trinkwasser, Zugang zu adäquater Sanitärversorgung, ausreichender Wohnraum, strukturelle Qualität und Dauerhaftigkeit der Behausung und Sicherheit des Besitzanspruchs“.

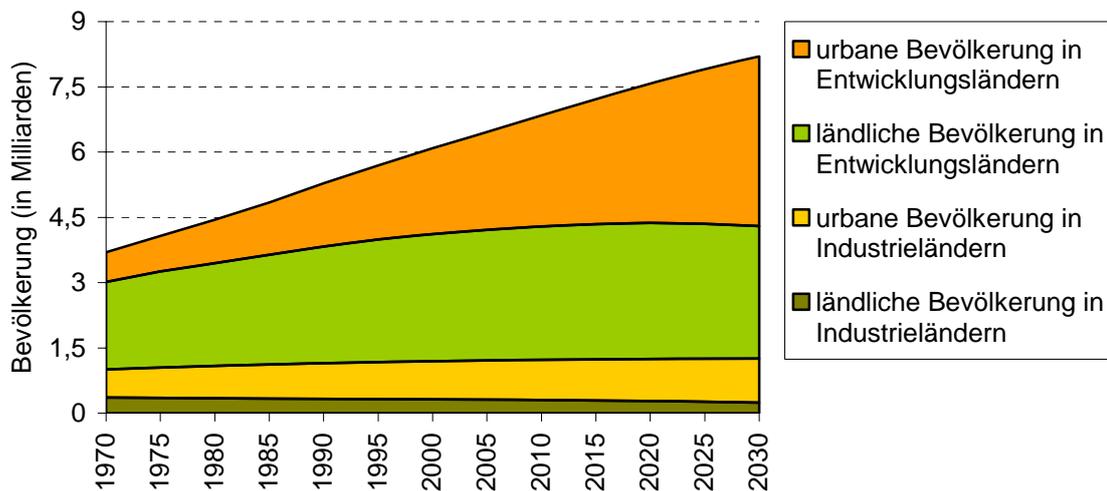


Abb. 3-2: Weltweite Bevölkerungsentwicklung in urbanen und ländlichen Regionen 1970-2030 (nach UNDP 2005)

Von den 3,2 Milliarden Städtern im Jahr 2005 lebte etwa eine Milliarde in Slums - 43 % der städtischen Bevölkerung in Entwicklungsländern - die meisten von ihnen unter lebens- und gesundheitsbedrohlichen Bedingungen (UN-Habitat 2003). Zwischen 1990 und 2001 sind in den Stadt- und Stadtrandgebieten weltweit mehr als 200 Millionen neue Slum-Bewohner hinzugekommen und Schätzungen zufolge werden es im Jahr 2020 mehr als 1,4 Milliarden sein (BMZ 2007).

### 3.1.3 Grenzen konventioneller Abwassertechnik in Marginalsiedlungen

Die Schwemmkanalisation mit nachgeschalteten Kläranlagen ist heute das vorherrschende Abwassersystem in Industrieländern. Es hat sich als sehr erfolgreich zum Schutz vor durch Fäkalien übertragene Krankheiten erwiesen und konnte in vielen Fällen die Verschmutzung der Gewässer verringern. Aufgrund dieses Erfolgs wurde dieses Konzept lange Zeit weltweit als die allgemein akzeptierte Lösung für urbane Räume angesehen (UNESCO-IHP; GTZ 2006). Die konventionelle Schwemmkanalisation hat jedoch Nachteile, die häufig übersehen wurden (Vgl. Kasten 3-2).

<sup>2</sup> Aufgrund dieser Definition, welche die Situation in den randstädtischen Marginalvierteln widerspiegelt, wird in dieser Studie die Bezeichnung Slum und Marginalviertel synonym verwendet.

### **Nachteile konventioneller Abwassersysteme**

- Enorme Investitions- und Betriebskosten sowie hoher Wartungsaufwand
- Bedarf an hoch qualifiziertem Personal
- Die in Fäkalien und Urin enthaltenen Nährstoffe werden nicht recycelt sondern mit hohem technischem und energetischem Aufwand „eliminiert“. Zugleich wird chemischer Dünger unter hohem Energieverbrauch und dem Einsatz nicht-erneuerbarer Ressourcen produziert
- Wertvolles Trinkwasser wird als Transportmittel für Fäkalien missbraucht und damit nachhaltig in seiner Qualität beeinträchtigt
- Krankheitskeime, Hormone und Medikamentenrückstände werden in der konventionellen Abwasserreinigung nur unzureichend zurückgehalten oder abgebaut

#### **Kasten 3-2: Nachteile konventioneller Abwassersysteme (nach GTZ 2007a)**

Der Hauptnachteil konventioneller Abwassersysteme ist ihr linearer Charakter. Sie stellen typische „end-of-pipe“ Lösungen dar, die eine Reihe von Problemen lediglich transferieren und kumulieren und dabei potentiell wertvolle Ressourcen zu Schadstoffen sowie kostbares Trinkwasser als Lösungs- und Transportmittel degradieren (Sawyer et al. 2003).

Nach Medilanski et al. (2006) stößt der Einsatz konventioneller Abwassersysteme gerade in den schnell wachsenden Städten der Entwicklungsländer sehr rasch an seine Grenzen. Zum einen führt chronischer Mangel an Kapital, Organisation und qualifiziertem Personal schon bei den heute vorhandenen Anlagen häufig dazu, dass diese Systeme nicht korrekt gewartet und betrieben werden. Zum anderen kann weder der Neubau zentraler Kläranlagen, noch die damit verbundene Erweiterung des Kanalnetzes sowie die Versorgung der Bevölkerung mit den z.B. zur Toilettenspülung zusätzlich erforderlichen Trinkwassermengen, mit dem Wachstum dieser Städte Schritt halten.

In Lima, wie auch in vielen anderen Städten in Entwicklungsländern, sind besonders die Einwohner der Marginalsiedlungen, überwiegend arme Menschen, davon betroffen. Für sie ist konventionelle Sanitärversorgung meist nicht erschwinglich, zumal ihre Siedlungen häufig in topographisch schwierigem Gelände und fern von vorhandenen Abwasserleitungen liegen. Oftmals geringe politische Einflussnahmemöglichkeiten und unsichere Besitzverhältnisse tragen dazu bei, dass diese Haushalte nicht oder nur langsam an das öffentliche Kanalnetz angeschlossen werden. Nach Sawyer et al. (2003) sind in Lateinamerika und der Karibik nur knapp 50 % der Bevölkerung an ein Kanalnetz angeschlossen und nur 13 bis 20 % der gesammelten Abwässer durchlaufen einen Reinigungsprozess, welcher häufig nur einen geringen Wirkungsgrad aufweist.

Die in der Praxis oft angewandte Methode, betroffene Haushalte mit Sammel- und Versickerungseinrichtungen (z.B. Latrinen) auszustatten, kann nur eine Übergangslösung darstellen, da potentiell eine akute Gefährdung des Grundwassers, aber auch der Gesundheit besteht, Kontrolle und Schutz (z.B. bei Überflutung) nicht gewährleistet sind und letztlich diese Lösung aufgrund von Geruchsbelästigung und anderen Unannehmlichkeiten von den

Slumbewohnern häufig nicht dauerhaft angenommen wird. Darüber hinaus erschwert unzureichendes Platzangebot deren Konstruktion (Sawyer et al. 2003). An die Möglichkeiten und Bedürfnisse der Slumbewohner besser angepasste und ökologisch und ökonomisch sinnvolle Alternativen sind deshalb dringend erforderlich, wobei bereits abzusehen ist, dass jede von der konventionellen Technik abweichende Alternative auch ein Umdenken, bzw. eine Schulung und Aufklärung der potentiellen Nutzer erfordern wird (UNESCO-IHP; GTZ 2006).

### ***3.2 Ecosan – Konzepte für nachhaltiges Abwassermanagement***

Eine mögliche Lösung der durch konventionelle Abwassersysteme verursachten Probleme kann in neuen Sanitärkonzepten bestehen, die unter dem Begriff „ecological sanitation“, oder kürzer „Ecosan“ zusammengefasst werden. Dieser Begriff wird seit Ende der 90er Jahre international verwandt und dessen Inhalte wurden in Deutschland wesentlich durch Professor Otterpohl vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft der TU Hamburg-Harburg und in Schweden durch Winblad mitbestimmt.

#### **3.2.1 Nachhaltigkeit und Abwassermanagement**

„Nachhaltigkeit“ und „nachhaltige Entwicklung“ sind Ausdrücke, welche heute leider schon inflationär gebraucht werden (Müller 2006). Ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammend, bezeichnet nachhaltige Entwicklung eine Wirtschaftsweise, die sicherstellt, dass die Leistungsfähigkeit eines Ökosystems für kommende Generationen unvermindert erhalten bleibt. Der im Brundtland-Bericht geprägte Begriff „sustainable development“ wird definiert als ein ganzheitliches Leitbild, welches die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Grundbedürfnisse aller Menschen befriedigt, ohne dabei die Entwicklungschancen nachfolgender Generationen zu beeinträchtigen (WCED 1987).

Damit kann nachhaltige Entwicklung auch auf zwei Herausforderungen unserer Gegenwart reduziert werden:

- Weltweite Armutsbekämpfung
- Erhalt der begrenzten Naturressourcen auch für zukünftige Generationen

Wie bereits erläutert, sind gerade Sanitärversorgung und Abwassermanagement sowohl bei der Bekämpfung der Armut als auch für den Erhalt der natürlichen Ressourcen von zentraler Bedeutung. Um dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung einen Schritt näher zu kommen, müssen also gerade Sanitärsysteme an Nachhaltigkeit orientiert sein.

#### **3.2.2 Das Grundprinzip von Ecosan**

Ecosan hat nicht die Förderung einer bestimmten Technologie zum Ziel, sondern ist eher als neue Philosophie bezüglich des Umgangs mit dem, was bisher als Abwasser betrachtet wurde, zu verstehen. „Wiederverwertung von Abwasser und Fäkalien ist nachhaltiger und wirtschaftlicher als deren Einleitung in die Oberflächengewässer“ ist der Grundgedanke der Ecosan-Konzepte (GTZ 2007b), was die konsequente Umsetzung einer stoffstromorientierten Kreis-

laufwirtschaft begründet. Je nach lokalen Möglichkeiten und Erfordernissen können dabei von reinen Low-tech Lösungen, wie dem Arborloo-System, eine umsetzbare Pit-Latrine auf deren Sickergrube später ein Baum gepflanzt wird (Mack 2006), bis zu ausgesprochenen High-tech Lösungen, wie den Separationstoiletten mit Vakuumkanalisation und anaeroben Behandlungsverfahren oder Membrantechnologie realisiert werden (GTZ 2007a), sofern die drei Hauptkomponenten von Ecosan (Vgl. Kasten 3-3) Berücksichtigung finden.

### **Die drei Hauptkomponenten von Ecosan - Systemen**

1. Verhindern von Verschmutzung anstatt diese nachträglich eliminieren zu versuchen
2. Hygienisierung von Urin, Fäkalien und Grauwasser
3. Wiederverwendung der (sicheren) Ressourcen (z.B. in der Landwirtschaft)

**Kasten 3-3: Die drei Hauptkomponenten von Ecosan (nach SEI 2005)**

Den Ecosan-Systemen gemeinsam ist ihr dezentrales Design und die Idee, Stoffströme, das heißt Fäkalien, Urin und Wasser, nicht zu mischen sondern getrennt zu erfassen. Zur allgemeingültigen Charakterisierung der Stoffströme wurden folgende Bezeichnungen gewählt (Winblad 1998):

**Grauwasser:** Fäkalienfreies, meist Waschwasser z.B. aus Spüle, Dusche, Waschmaschine

**Gelbwasser:** Unverdünnter, d.h. reiner konzentrierter Urin

**Schwarzwasser:** Unverdünnte Fäkalien und ggf. organische Reststoffe

**Braunwasser:** Mit wenig Wasser verdünnte Fäkalien, z.B. Vakuumtoiletten

Erst die konsequente Separation dieser Stoffgruppen ermöglicht deren angepasste Behandlung und Wiederverwendung. Verschiedene Technologien sind hierfür entwickelt worden. Da die Fäkalien in der Regel nicht mehr mit Wasser gemischt und transportiert werden, können im Vergleich zu konventionellen Systemen zwischen 20 und 40% des Trinkwassers eingespart werden. Wird zusätzlich Grauwasser recycelt, ist das Einsparpotential sogar noch größer (Petters et al. 2006). „Dezentral“ ist nicht automatisch gleichbedeutend mit Individuallösung sondern kann auch kleinere oder größere Siedlungslösungen bedeuten, wenn diese die hohen Investitionskosten konventioneller Systeme, die bis zu 80% durch das Kanalnetz bestimmt werden (Medilanski et al. 2006), unterbieten.

Wie in Tabelle 3-1 ersichtlich, enthalten Fäkalien und insbesondere Urin alle wichtigen Pflanzennährstoffe, und nach Petters et al. (2006) wäre die Menge der mit dem Abwasser ausgeschiedenen Nährstoffe für die Nahrungsmittelproduktion der Weltbevölkerung nahezu ausreichend. Urin könnte z.B. direkt als Dünger eingesetzt werden, während Fäkalien mit organischen Abfällen vermischt, zuerst in einem Kompostierungs- oder Faulprozess (evt. mit Biogasnutzung) hygienisiert und dann zur Verbesserung der Bodenstruktur verwendet werden könnten. Ein bedeutender Anteil der Nährstoffe und Spurenelemente wird damit in die landwirtschaftlich genutzten Böden zurückgeführt, lokale Kreisläufe geschlossen, die Eutrophierung der Gewässer vermindert und in erheblichem Maße Energie eingespart.

Von besonderem Interesse ist die Wiedergewinnung von Phosphat, da Studien davon ausgehen, dass in 60 bis 130 Jahren die Lagerstätten dieser nicht-erneuerbaren Ressource aufgebraucht sein werden (Sawyer et al. 2003).

**Tabelle 3-1: Charakteristika von Fäkalien, Urin und Grauwasser (nach Jenssen et al. 2006)**

Menge pro Person und Jahr	Fäkalien	Urin	Grauwasser
<b>Produziertes Volumen</b>	~ 50kg	~ 500l	~ 25.000l – 100.000l* (+20.000l bei 8l Toilettenspülung)
<b>Stickstoff (in kg)</b>	~ 0,4 – 0,5	~ 3,5 – 4,5	~ 0,1 – 0,2
<b>Phosphor (in kg)</b>	~ 0,03	~ 0,05	< 0,01
<b>Kalium (in kg)</b>	~ 1	~ 0,2	~ 0,6
<b>Organischer Kohlenstoff (in kg)</b>	~ 14,1	~ 3,6	~ 12,3
<b>Belastung mit Pathogenen</b>	Hygienisch sehr bedenklich	Hygienisch nahezu unbedenklich	Hygienisch nahezu unbedenklich

\* Wert schwankt erheblich je nach Region und individuellen Gewohnheiten

### 3.2.3 Faktoren für eine erfolgreiche Umsetzung von Ecosan-Ansätzen

Ein besonderer Aspekt von Ecosan-Systemen ist deren Interdisziplinarität, was bedeutet, dass die technische Lösung allein nicht die Nachhaltigkeit garantiert. Um z.B. die Schließung des Stoffkreislaufes durch Nutzung der gewonnenen Nährstoffe tatsächlich langfristig zu garantieren, ist nicht nur die klassische Siedlungswassertechnik gefragt, sondern auch Bereiche der Landwirtschaft und des Gartenbaus, der Nahrungsmittelverarbeitung, des Gesundheitswesens, der Stadtplanung und der Abfallwirtschaft sind direkt betroffen, müssen einbezogen, vielleicht überzeugt werden und kooperieren (GTZ 2007a). Da sich zudem die diversen Ecosan-Lösungen alle mehr oder weniger vom „bewährten“ und oft als erstrebenswerten Status der entwickelten Welt angesehenen Wasserspülklo unterscheiden, ist gerade bei Ecosan-Projekten frühzeitige und umfassende Partizipation der Nutzer unverzichtbar. Die Kampagnen zur öffentlichen Bewusstseinsförderung, Hygiene, Benutzung und den Vorteilen des Systems sind besonders wichtig und in vielen Fällen müssen z.B. auch Soziologen beteiligt werden, denn auch soziokulturelle Aspekte spielen bei der Akzeptanz und dem Erfolg der Maßnahmen eine wichtige Rolle (UNESCO-IHP; GTZ 2006).

Nicht zuletzt wird die Ökonomie über den Erfolg von Ecosan-Projekten entscheiden, was u.a. bedeuten kann, dass eine Vermarktung der recycelten Rohstoffe vielleicht am nachhaltigsten den Erfolg der Produkte garantiert. Derzeit ist es allerdings unmöglich, z.B. exakte Kosten für Ecosan-Systeme in armen peri-urbanen Räumen zu geben, oder den finanziellen Gewinn aus einem Nährstoffrecycling zu kalkulieren, da diese von der Wahl der Technologie, aber auch den lokalen Bedingungen abhängig sind und es diesbezüglich bisher nur wenige Erfahrungen gibt. Langfristig erscheinen die Kosten von Ecosan- im Vergleich zu konventionellen Sanitärsystemen aber günstiger zu sein. Hinzu kommt noch, dass externe Kosten, verursacht durch Umweltverschmutzung und Ressourcenverbrauch vermieden werden (Petters et al. 2006). Dennoch ist davon auszugehen, dass sich Entscheidungsträger im konkreten Fall immer für

die Lösung entscheiden werden, die entweder in Hinblick auf die Investitionskosten und Betriebskosten die günstigere ist oder anderweitig signifikante Vorteile bietet. Makroökonomische Auswirkungen wie geringere Kosten für Gesundheitsfürsorge und Umweltschutz, weniger Arbeitsausfälle und geringerer Ressourcenverbrauch werden erst langfristig wirksam und werden in dem oft wechselhaften politischen Geschehen von Entwicklungsländern bisher kaum berücksichtigt.

In modernen Industrieländern, die über stabile Organisationsstrukturen verfügen, Recycling oder die Nutzung alternativer erneuerbarer Energiequellen (Biogas) sogar finanziell unterstützen und in denen ohnehin eher die High-tech Varianten der Ecosan-Systeme zur Diskussion stehen, die von den Benutzern keine entscheidende Umgewöhnung verlangt, sind dies eher geringere Probleme. Doch wie sieht dies in den Marginalvierteln der Ballungszentren in Entwicklungsländern aus, für die Ecosan DIE Lösung bringen soll? Hierzu versucht die vorliegende Arbeit einige Antworten zu finden.

## **4 Die Wasser- und Sanitärprobleme Limas**

Die Metropole Lima leidet unter erheblichen Wasserversorgungs- und Sanitärproblemen, deren zentrale Ursache die Lage der Stadt in einer extrem trockenen Küstenwüste ist. Demographische, politische, sozioökonomische und kulturelle Faktoren erschweren die Situation erheblich. Hinzu kommt, dass die verschiedenen sozialen Bevölkerungsschichten sehr unterschiedlich von den Konsequenzen betroffen sind. Die wichtigsten Zusammenhänge werden im Folgenden analysiert.

### **4.1 Charakterisierung des Studiengebiets**

In den folgenden Kapiteln werden für die Einordnung und Auswertung der Ergebnisse dieser Studie relevante physisch-geographische, demographische, politische, sozioökonomische und stadtentwicklungsgeschichtliche Grundkenntnisse des Studiengebiets systematisiert und das Studiengebiet in den nationalen Kontext eingeordnet.

#### **4.1.1 Geographische Einordnung von Peru**

Die Republik Peru befindet sich im zentralen Westen Südamerikas und ist mit einer Fläche von 1.285.215km<sup>2</sup> der drittgrößte Staat des Kontinents. Sein Territorium wird von drei sehr unterschiedlichen Regionen bestimmt: 12% nimmt die Küstenwüste im Westen (*costa*) ein, 28% das Hochland der Anden im Zentrum (*sierra*) und 60% das Regenwaldgebiet mit dem Amazonastiefland im Osten (*selva*) (Alegre et al. 2002) (vgl. Anhang 1).

Die Bevölkerung Perus betrug 2006 etwa 28,3 Millionen Einwohner (CIA 2007). Durch die seit der 2. Hälfte des vergangenen Jahrhunderts anhaltende Landflucht, vor allem aus der Sierra, änderte sich die Bevölkerungsstruktur von vorherrschend ländlich (64,6% im Jahre 1940) zu überwiegend städtisch (72,6% im Jahre 2005). Während die Gesamtbevölkerung des Landes 2005 um 1,5% zunahm, wuchs die städtische Bevölkerung um 1,8%. Es wird erwartet, dass sowohl das Bevölkerungswachstum als auch der Verstädterungsprozess, wenn auch in geringerer Intensität, anhalten werden (INEI 2007a).

Politisch-administrativ ist Peru in 25 Regionen (*regiones*), 194 Provinzen (*provincias*) und als unterste Verwaltungsebene in 1830 Distrikte (*distritos*) unterteilt (INEI 2007b), die trotz erster politischer Ansätze zur Dezentralisierung und Demokratisierung einer extrem starken Einflussnahme aus Lima unterliegen. Durch den zentralistischen Verwaltungsapparat wird der Raum für aktive Partizipation und Bürgerbeteiligung einengt und auf die individuellen Belange der verschiedenen Regionen kann nicht flexibel reagiert werden. Nach Belaunde (2007) befindet sich die gegenwärtige Verwalt- und Regierbarkeit Perus in einer Krise.

Die wichtigsten Wirtschaftssektoren sind neben Handel, Dienstleistung und Industrie, die sich besonders in Lima konzentrieren, die Landwirtschaft vor allem in der Küstenregion, und der Bergbau in den Anden. Seit 2002 befindet sich das Land in einem wirtschaftlichen Aufschwung mit jährlichen Wachstumsraten des BIP von bis zu 7,6% (INEI 2007b). Der Human

Development Index<sup>3</sup>, beträgt 0,767 und beschreibt Peru damit als ein Land mittleren Entwicklungsstandes. 2004 betrug die Lebenserwartung bei der Geburt 69,8 Jahre, die Alphabetenquote der Erwachsenen 87,7%, die Brutto-Schuleinschreibungsrate 97% und das BSP pro Kopf erreichte US\$ 5.678 (UNDP 2006).

Diese Werte verbergen jedoch die enorme Ungleichheit der Verteilung von Wohlstand und Entwicklungschancen. Die Hälfte der Peruaner werden als arm eingestuft (MVCS 2006), und lediglich 3,2% des nationalen Gesamteinkommens verteilt sich auf die ärmsten 20% der Bevölkerung. Ihr Anteil am Gesamteinkommen ist 18,6 mal geringer als jener der reichsten 20%. Diese Ungleichheit spiegelt sich auch in vielen andern Lebensaspekten wie Bildung, Zugang zu Trinkwasser und Sanitärversorgung, Wohnbedingungen, Kindersterblichkeit und Lebenserwartung wider (UNDP 2006).

#### 4.1.2 Geographische Einordnung von Lima Metropolitana

Lima, die Hauptstadt Perus und die Provinz Callao mit dem Haupthafen des Landes, bilden zusammen das städtische Konglomerat welches als Lima Metropolitana bekannt ist. Die 49 Stadtbezirke (*distritos*) erstrecken sich von der Küste des Pazifischen Ozeans bis in die westlichen Ausläufer der Anden und nehmen eine Fläche von 2.817 Quadratkilometer ein (CONAM et al. 2005). Hiervon sind aber nur etwa 24% besiedelt und weitere 9% für zukünftige städtische und landwirtschaftliche Nutzung geeignet, während 55% des Territoriums von steilen Berghängen und instabilen Sanddünen eingenommen wird und die restlichen 12% geschützte Flächen sind (Sedapal 1998).

Lima Metropolitana steht mit über 8 Millionen Einwohnern nach São Paulo, Mexiko Stadt, Buenos Aires und Rio de Janeiro an fünfter Stelle der bevölkerungsreichsten Städte Lateinamerikas, und innerhalb Perus ist es mit großem Abstand die bevölkerungsreichste Agglomeration. Jeder dritte Peruaner lebt hier (UN-DESA 2006).

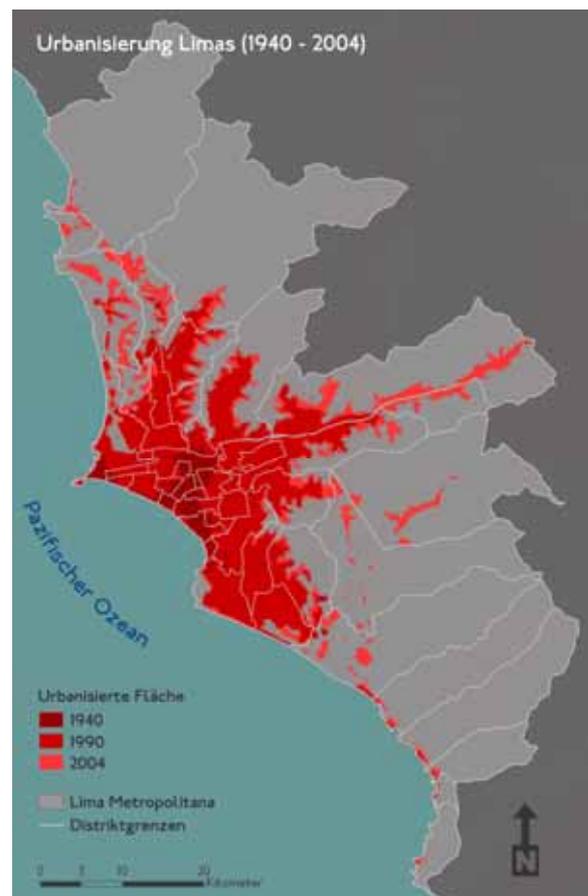


Abb. 4-1: Urbanisierung von Lima Metropolitana 1940-2004 (eigene Erarbeitung, Karten- und Datengrundlage: IMP 2007)

<sup>3</sup> Der HDI ist eine Maßzahl, die den Stand der menschlichen Entwicklung in den Ländern der Welt verdeutlicht. Sie berechnet sich aus der durchschnittlichen Lebenserwartung bei Geburt, der Alphabetenquote der Erwachsenen, der Brutto-Schuleinschreibungsrate und der realen Kaufkraft pro Einwohner (UNDP 2006).

Die Metropole ist das wirtschaftliche, kulturelle, administrative und politische Zentrum des Landes. Alle wichtigen Entscheidungen werden hier getroffen und annähernd die Hälfte des nationales Bruttoinlandsproduktes wird hier erwirtschaftet (CONAM et al. 2005). Der Entwicklungsvorsprung zu anderen Landesteilen ist immens. Das Durchschnittseinkommen ist etwa doppelt so hoch wie der nationale Durchschnitt, und die Armutsquote in Lima ist etwa 20% geringer als für ganz Peru. Durch die sehr ungleiche Verteilung der Einkommen müssen dennoch über 2,8 Millionen Menschen in der Metropole Lima mit weniger als US\$ 1,5 pro Tag auskommen (CONAM et al. 2005).

Obwohl Lima schon immer eine dominante Stellung innerhalb Perus hatte, ist die Bevölkerung der Stadt in den ersten 400 Jahren seit der Gründung Limas durch Francisco Pizarro im Jahr 1535 nur sehr moderat gewachsen und betrug im Jahr 1940 lediglich 662.000 Personen, was 9,4% der Gesamtbevölkerung entsprach (CONAM et al. 2005). Ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfuhr die Stadt allerdings ein explosionsartiges Bevölkerungswachstum (Vgl. Abb. 4-1). Vor allem durch Land-Stadt gerichtete Migration verzehnfachte sich die Einwohnerzahl zwischen 1940 und 2004 auf 8,1 Millionen. Das Wachstum erreichte zwischen 1961 und 1972 eine maximale Rate von 5,5% (IMP 2007). Es wird geschätzt, dass die Wachstumsrate bis heute auf 1,8% gesunken ist und bis 2015 weiter auf 1,3% sinken wird (MVCS 2006). Dennoch wächst Lima jedes Jahr um weitere 150.000 Menschen an und wird voraussichtlich bis 2020 die Zehnmillionengrenze überschritten haben (CONAM et al. 2005). Auffällig ist das ausgeprägte horizontale Wachstum der Stadt, was die im Vergleich zu anderen lateinamerikanischen Großstädten niedrige Bevölkerungsdichte von 2857 Einwohnern pro Quadratkilometer begründet (CONAM et al. 2005).

#### **4.1.3 Situation der Marginalsiedlungen von Lima**

Während in den wohlhabenden Distrikten Limas, wie Miraflores oder San Isidro, moderne Hochhäuser und Bürogebäude, Einkaufszentren und Appartements das Stadtbild prägen und es den Bewohnern scheinbar an nichts mangelt, ist die Realität für die Hälfte der Einwohner Limas eine ganz andere (Vgl. Abb. 4-2). Etwa 43% der Bevölkerung lebt in Asentamientos Humanos, welche seit der Mitte des 20. Jahrhunderts entstanden und heute eines der markantesten Erscheinungen im Stadtbild von Lima darstellen.

Dem hohen Zuwanderungsdruck stand die Unfähigkeit des Staates gegenüber, die Urbanisierungsprozesse planend zu begleiten. Dies führte zur explosionsartigen Ausbreitung überwiegend durch Invasionen bzw. illegale Landbesitznahme entstandener Marginalsiedlungen, welche abwechselnd als Barriadas, Pueblos Jovenes oder eben AHs bezeichnet wurden. Ziel der Invasionen waren bis Ende der 80er Jahre vor allem die zentrumsnahen Berghänge und ebenes Terrain, anfangs in der Flussoase des Río Rimac und später auch außerhalb dieser. In der Folgezeit zwangen der Mangel an geeignetem Terrain und steigende Wohnraumpreise die Neuankömmlinge auf immer ungünstigere Standorte auszuweichen bzw. verdichtete sich die Bebauung bereits vorhandener AHs. Schwer zugängliche und steinschlaggefährdete Berg-

hänge, rutschgefährdete Sanddünen und immer zentrumsfernere Lagen kennzeichnen die marginalen Standorte der Invasionen seit dem Ende der 80er Jahre. Obwohl parallel dazu viele der existierenden AHs einen erstaunlichen Konsolidierungsprozess durchlaufen haben, sind die Probleme gerade in den relativ jungen Siedlungen oftmals erdrückend (CONAM et al. 2005; Tokeshi 2007). Auch in vielen länger bestehenden AHs stellt die illegale Okkupation von Flächen, welche z.B. für Parkanlagen und öffentliche Einrichtungen vorgesehen waren, ein zunehmendes Problem dar.

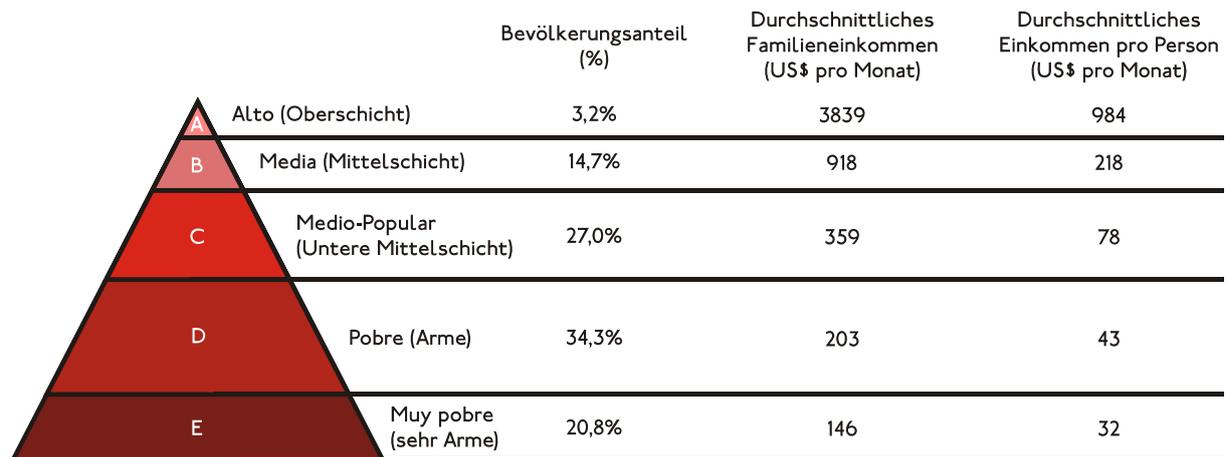


Abb. 4-2: Sozioökonomische Schichtung Limas 2003 (nach CONAM et al. 2005)

Viele dieser Siedlungen sind durch unsichere Besitzverhältnisse, schlechte Bausubstanz bzw. temporäre Lösungen aus Matten und Bambus, hohe Wohndichten, unzureichende Infrastruktur an Straßen, Parkanlagen, Schulen, medizinisch-hygienischen Einrichtungen und unzureichende Ver- und Entsorgung mit Wasser, Abwasser und Müll gekennzeichnet. Armut, Unterernährung, unsichere Beschäftigungsverhältnisse mit Einkommen unter dem gesetzlichen Mindestlohn von S./ 500 (US\$ 160) pro Monat (PWC 2007) und Kriminalität sind weitere Probleme dieser Marginalsiedlungen (Vgl. Abb. 4-3). „Marginal“ bezieht sich andererseits aber stets auch auf die unzureichende, eben marginale Beteiligung dieser Bevölkerung an politischen und ökonomischen Entscheidungen. Viele der Bewohner leiden unter Identitätsproblemen und sind ständiger Diskriminierung ausgesetzt (persönliche Mitteilung: Arrascue, Cenca 10.12.2006; Acevedo, FOVIDA 23.01.2007). In Gegenden, in denen kein Anschluss an das



Abb. 4-3: AH Pamplona Alta (San Juan de Miraflores)

andererseits aber stets auch auf die unzureichende, eben marginale Beteiligung dieser Bevölkerung an politischen und ökonomischen Entscheidungen. Viele der Bewohner leiden unter Identitätsproblemen und sind ständiger Diskriminierung ausgesetzt (persönliche Mitteilung: Arrascue, Cenca 10.12.2006; Acevedo, FOVIDA 23.01.2007). In Gegenden, in denen kein Anschluss an das

Leitungsnetz von Sedapal besteht, wird von Bewohnern, Führern der AHs, den sog. *Dirigentes*, und NROs die mangelhafte Trinkwasser- und Sanitärversorgung oft als primäres Problem gesehen (persönliche Mitteilung: Acevedo, Cenca 23.01.2007, Diskussion mit Dirigentes von AHs in San Juan de Lurigancho 24.01.2007; Rondón, Aynimundo 23.02.2007; Cáceres, Alternativa 29.01. 2007).

## **4.2 Wasser- und Sanitärversorgung in Lima**

Die problematische Wasser- und Sanitärversorgungssituation hat für Lima verschiedene negative Konsequenzen, wobei i.d.R. die Bevölkerung der Marginalsiedlungen am härtesten von allen Auswirkungen betroffen ist. Im Folgenden wird die Situation kurz charakterisiert.

### **4.2.1 Problem der Wasserknappheit**

Peru verfügt über 5% der globalen Oberflächenwasserressourcen der Erde, bei nur 0,4% der Weltbevölkerung. Dennoch stehen über der Hälfte der Bevölkerung Perus im Durchschnitt lediglich 2093m<sup>3</sup> Wasser pro Person und Jahr zur Verfügung, was deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt von 8.500m<sup>3</sup> liegt. Dieses Paradox liegt vor allem in der ungleichen Verteilung von Wasserressourcen und Bevölkerung Perus begründet. Während das Einzugsgebiet des Amazonas über 97,8% der Wasserressourcen des Landes verfügt, stehen dem Küstenstreifen lediglich 1,7% zur Verfügung<sup>4</sup> (Ordoñez; Héctor 2006). Jedoch leben 60,4% der Bevölkerung an der Küste, die Hälfte davon in Lima, einer zukünftigen Megastadt mit prekärer Perspektive der Trinkwasserversorgung.

Lima befindet sich in der subtropischen Klimazone und hat relativ beständiges Klima mit Durchschnittstemperaturen zwischen 16°C im Winter und 23°C im Sommer. Der jährliche Niederschlag beträgt 9 Millimeter, womit Lima nach Kairo die zweitgrößte Wüstenstadt der Welt ist. Die Wasserversorgung der Stadt ist vollständig von den Niederschlägen und dem Schmelzwasser der Gletscher in den Anden abhängig, welche die Flüsse und die Grundwasserleiter der Stadt speisen (IMP 2007).

Der größte Teil des Trinkwassers der Stadt stammt aus dem Wasserwerk La Atarjea, welches Wasser des Flusses Río Rimac (Kapazität max. 18m<sup>3</sup> pro Sekunde) aufbereitet. Wasser des Río Chillón trägt mit max. 2m<sup>3</sup> pro Sekunde zur Versorgung bei und vor allem in den Monaten April bis November wird die Wasserversorgung durch Grundwasser aus mehr als 1000 Brunnen unterstützt (persönliche Mitteilung: Céspedes, Sedapal 27.01.2007).

Bereits heute stößt die quantitative Versorgung Limas mit Trinkwasser an seine Grenzen. Im Jahr 2005 waren die durchschnittlich bereitgestellten 21,5 m<sup>3</sup> Trinkwasser/sek, nicht ausreichend, um den geschätzten Bedarf von 23,1 m<sup>3</sup>/sek zu decken (CONAM et al. 2005). Gemeinsam mit den hohen Wasserverlusten im Leitungsnetz bedingt dies, dass die Wasserversorgung für alle angeschlossenen Limaer Haushalte im Jahresdurchschnitt nur 18 Stunden pro Tag gewährleistet ist. Die Situation verschärft sich in Zeiten geringer Niederschläge wenn

---

<sup>4</sup> Die übrigen 0,5% der Wasserressourcen gehören zum Einzugsgebiet des Lago Titicaca.

die Wasserführung des Río Rimac und Río Chillón stark eingeschränkt ist. Mit kostspieligen Megaprojekten wie Marca I oder Marca III wird über ein System von Stauseen mit einer Kapazität von über 215 m<sup>3</sup> die Wasserführung des Río Rimac reguliert. Im Falle von Marca I werden sogar Gewässer des Río Mantaro im Wassereinzugsgebiet des Atlantik durch transandine Tunnel und Kanäle zum Río Rimac umgeleitet.

Dennoch zwangen ausbleibende und verspätete Niederschläge in den Jahren 2004 und 2005 zur Rationierung der Wasserversorgung, ein ernstes Zeichen für die Versorgungsunsicherheit der Metropole. Seit dem Jahr 2000 wird zudem eine verstärkte Variabilität der Niederschläge beobachtet, was offenbar auf die Folgen des Klimawandels zurückzuführen ist. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Niederschlagsvariationen zunehmen und auf lange Sicht mit einer Verknappung der Wasserressourcen gerechnet werden muss (persönliche Mitteilung: Céspedes, Sedapal 27.01.2007).

Eine weitere Folge des Klimawandels ist das Abschmelzen der Gletscher der Anden (persönliche Mitteilung: Céspedes, Sedapal 27.01.2007), die besonders in den Monaten geringer Niederschläge eine wichtige Wasserquelle für den Río Rimac darstellen. In den letzten 25 Jahren hat Peru 22% seines Gletscherwassers (etwa 7 Mrd. m<sup>3</sup>) verloren bzw. hat sich das Wasservolumen, welches in Gletschern gespeichert ist, von 51 Milliarden m<sup>3</sup> auf 44 Milliarden m<sup>3</sup> reduziert (Borghetti 2006). Es wird geschätzt, dass die unter 5.500m liegenden Gletscher bis zum Jahr 2015 ganz verschwinden werden. Die Flüsse des Wassereinzugsgebiets des Pazifiks, wie der Rimac, würden dadurch zwar bis voraussichtlich zum Jahre 2050 höhere Wassermengen zum Meer abführen, dann jedoch wird diese Quelle kontinuierlich versiegen, was entscheidenden Konsequenzen für die Trinkwasserversorgung der Stadt haben wird (Borghetti 2006).

Angesichts des Bevölkerungswachstums Limas und der geplanten Versorgung möglichst vieler Einwohner mit Hausanschlüssen, was automatisch auch steigenden Wasserverbrauch nach sich zieht, wird der Trinkwasserbedarf im Jahr 2015 auf 27,7 m<sup>3</sup>/sek geschätzt (CONAM et al. 2005). Die Konflikte zwischen Industrie, Landwirtschaft, Bergbau, Umweltschutz und Bevölkerung um das knappe Gut Wasser sind damit vorprogrammiert. Bezüglich der Wasserqualität bestehen sie bereits heute in erheblichem Maße.

#### **4.2.2 Defizit der Wasser- und Sanitärversorgung**

Die Bevölkerungszunahme und die damit verbundene Expansion der Metropole stellen eine große Herausforderung an das staatliche Wasserver- und Abwasserentsorgungsunternehmen Sedapal dar (Sedapal 2007a). Obwohl von 1998 bis 2005 die Trinkwasserversorgung in Lima von 84% der Bevölkerung auf 89% und die Sanitärversorgung von 80% auf 84% gesteigert werden konnte, sind von den etwa acht Millionen Einwohnern noch immer 1,1 Millionen Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser, und etwa 1,3 Millionen Menschen verfügen über keine ausreichende Sanitärversorgung (Sedapal 2007a; MVCS 2006).

Dieses Versorgungsdefizit konzentriert sich auf die Marginalsiedlungen, wobei vor allem die relativ jungen und weit vom Zentrum bzw. an den Berghängen gelegenen AHs betroffen sind. Hoher Konstruktionsaufwand, unsichere Landbesitzverhältnisse und die geringe Zahlungsfähigkeit der Bewohner tragen dazu bei, dass die Expansion des Leitungsnetzes für Sedapal ökonomisch unattraktiv ist (persönliche Mitteilung: Cantuarias, Sedapal 30.01.2007).

Wer nicht über einen Hauswasseranschluss verfügt, muss sich an öffentlichen Zapfstellen oder Tanklastern (*camiones-cisternas*) mit Wasser von oft zweifelhafter Qualität versorgen, das bis zu S./ 10 (US\$ 3,1) pro Kubikmeter kostet (persönliche Mitteilung: Anwohner in AH Pamplona Alta 24.02.2007, Anwohner in AH Nueva Pachacutec 18.02.2007, Anwohner in AH San Francisco 8.12.2006). Dies ist fast das Zehnfache des Tarifs der von Sedapal erhoben wird (Sedapal 2007c). Somit zahlen die Ärmsten für den schlechtesten Service und Wasser bedenklicher Qualität die höchsten Preise.



Abb. 4-4: typisches Silo (AH Pamplona Alta, San Juan de Miraflores)

Besteht kein Anschluss an das Kanalisationsnetz, sind einfachste Latrinen, *Silos* genannt, die häufigste Form der Sanitärversorgung (Vgl. Abb. 4-4). Diese sind oftmals nur ein mit Sichtschutz versehenes Loch im Boden, i.d.R. ohne Vorrichtung zum Händewaschen. Für den Einsatz im urbanen und peri-urbanen Raum haben sie sich als völlig ungeeignet erwiesen, da sie keinen effektiven Gesundheitsschutz bieten, starke Geruchsbelästigung verursachen, einen Brutort für Insekten darstellen und das Grundwasser kontaminieren und zudem bei hohen Bebauungsdichten und felsigem Untergrund technisch kaum noch realisierbar sind. Guillermo Leon, Präsident von Sedapal beschrieb die Situation folgendermaßen:

*“Die Konstruktionen sind beliebig, denn es gibt kein technisches Konzept für diese Sanitärinfrastruktur. Hinzu kommt, dass der Anschluss ans Kanalnetz lange Zeit dauert, sich die Silos aber schnell füllen und die Menschen ein weiteres, und weiteres und weiteres [Silo] bauen müssen. Schließlich siedeln sie auf wahrhaften Flüssen aus Exkrementen.“* (COSUDE; WSP 2006a).

Laut einer Studie unter 500 repräsentativen Haushalten ohne Kanalisationsanschluss in Limas AHs (WSP 2004a) nutzen 83% der Haushalte Latrinen während 1,2% Toiletten von Nachbarn nutzen, welche über einen Kanalanschluss verfügen bzw. ihre Abwässer direkt in nahe gelegene Flüsse und Kanäle leiten. Die restlichen 15,8% sind gezwungen, ihre Notdurft unter

freiem Himmel zu verrichten oder ihre Exkremete in Plastikbeuteln zu entsorgen, die an den Straßenrand geworfen bzw. dem Hausmüll beigefügt werden. Eine spätere Studie ergab sogar, dass 25% der Haushalte ohne Sanitärinfrastruktur auskommen müssen und 66% Silos nutzen (WSP 2006a).

Die schlechte Sanitärversorgung in den Marginalvierteln Limas spiegelt sich auch in der im Vergleich zu anderen Stadtteilen stark erhöhten Zahl von Durchfall- und anderen wasser- und fäkalienübertragenen Krankheiten wider. Man schätzt, dass der Mangel und die Unsicherheit der Trinkwasser- und Sanitärversorgung in Lima im Jahr 1997 für etwa 4,24 Millionen Fälle von Diarrhö verantwortlich war (CONAM et al. 2005). Auch die lateinamerikanische Choleraepidemie Anfang der neunziger Jahre, die ihr Zentrum in Peru hatte, wo mehr 680.000 Menschen erkrankten, ist auf die prekären Sanitärbedingungen, vor allem in den urbanen Marginalvierteln zurückzuführen (Sawyer et al. 2003).

Die Wasserproblematik hat in der peruanischen Politik schon lange eine hohe Brisanz. Im Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 der aktuellen Regierung wurden nun für das gesamte Land, aber auch für Lima sehr ambitionierte Ziele festgelegt, welche den Millennium-Entwicklungszielen für Trinkwasser- und Sanitärversorgung entsprechen (Vgl. Tab. 4-1).

**Tabelle 4-1: Zielvorgaben des Nationalen Plans zur Sanitärentwicklung Perus bis 2015 (nach MVCS 2006)**

	Ort	Ist 2005	Ziel 2010	Ziel 2015 (MDGs)	Geplante Investitionen (Millionen US\$)
<b>Einwohnerzahl</b>	Peru	27,9	30	32	
	<b>Lima</b>	<b>8,0</b>	<b>8,7</b>	<b>9,3</b>	
<b>Trinkwasserversorgung</b>	Peru	76%	79%	82%	1.457
	<b>Lima</b>	<b>89%</b>	<b>93%</b>	<b>97%</b>	<b>577</b>
<b>Sanitärversorgung</b>	Peru	57%	66%	77%	1.454
	<b>Lima</b>	<b>84%</b>	<b>89%</b>	<b>95%</b>	<b>634</b>

Für Lima bedeutet dies, dass bis 2015 zusätzlich 1,9 Millionen Menschen mit sauberem Trinkwasser und 2,1 Millionen Menschen mit adäquater Sanitärinfrastruktur versorgt werden müssen. Die Kosten dafür werden auf US\$ 1,2 Milliarden geschätzt (MVCS 2006). Erreicht werden sollen die Ziele vor allem durch die Installation dezentralisierter Condominialsysteme (Siedlungslösungen), welche zwar eine kostengünstigere Alternative zur konventionellen Sanitärtechnik darstellen, jedoch immer noch auf einem Kanalnetz bzw. dem Einsatz von Trinkwasser als Transportmittel für Fäkalien basieren. Nahezu alle geplanten Maßnahmen im Rahmen größerer Projekte wie PAC, PROREDES, PROMESAL und Agua para Todos, welche auf die Erweiterung der Leitungsnetze in den Marginalsiedlungen ausgerichtet sind, basieren auf diesem Konzept.

### **4.2.3 Problem der Kontamination der Gewässer**

Ein typisches Problem von konventionellen Abwassersystemen, insbesondere in Entwicklungsländern ist, dass die gesammelten Abwässer nur unzureichend gereinigt, und damit die Sanitärprobleme nicht gelöst, sondern nur verlagert werden. Lima macht dabei keine Ausnahme. Die ungelösten Probleme der Trinkwasser- und Sanitärversorgung lassen dem öffentlichen Ver- und Entsorger Sedapal kaum Spielraum für Investitionen in Klärwerke. Als Folge werden 90% der gesammelten Abwässer, 17,25m<sup>3</sup> pro Sekunde, direkt über einen der 9 Einleiter in den Pazifik oder in den Río Rimac geleitet und nur etwa 10% der Abwässer durchlaufen einen Reinigungsprozess in einem der 17 Klärwerke von Sedapal, welcher jedoch oftmals nicht sehr effektiv ist (IMP 2007).

Dies stellt eine ernste Gefahr für die Gesundheit der Menschen und für den Erhalt der Ökosysteme dar. Laut CONAM et al. (2005) ist der Río Rimac stark mit Abwässern belastet und hat bereits sämtliche aquatischen Tierarten verloren. Auch die Ökosysteme des Río Chillón und des Río Lurín sind hochgradig verändert und in ihrem Unterlauf ebenfalls sehr artenarm. Doch auch die marinen Ökosysteme sind gefährdet und das Baden stellt an vielen Stränden eine Gefahr für die Gesundheit dar. Laut CONAM et al. (2005) waren nur 22% der Strände Limas und Callaos als sehr gut und 50% der Strände als gut eingestuft. 13% wiesen coliforme Belastungen von über 500 NMP/100ml auf und 15% Werte zwischen 1000 und 4000 NMP, was diese Strände zum Baden als ungeeignet klassifiziert. 1997 erkrankten in Lima zwischen 87.000 und 168.000 Menschen an den Folgen der Exposition mit kontaminiertem Meerwasser (CONAM et al. 2005).

Obwohl im Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 vorgesehen ist, bis 2015 100% der Abwässer Limas zu reinigen, wird dieses Ziel sehr schwer zu erreichen sein. Zwar existieren Pläne für den Bau eines großen Klärwerks in Taboada, Callao, welches 14m<sup>3</sup> pro Sekunde bzw. 70% der gesamten Abwässer der Stadt reinigen soll und eines weiteren in La Chira mit einer Kapazität von 6m<sup>3</sup> pro Sekunde. Die hohen Investitionskosten stellen aber ein ernstes Problem dar (persönliche Mitteilung: Sulem, MVCS 25.01.2007). Laut MVCS (2006) beträgt die notwendige Investitionssumme zur Reinigung der gesamten Abwässer US\$ 367 Millionen. Angesichts der Prioritätensetzung zugunsten der Trinkwasser- und Sanitärversorgung ist schon die Realisierung der dringendsten Investitionen in Maßnahmen der Abwasserreinigung als ungewiss zu beurteilen (persönliche Mitteilung: Sulem, MVCS 25.01.2007, Cantuarias, Sedapal 30.01.2007).

### **4.2.4 Defizit an urbanen Grünflächen**

Urbane Grünflächen, insbesondere öffentliche Parkanlagen und Erholungsflächen, sind für das Wohlergehen der Menschen von großer Bedeutung. Besonders in urbanen Räumen sind sie ein wichtiger Ort der Kommunikation und Erholung und haben eine wichtige Funktion bei der Identifikation der Bewohner mit ihrem Stadtteil. Darüber hinaus erfüllen urbane Grünflächen nützliche stadtökologische Funktionen wie die Verbesserung der Luftqualität und des

Mikroklimas, Lärm-, Gewässer- und Erosionsschutz und stellen einen wichtigen Ort der Interaktion des Menschen mit seiner natürlichen Umwelt dar.

Der Panamerikanischen Gesundheitsorganisation (*Pan American Health Organization*) zufolge sind pro Einwohner 9m<sup>2</sup> Grünfläche notwendig, um ein gesundes Lebensumfeld zu garantieren (IMP 2007). In Lima hingegen stehen nur 1,7m<sup>2</sup> Grünfläche pro Einwohner zur Verfügung (Calizaya 2005). Besonders in den Distrikten mit einem hohen Anteil an AHs ist das Defizit an Grünflächen sehr groß (z.B. San Juan de Lurigancho: 1,37m<sup>2</sup>/Einwohner; El Rimac: 0,98m<sup>2</sup>/Einwohner; San Juan de Miraflores: 0,16m<sup>2</sup>/Einwohner). Hinzu kommt, dass sich laut IMP (2007) 1996 lediglich 26% der urbanen Grünflächen in gutem Zustand befanden, die meisten davon in den wohlhabenden Distrikten. In San Juan de Lurigancho, mit über einer Million Einwohnern der bevölkerungsreichste Distrikt der Metropole, gibt es lediglich 214 „Parkanlagen“ von denen 180 ohne Grün sind (Calizaya 2005). Fehlende kostengünstige Wasserquellen verbunden mit dem Finanzmangel der Distriktverwaltungen sowie Defizite bei der Stadtplanung sind die häufigsten Ursachen dafür (CONAM et al. 2005) (Vgl. Abb. 4-5).



**Abb. 4-5: Parkanlage ohne Grün im AH Costa Azul (Ventanilla)**

Da Lima in einer Wüste liegt, müssen sämtliche Grünflächen bewässert werden. Der große Wunsch nach öffentlichen Grünflächen kommt schon in der Zuweisung von Geldern des Bürgerhaushaltes für Parkanlagen und Aufforstung zum Ausdruck. In den Sektoren von Villa El Salvador zum Beispiel wurden dafür im Jahr 2005 15%

und im Jahr 2006 sogar 32% der Gelder des Bürgerhaushaltes vorgesehen. In den Sektoren von San Juan de Miraflores waren es 2005 über 25% und 2006 etwa 12% (eigene Berechnung nach internen Dokumenten von FOVIDA).

Einige Stadteilverwaltungen nutzen Grundwasser oder Kanäle mit Flusswasser um ihre Parks zu bewässern. Viele der Flächen werden sogar mit Trinkwasser bewässert, was angesichts der Wasserknappheit der Stadt eine unverantwortliche Praxis ist. Stadteile wie Surco, Miraflores und Villa el Salvador nutzen zum Teil auch geklärte Abwässer für die Bewässerung und es besteht großes Interesse, diesen Anteil in Lima auszuweiten. Auf Grund des Wassermangels werden in Lima auch oftmals ungeklärte Abwässer bzw. mit Fäkalien kontaminiertes Flusswasser zur Bewässerung auf die Felder geleitet, was den Empfehlungen der WHO (2006b) zuwiderläuft und Arbeiter wie auch Konsumenten einem ernstzunehmenden Gesundheitsrisiko aussetzt.

## **5 Ergebnisse zum Betrieb von Ecosan-Sanitärmodulen**

Ein interessanter Ansatz, die beschriebenen Probleme Limas, besonders der nicht an das Leitungsnetz angeschlossenen Zonen, zu lösen, besteht in den in Kapitel 3 vorgestellten Ecosan-Konzepten, und es existieren auch bereits entsprechende Initiativen. Den größten Anteil mit ursprünglich über 220 versorgten Haushalten haben hierbei Trockentoilettensysteme. Diese Systeme bestehen aus den Modulen Trockentoilette mit Speicherkammer und kombinierter Grauwasser- und Urinbehandlung in bewachsenen Bodenfiltern. Zumindest in ihrem Ansatz entsprechen sie weitgehend der Ecosan-Idee, da sie nicht auf Vermischung der Fäkalien mit Wasser beruhen und auf die geschlossene Rezirkulation und Nutzung aller entstehenden Wertstoffe (Wasser, Nährstoffe, Humus) zielen. Die gründliche Auswertung der Umsetzung dieses Ansatzes, wie Betriebserfahrungen und die Akzeptanz in der Bevölkerung, stellt den Hauptteil dieses Kapitels dar. Ergänzend werden Erfahrungen mit anderen alternativen Sanitärtechnologien in Lima analysiert. Hierbei handelt es sich um Pflanzenkläranlagen zur Abwasser- bzw. Grauwasserbehandlung, Anaerob-Reaktoren zur Abwasser- bzw. Schwarzwasserbehandlung sowie die Abwasserableitung im Condominialsystem. Obwohl ihre Bedeutung in Lima marginal ist, kann die Analyse der aktuellen Betriebserfahrungen Aufschluss darüber geben, unter welchen Voraussetzungen sie als Module in zukünftige Ecosan-Konzepte integriert werden können.

### ***5.1 Charakterisierung des Ecosan-Trockentoilettensystems und der Projektstandorte in Lima***

Trockentoiletten stellen ein Basiselement vieler Ecosan-Konzepte dar, da sie die unmittelbare Nutzung der Fäkalien erlauben und kein Wasser zu deren Ableitung und Behandlung erfordern. Während in Asien bereits eine bemerkenswerte Anzahl entsprechender Systeme implementiert wurden - allein in China wurde die Zahl der Haushalte im Jahr 2006 auf über eine Million geschätzt, ist deren Bedeutung in Lateinamerika mit Ausnahme von Mexiko als eher gering einzuschätzen (GTZ 2007c). In Staaten wie El Salvador, Guatemala, Ecuador, Peru und Bolivien finden sich vereinzelt Initiativen (Cordero 2005), die nahezu alle auf Trockentoiletten mit unterschiedlichen Designs und Funktionsweisen, oft auch als Ökotoiletten (*baños ecológicos*) bezeichnet, basieren. Mexiko bildet das Zentrum der Entwicklung dieser Systeme, wobei die Firma SARAR Transformación SC unter Leitung von Ron Sawyer einen entscheidenden Anteil daran hat. Mit über 200.000 installierten Trockentoiletten hat Mexiko bisher mit Abstand die meisten in Lateinamerika realisiert (Peacey 2000), wobei allerdings fast alle an ländlich geprägten Standorten lokalisiert sind.

Lima ist eine der wenigen Städte in Südamerika, in der bereits Projekte mit erhöhter Anzahl von Ökotoiletten im peri-urbanen Raum umgesetzt wurden. Seit 1999 wurden hier drei Projekte mit insgesamt mehr als 220 installierten Ökotoiletten realisiert (Vgl. Tab. 5-1), und zum gegenwärtigen Zeitpunkt befindet sich ein weiteres Projekt in Ausführung (Vgl. Abb. 5-17).

**Tabelle 5-1: Ecosan-Projekte mit Trockentoilettenmodul (Trockentoilette und Bodenfilter) in AHs von Lima (eigene Erarbeitung)**

Jahr	Projektstandort	Installierte Ökotoiletten	Planende NRO
1999	San Juan de Lurigancho – Zona Húascar	38	Cenca
2001	Ventanilla – Ciudad Nueva Pachacutec	140	Alternativa
2003	Lurigancho de Chosica – AH Nievería	43	Cenca
2007*	Lurigancho de Chosica – AH San Francisco	35	Cenca
* Projekt befindet sich im Moment in Ausführung			

Das mit 140 installierten Ökotoiletten größte Projekt in Lima wurde von der NRO Alternativa - Centro de Investigación Social y Educacion Popular durchgeführt (Vgl. Tab. 5-1). Maßgeblichen Anteil an der Förderung und Implementierung hat auch die NRO Cenca - Instituto de Desarrollo Urbano, die 1997 das Thema „Ecosan“ als ein neues Tätigkeitsfeld definierte und in mehreren Projekten in Lima und Peru ihr Ecosan-System ECODESS (Ökologie und Entwicklung durch nachhaltige Sanitärversorgung) umsetzte. Von den bisher in Lima realisierten drei Projekten in AHs gehen zwei auf CENCA zurück. Während sich das Projekt in Húascar noch ausschließlich der Implementierung des Ecosan Trockentoiletten Systems widmete, stand bei allen folgenden Projekten die Verbesserung der Trinkwasserversorgung im Mittelpunkt und nur ein Teil der Zielgruppen wurde auch mit einer Ökotoilette ausgestattet.

Vereinzelt gibt es noch individuelle Projekte mit Trockentoiletten, wie z.B. im Hare Krishna Zentrum „Eco Truly Park“ in Aucallama, 63 Kilometer nördlich von Lima, welche aber entweder auf Grund der Sonderstellung (keine AHs, anderes Nutzerprofil) oder weil keinerlei Informationen erhältlich waren (Firma EcoAlke) nicht in diese Studie einbezogen wurden.

Die Standorte der drei Projekte, welche in dieser Studie näher untersucht wurden, befinden sich in den ärmsten AHs von Lima. Typische Probleme in diesen Gebieten sind: geringes Einkommen, defizitäre öffentliche Infrastruktur und Dienstleistungen (z.B. Müll-, Trinkwasser- und Abwasserversorgung, Straßen und Wege, Grünflächen), schlechte Bausubstanz und hohe Kriminalität. Trotz ihrer Gemeinsamkeiten weisen diese Gebiete hinsichtlich ihrer Entwicklung, ihrer physisch-geographischen Merkmale und den Lebensbedingungen deutliche Unterschiede auf und spiegeln die Heterogenität der AHs in Lima wider.

### 5.1.1 Húascar

Das erste Projekt von CENCA wurde in der Zone Huáscar durchgeführt. Diese schon stark konsolidierte Zone befindet sich im oberen Teil des Tals Cantogrande und liegt im Distrikt San Juan de Lurigancho, dem mit über 800.000 Einwohnern bevölkerungsreichsten Stadtteil Limas (Cenca 2002). Die drei AHs Micaela Bastidas, Nueva Alianza und 2 de Enero wo das Projekt realisiert wurde, befinden sich am unteren und mittleren Teil der steilen, felsigen, rutsch- und steinschlaggefährdeten Hänge der Zone welche sich erst seit Mitte der 90er Jahre durch einen ungeplanten, teilweise chaotischen Urbanisierungsprozess entwickelte. Dieser Urbanisierungsprozess hält bis heute an und hat mittlerweile die oberen Hanglagen erreicht (Vgl. Abb. 5-1). Oft wurden nur provisorische Behausungen aus Matten, Holz und Plastik in

die felsigen, zum Teil sehr steilen Berghänge gebaut. Inzwischen wurden viele Behausungen allerdings durch bessere und dauerhafte Konstruktionen aus Ziegeln und Beton ersetzt. Die Bewohner sind überwiegend Migranten aus der Sierra.

Die durchschnittliche Haushaltsgröße ist mit etwa 4 Personen verhältnismäßig gering und Familien mit allein erziehenden Müttern sind häufig. Das durchschnittliche monatliche Familieneinkommen betrug 1999 weniger als S./ 525 (US\$ 150). Viele Bewohner sind als Arbeiter, Angestellte oder Selbstständige im informellen Sektor tätig. Die Wohnfunktion dominiert eindeutig, wobei nur wenige Gebäude leer stehen. Industrie und Landwirtschaft sind nicht



**Abb. 5-1: Blick auf den AH Micaela Bastida in Húascar (San Juan de Lurigancho)**

vorhanden. Es besteht ein großes Defizit an öffentlichen Grünflächen, und die wenigen vorhandenen Anlagen werden mit kostbarem Trinkwasser bewässert. Einige Bewohner pflegen kleine Blumengärten und Sträucher vor ihren Häusern, wobei diese i.d.R. mit Grauwasser (Waschwasser, etc.) gegossen werden (Cenca 2002).

Zum Zeitpunkt der Projektintervention wurde die Trinkwasserversorgung über Gemeinschaftszapfstellen realisiert und die Sanitärversorgung stellte sich 1999 wie folgt dar: 2% der Haushalte waren an das Abwassernetz von Sedapal angeschlossen, 25% nutzten Silos, 6% Latrinen, 59% verrichteten ihre Notdurft im oberen Teil der Berghänge und 8% entsorgten ihre Exkremente in Plastikbeuteln zusammen mit dem Hausmüll oder anderweitig. Das Grauwasser wurde zu 93,6% auf der Straße ausgegossen, nur 6,4% der Einwohner der drei AHs bewässerten einen kleinen Garten (CENCA 2002).

Bis heute hat sich im AH 2 de Enero an der Trinkwasserversorgung kaum etwas geändert und erst im April 2007 wurden die Haushalte durch das Programm PAC<sup>5</sup> über Hausanschlüsse an das Trinkwasser- und Abwassernetz von Sedapal angeschlossen. Demgegenüber sind die Haushalte in den AHs Nueva Alianza und Micaela Bastida bereits seit 2004 über Hausanschlüsse an das Netz von Sedapal angeschlossen, nachdem diese AHs als Standort für eines von drei Pilotprojekten des Stadtteilaufwertungsprogramms MiBarrio vom Ministerium für Wohnen, Bau und Sanitärwesen (MVCS) ausgewählt wurden.

---

<sup>5</sup> Programa de Ampliación de Cobertura – Programm zum Anschluss von ca. 30.000 Haushalten in den AHs Limas an das Leitungsnetz von Sedapal durch Condominialsysteme, finanziert durch Weltbank und Sedapal (Gesamtbudget US\$30 Mio.)

### 5.1.2 Ciudad Nueva Pachacútec

Das Projekt der NRO Alternativa ist in einem Gebiet lokalisiert, das als Ciudad Nueva Pachacútec bekannt ist. Nueva Pachacútec befindet sich im Cono Norte, im Distrikt Ventanilla im Norden der Metropole Lima und ist auf leicht bis mäßig stark geneigtem sandigen Wüstenland errichtet, das gegen Osten zu hohen Sanddünen ansteigt (Vgl. Abb. 5-2).

Die klimatischen Bedingungen sind extrem. Die Siedlung ist aufgrund ihrer meeroffenen Lage extrem windexponiert. Im Winter herrscht aufgrund des feucht-kühlen Garúa-Nebel sehr hohe Luftfeuchtigkeit bei verhältnismäßig geringen Temperaturen. Im Sommer hingegen heizt die ungeminderte Sonneneinstrahlung den durchgängig sandigen Boden extrem auf und trocknet ihn aus.



Abb. 5-2: Blick auf Ciudad Nueva Pachacútec (Ventanilla)

Nueva Pachacútec entstand erst im Februar 2000 durch die unter der Regierung von Fujimori angeordneten Umsiedlung von 10.000 Familien, welche im Distrikt Villa El Salvador privates Land besetzt hatten. Allerdings folgten im Zuge der Besiedlung auch viele Menschen aus anderen Teilen der Stadt und den Provinzen, und im Jahr 2002 lebten etwa 33.000 Menschen in den fünf Sektoren von Nueva Pachacútec. Anfänglich ge-

währte die Regierung großzügige Unterstützung. Nachdem aber im April 2000 die Regierung Fujimoris abtreten musste, sank die staatliche Hilfe dramatisch. Aufgrund schlechter Wasser- und Sanitärbedingungen, schlechter Ernährungssituation, unbefriedigender Bausubstanz und widrigem Klima war die Morbiditäts- und Mortalitätsrate, besonders unter Kindern sehr hoch (Snel; Smet 2006). Öffentliche Grünflächen sind in Nueva Pachacútec nur auf dem Papier vorhanden, und die einzige Abwechslung im staubigen Ambiente sind kleine Blumengärten vor einigen Häusern. Landwirtschaftliche oder industrielle Nutzung ist nicht vorhanden.

Die Bevölkerung ist durch einen sehr hohen Anteil junger Menschen gekennzeichnet, etwa 60% der Einwohner waren 2001 unter 25 Jahre alt. Fast drei Viertel der Erwachsenen sind als Selbstständige, v.a. als informelle Händler mit sehr geringem Einkommen tätig. 2001 hatten 59% der Bevölkerung ein Einkommen von unter S./ 410 (US\$ 115) pro Monat und 34% verdienten zwischen S./ 410 und S./820 (US\$ 230) pro Monat (Alternativa 2003). Die Wohnbedingungen zeugen deutlich von der Armut der Menschen in Nueva Pachacutec. Die meisten Häuser sind sehr klein und haben oft nicht mehr als einen oder zwei Räume. Diese Behausungen haben Wände aus Brettern oder Matten und Dächer aus Matten und Blech. Statt festen Fußböden besteht der Untergrund häufig aus bloßem Sand. Im Zuge der zunehmenden

Konsolidierung wurden aber schon einige der instabilen Bretter- und Mattenkonstruktionen durch stabile Ziegelbauten ersetzt.

Die Versorgung der Menschen mit Trinkwasser wird über ein System von Reservoirs und Gemeinschaftszapfstellen sichergestellt, welches zusammen mit den Ökotoiletten von Alternativa in den Jahren 2001 und 2002 gebaut wurde und die direkte Versorgung mit Tanklastern ablöste. Die Sanitärversorgung wird überwiegend durch Silos realisiert, welche sich auf nahezu jedem Grundstück befinden. 2001 bestand die Sanitärversorgung von 67% der Familien aus Silos, 21% hatten WCs, 5% nutzen Latrinen und 7% verrichteten ihre Notdurft unter freiem Himmel (Alternativa 2003).

### **5.1.3 Nievería**

Das zweite Ecosan-Trockentoilettenprojekt von Cenca in Lima wurde in Nievería im Distrikt Lurigancho de Chosica, im Cono Este der Metropole realisiert. Das Gelände ist eben bis leicht geneigt, wird aber Richtung Nordosten von felsigen Hügeln begrenzt.

Nievería ist eine der wenigen Zonen in Lima welche noch einen ländlichen Charakter aufweist, sich allerdings in einem Prozess zunehmender Urbanisierung befindet. Ein Großteil des Areals wird für urbane Landwirtschaft genutzt wo auf den fruchtbaren Lehmböden vor allem Salat, Kohl, Zwiebeln, Futterpflanzen und Rasenmatten für die Begrünung städtischer Gärten und Parks angebaut werden. Weiterhin nimmt die Produktion von Lehmziegeln größere Flächen in Anspruch (Vgl. Abb. 5-3).

In Nievería leben etwa 400 Familien, und die durchschnittliche Familiengröße beträgt 5 Personen. Die meisten von ihnen sind Migranten aus der Sierra, leben allerdings schon seit langer Zeit in Lima. Viele Bewohner gehen einer Beschäftigung in den nahe gelegenen Fabriken, in der Landwirtschaft, in der Produktion von Lehmziegeln oder als informelle Händler nach. Die Einkommen sind sehr niedrig (CENCA, WSP, UNEP, 2006). Beim Ausstechen und Trocken von Lehmziegeln verdient eine Familie etwa S./ 20 (US\$ 6,30) pro Tag (persönliche Mitteilung: Gomez, Asociación Viviendas Los Topacios 14.01.2007). Die Häuser sind teils aus Lehmziegeln erbaut, mit Blech oder Matten als Dachmaterial. Zunehmend werden sie aber durch Häuser aus gebrannten Ziegeln und Beton ersetzt, und es gibt schon die ersten zweistöckigen Häuser (Vgl. Abb. 5-4).

Die Trinkwasserversorgung von Nievería wird seit 2003 durch Wasser eines nahe gelegenen Brunnens sichergestellt, das über Hausanschlüsse an die Bevölkerung verteilt wird und für welches pro Haushalt monatlich S./ 7 (US\$ 2,20) bezahlt werden. Dieses System war Teil des Projektes von CENCA, welches auch für nahezu alle Familien in der Siedlung Los Topacios in Nievería Ökotoiletten installierte. Zuvor wurde die Siedlung durch Tanklasten mit Trinkwasser versorgt und die Bewohner verrichteten ihre Notdurft auf dem Feld bzw. nutzten Silos. Die Abwässer der beiden weiteren Siedlungen La Huerta und Los Jardines werden seit 2006 durch ein Pilotprojekt der NRO Cesal in einem Condominialsystem abgeleitet und in einer anschließenden Kläranlage behandelt. Für die Bewässerung der Felder und des Fußballplatzes

wird Wasser aus einem kleinen, aus dem Río Rimac abgeleiteten Kanal genutzt, der jedoch hochgradig durch Fäkalien und Müll verschmutzt ist.



Abb. 5-3: Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Nievería (Lurigancho de Chosica)



Abb. 5-4 (rechts): Weg in Siedlung „Los Topacios“ in Nievería (Lurigancho de Chosica)

## 5.2 Prinzipielle Funktionsweise des Limaer Trockentoilettensystems

Ausgehend von den Erfahrungen von SARAR Transformación SC in Mexiko wurden die in Lima gebauten Ökotoilettensysteme entwickelt. Obwohl diese Ökotoilettensysteme in Lima unter unterschiedlichen lokalen Bedingungen realisiert und von zwei verschiedenen NROs geplant wurden, ist ihr Funktionsprinzip im Grunde gleich:

1. Getrennte Erfassung von Fäkalien, Urin und Grauwasser
2. Dehydrierung der Fäkalien in-situ, d.h. vor Ort im *baño-ecológico*
3. Zusammenführung von Grauwasser und Urin und Behandlung in einem Sand- bzw. Bodenfilter (*biofiltro*)
4. Nutzung des gereinigten Abflusses für Bewässerungszwecke und der Fäkalien als Bodenverbesserer

### 5.2.1 Technische Aspekte der Ausführung

Die technische Realisierung der vier einheitlichen Funktionen wird im Folgenden beschrieben.

#### 1 Getrennte Erfassung von Fäkalien, Urin und Grauwasser

In den Haushalten der Marginalsiedlungen, die meist einen sehr geringen Lebensstandard aufweisen, fällt Grauwasser meist nur in der Küchenspüle, dem Waschbecken und ggf. in der Dusche und an einem Waschplatz auf dem Hof an und ist in jedem Fall verhältnismäßig einfach zu fassen. Ist kein öffentliches Trinkwassernetz vorhanden, werden selten mehr als 25



Abb. 5-5: Öko-Trenntoilettensitz

Liter Trinkwasser pro Einwohner und Tag verbraucht, und das Grauwasseraufkommen ist durch Sparmaßnahmen und mehrfache Nutzung des teuren Wassers äußerst gering. Im günstigsten Fall wird die Schüssel mit dem gebrauchten Waschwasser direkt über einer kleinen Anpflanzung entleert.

Ziel der Behandlung der Fäkalien in den in Lima installierten Trockentoiletten ist die möglichst geruchslose Trocknung und damit Hygienisierung sowie die rückstandlose Entsorgung des Urins, ggf. auch die Nutzung als Pflanzendünger. Garantiert wird dies durch Trennung von Fäkalien und Urin in Trenntoiletten bzw. Urinal, wobei die Fäkalien in eine von meist zwei Kammern der Ökotoilette fallen, während der Urin sofort abgeleitet

wird (Vgl. Abb. 5-5), dadurch hygienisch weitgehend unbedenklich bleibt und den Trocknungsprozess der Fäkalien nicht belastet (Vgl. Abb. 5-6).

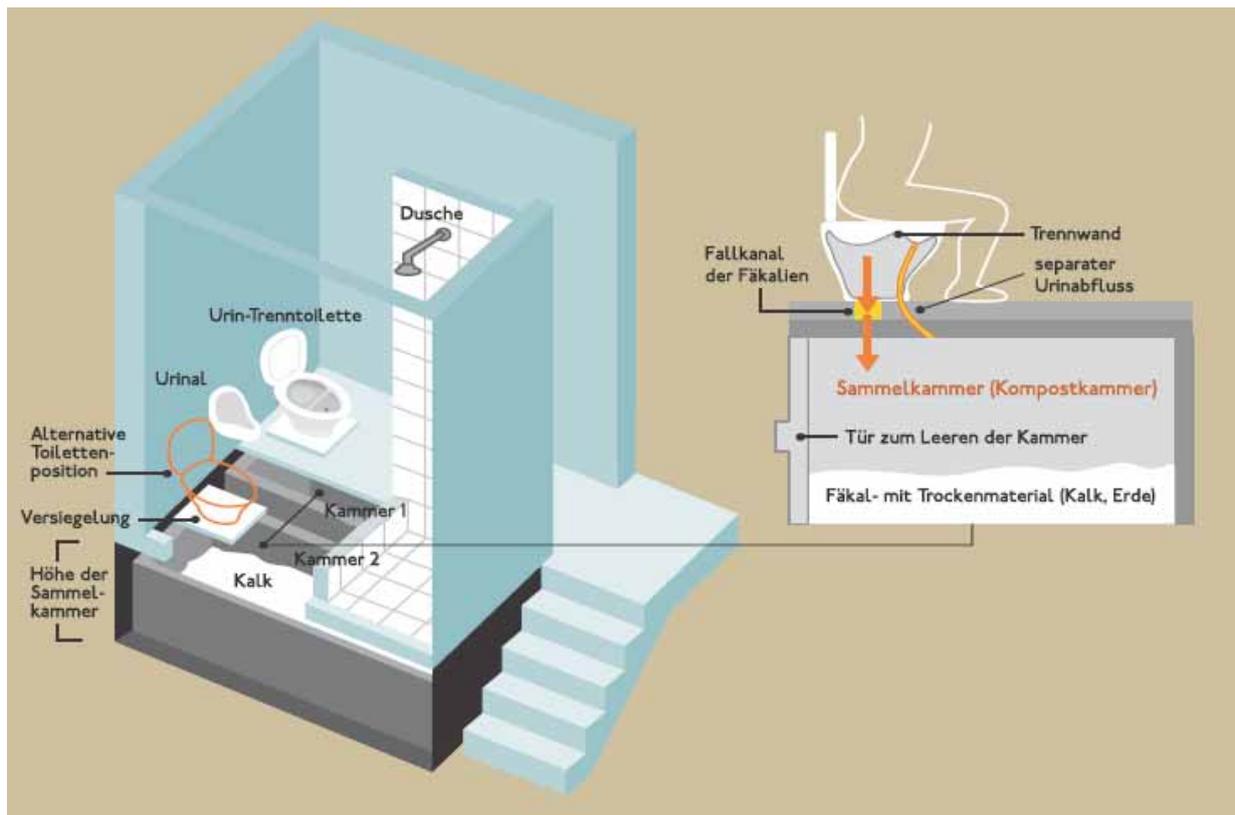


Abb. 5-6: Schema der in Lima eingesetzten Trockentoilette (nach WSP; Cenca 2006)

## 2 Dehydrierung der Fäkalien

Der Trocknungsprozess der Fäkalien wird bei jeder Toilettenbenutzung durch die Zugabe von Aktivkalk oder Asche, entweder pur oder mit trockener Erde oder Sand gemischt, unterstützt. Ist die erste Kammer gefüllt, wird sie versiegelt, und der Toilettensitz wird auf die zweite Kammer gesetzt. Ist diese auch gefüllt, wird die erste Kammer geleert, der Toilettensitz wie-

der auf die erste Kammer umgesetzt und der Zyklus beginnt von neuem.

Bei den bisher in Lima gebauten Ökotoiletten dauert es, abhängig von der Familiengröße und Nutzung, i.d.R. 1-2 Jahre, bis eine Kammer gefüllt ist. Feuchtigkeitsentzug, erhöhter pH-Wert und die Verweilzeit der Fäkalien in der Kammer bewirken die signifikante Reduzierung der Pathogene.

### 3 Zusammenführung von Grauwasser und Urin und Reinigung in einen Bodenfilter

Das Grauwasser wird nach Passage eines Fettfangs, der Fette und feste Bestandteile zurückhält, mit dem Urin vermischt und auf einen kleinen Bodenfilter geleitet, welcher sich i.d.R. auf dem Grundstück befindet. Dieser besteht aus einem Kies- bzw. Sandbett, auf dem Sumpfpflanzen wie Binsen oder Mini-

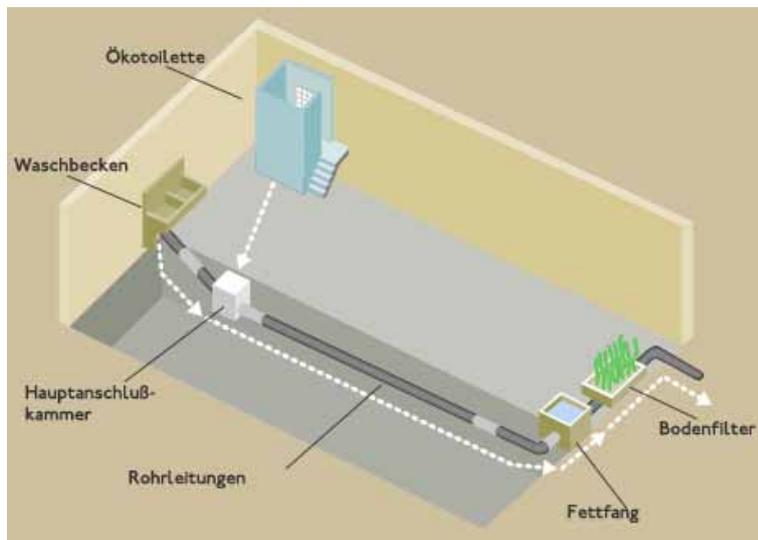


Abb. 5-7: Schema der Grauwasserreinigungseinheit des in Lima eingesetzten Trockentoilettensystems (nach WSP; Cenca 2006)

pflanzen wie Binsen oder Mini-papyrus wachsen. Durch das Zusammenspiel von mechanischer Filtration und durch Wurzelwachstum begünstigter mikro-bakterieller Aktivität im Bodenkörper wird eine Reduzierung von potentiellen Krankheits-erregern erreicht sowie vor allem die Fracht an organischem Kohlenstoff (BSB<sub>5</sub> und CSB), z.T. aber auch an Ammonium, Phosphor und anderen Stoffen, gesenkt.

### 4 Einsatz zur Bewässerung und Bodenverbesserung

Die Möglichkeit der Rückführung der Nährstoffe in den Boden und die Wiedernutzung des gereinigten Abwassers sind ein wesentlicher Bestandteil und ein großes Potential von Ecosan-Systemen (Winblad 1998).

In den Projektdesigns der Systeme in Lima war vorgesehen, die hygienisierten Fäkalien als Bodenverbesserer entweder in der lokalen Landwirtschaft oder in den privaten Hausgärten einzusetzen. Aufgrund der Wasserknappheit Limas (Kap. 4.2.1) wurde aber besonderer Wert auf die Wiedernutzung des Wassers gelegt, welches für die Bewässerung von öffentlichen Parkanlagen (Húascar), der privaten Hausgärten (Nueva Pachacutec) und der urbanen Landwirtschaft (Nievería) vorgesehen war.

### **5.2.2 Aspekte der Benutzung und der Unterhaltung**

Um ein effektives Funktionieren der Trockentoiletten zu gewährleisten und von den potentiellen Vorteilen der Ecosan-Systeme maximal zu profitieren ist die Partizipation der Nutzer elementar. Die Benutzung und Unterhaltung unterscheidet sich in einigen Aspekten deutlich von herkömmlichen Sanitärsystemen wie Latrinen und konventionellen WCs und erfordert von den Nutzern Disziplin, einigen Mehraufwand und die Bereitschaft mit den (teil-) behandelten Fäkalien umzugehen.

Neben den für jede Sanitäreinrichtung geltenden hygienischen Grundregeln für Nutzer, wie z.B. Händewaschen nach der Benutzung der Toilette und das Sauberhalten der Anlagen, wie auch der Pflicht, die Einrichtungen instand zu halten (Mukherjee; van Wijk 2003), müssen bei den Trockentoiletten in Lima zusätzlich folgende Aspekte beachtet werden:

- Nach jeder Benutzung der Toilette Zugabe von Kalk oder Asche, pur oder mit trockener Erde bzw. Sand gemischt
- Nutzung des Urinals bzw. Urinieren nur im Sitzen (um die Fäkalien in der Sammelkammer nicht mit Urin zu mischen)
- Niemals Wasser in die Sammelkammer gießen (d.h. Reinigen des Inneren des Toilettensitzes nur mit einem feuchten Tuch o.ä.)
- Unterlassen des Entsorgens aggressiver oder konzentrierter Flüssigkeiten in den Ausfluss des Waschbeckens, der Dusche, des Urinals etc. (u.a. um die biologische Aktivität des Bodenfilters nicht zu beeinträchtigen)
- wöchentliches bis vierzehntägiges Reinigen des Fettfangs und halbjährliches Reinigen des Bodenfilters
- regelmäßiges Überwachen und Nivellieren der Sammelkammer, jährliches oder zweijährliches Versiegeln und Ausleeren der Kammern, Umsetzen des Toilettensitzes sowie Nutzung des behandelten Fäkalmaterials als Bodenverbesserer
- Kontrolle und Instandhaltung der Bewässerungsvorrichtung

### **5.3 Analyse von Betriebserfahrungen und Nachhaltigkeit des Trockentoilettensystems**

Wie in Kapitel 3.2.1 dargestellt, ist Nachhaltigkeit ein erstrebenswertes Ziel eines jeden Sanitärprojektes. Nach SEI (2005) ist ein Sanitärsystem dann als nachhaltig zu betrachten, wenn es die folgenden sechs Kriterien erfüllt:

- Nutzerzufriedenheit: das Sanitärsystem sollte an die Bedürfnisse der Menschen und an die kulturellen und sozialen Gegebenheiten angepasst sein sowie keines der Geschlechter benachteiligen.
- Gewährleistung des Betriebs und der Instandhaltung: Das Sanitärsystem muss robust und einfach genug sein, um mit den begrenzten lokalen technischen, institutionellen und finanziellen Kapazitäten betrieben werden zu können.

- Schutz der Gesundheit: das Sanitärsystem sollte in der Lage sein, Krankheitserreger unschädlich zu machen bzw. zu isolieren.
- Schutz der Umwelt: das Sanitärsystem sollte Umweltverschmutzung verhindern und Wasserressourcen schützen.
- Nährstoff-Recycling: das Sanitärsystem sollte in der Lage sein, die im Urin und in Fäkalien enthaltenen Nährstoffe zurück in den Boden zu bringen.
- Finanzierbarkeit: das Sanitärsystem sollte für die Nutzer erschwinglich sein.

### 5.3.1 Akzeptanz durch die Bevölkerung und Nutzungsdauer

Laut den Projektbeschreibungen erheben alle Ecosan-Trockentoiletten Projekte in Lima den Anspruch, innovative und nachhaltige Lösungen für die Sanitärprobleme in den Marginalsiedlungen darzustellen (Cenca; WSP 2006; Cenca 2002; Alternativa 2003). Allerdings sind diese Systeme neuartig, berühren kulturelle Tabus und verlangen besonders von den Nutzern ein Ändern althergebrachter Gewohnheiten. Nach Jackson & Knapp (2005) ist der wichtigste Faktor für das Beurteilen des Potentials eines Sanitärsystems dessen Akzeptanz durch die Bevölkerung. Übertragen auf Trockentoiletten ist dies durch folgende Kriterien messbar:

- Werden die Toiletten dauerhaft genutzt?
- Werden die Toiletten korrekt benutzt?
- Werden die Ecosan-Produkte (in der Landwirtschaft) genutzt?
- Besteht ein Interesse von nicht in das Projekt einbezogenen Familien, eine derartige Toilette nachzubauen bzw. zu erwerben?



Abb. 5-8: Trockentoilettenmodul in Nueva Pachacutec (Ventanilla)

Allgemein anerkannt ist, dass Sanitärsysteme am nachhaltigsten sind, wenn deren Konstruktion durch bottom-up-Prozesse initiiert werden, d.h. die Nutzer aktiv partizipieren und sie sich bewusst für eine an ihre Bedürfnisse und Möglichkeiten angepasste Technologie entscheiden. Nicht selten werden Sanitärprojekte jedoch, insbesondere wenn es um Einführung neuer Technologie geht, durch top-down Ansätze, verbunden mit hohen Subventionen, umgesetzt. Dadurch ist zwar kurzfristig das Interesse gesichert, jedoch sind die Nutznießer nicht automatisch auch vom Nutzen der Systeme überzeugt. Die Nachhaltigkeit ist damit von Anfang an in Frage gestellt (Jackson; Knapp 2005).

Auch bei den Pilotprojekten mit Trockentoiletten in Lima hatten die Nutzer keine Wahl. Beim Projekt von Alternativa war die Partizipation lediglich auf Informationsveranstaltungen über die Benutzung beschränkt. CENCA legte einen deutlich größeren Wert auf aktive Beteiligung, z.B. indem die Nutzer in diesen Projekten bis zu 40% der Gesamtkosten übernehmen mussten. Dies ist die wirkungsvollste Maßnahme, um aktives Interesse und Verantwortungsbereitschaft zu garantieren (Vgl. Tab. 5-2).

Sieben Jahre nachdem das erste Ecosan-Trockentoilettenprojekt in Lima realisiert wurde, sind noch etwa 128 der ehemals 221 Ökotoiletten, mehr oder weniger „aktiv“ in Benutzung, fast 60 % also. Werden nur die dauerhaft bewohnten Häuser berücksichtigt, so beträgt dieser Anteil immerhin noch etwa 73 % (Vgl. Tab. 5-3).

**Tabelle 5-2: Partizipation der Nutzer bei der Durchführung der Ecosan-Trockentoiletten Projekte**

	<b>Húascar (Cenca)</b>	<b>Nievería (Cenca)</b>	<b>Nueva Pachacutec (Alternativa)</b>
<b>Charakterisierung</b>	Ökotoilette und Bodenfiltereinheit		Ökotoilette und Bodenfiltereinheit sowie Produktivmodul bestehend aus Garten und Kaninchenzucht
<b>Partizipation Auswahl</b>	Nein		Nein
<b>Partizipation Anpassen der Konstruktion und des Designs</b>	Wahl des Ortes der Toilette (im Haus oder separate Konstruktion) Wahl der Größe und Baumaterialien		Nein (externes Standardmodul mit Garten und Kaninchenstall)
<b>Nutzerbeitrag</b>	Konstruktion Toilettenhaus <u>und</u> Ø US\$ 200 (40% der Gesamtkosten) pro Familie, Nutzung eines Kreditschemas, angeboten von Cenca	Konstruktion des Bads, (Dusche und Waschbecken), Ø \$US 165 (28% der Gesamtkosten) pro Familie, Nutzung eines Kreditschemas, angeboten von Cenca	Kostenlos, Auswahl durch Losverfahren, Voraussetzung: mindestens 5 Familienmitglieder mit Kleinkindern (1. Phase), bzw. mit Kindern welche in lokaler Grundschule eingeschrieben sind (2. Phase), permanenten Wohnsitz auf Grundstück, Erfahrung mit Gartenarbeit bzw. Tierzucht
<b>Sonstige Verpflichtungen</b>	Keine	Verpflichtende Teilnahme an Versammlungen des Komitees	Verpflichtende Teilnahme mind. eines Familienmitglieds an allen Schulungsveranstaltungen, Abriss des Silos
<b>Informierung, Sensibilisierung und Schulung</b>	Informationsveranstaltungen und Informationsblätter, Demonstrationstoiletten, Bildungsmodul (u.a. korrektes Hygieneverhalten, Funktionsweise und korrekte Nutzung des Systems sowie umweltrelevante Themen)		
Quellen: persönliche Mitteilung: Calizaya (Cenca) 12.12.2006, Cáceres (Alternativa) 29.01.2007, WSP; Cenca; UNEP (2006), CENCA (2002), Alternativa (2003), Calizaya (2001).			

**Tabelle 5-3: Nutzung der Ökotoiletten 2007 (eigene Erhebung)**

	<b>Jahr der Installation</b>	<b>Insgesamt gebaute Ökotoiletten</b>	<b>Ökotoiletten 2007 genutzt total (%)</b>	<b>Ökotoiletten 2007 genutzt in durchgängig bewohnten Häusern (%)</b>
Húascar (1999)	1999	38	29% (n=28)	30% (n=27)
Davon Haushalte ohne Abwasseranschluss im Jahr 2007		7	86% (n=7)	86% (n=7)
Nueva Pachcutec	2001	140	63% (n=36)	82% (n=26)
Nievería	2003	43	84% (n=43)	95% (n=37)
n=Anzahl Befragter				

Entsprechend den Ergebnissen in Tabelle 5-2 scheint der Zeitfaktor einen relevanten Einfluss auf den Rückgang der Nutzung der Trockentoiletten zu haben. So nutzen im ersten Projekt Húascar von 1999 nur noch 29% die Trockentoiletten, während es im Projekt Nievería von 2003 noch 84% sind. Bei näherer Betrachtung zeichnen sich jedoch folgende Hauptgründe für die Aufgabe der Nutzung ab:

- Aufgabe der Wohnnutzung des Hauses
- Anschluss an das Trinkwasser- und Kanalisationsnetz

Beide Gründe werden natürlich vom Zeitfaktor beeinflusst, jedoch nicht zwingend. Im Hinblick auf die Einschätzung zukünftiger Perspektiven ist vielmehr die Analyse der eigentlichen Gründe wichtig, sowie die Tatsache, dass nur vereinzelt als Grund für die Aufgabe der Trockentoiletten eine persönliche Ablehnung oder technische, sowie hygienische Probleme angegeben wurden. Alle drei Faktoren werden im Folgenden analysiert.

### **Aufgabe der Wohnnutzung**

Ein besonders für die jungen, noch nicht konsolidierten AHs typisches Merkmal ist der hohe Anteil an nicht oder nur sporadisch bewohnten Grundstücken und eine hohe Fluktuationsrate der Bewohner. Wenn neues Land besetzt bzw. durch Programme gezielt besiedelt wird, gibt es immer auch professionelle Spekulanten, die nach der Erschließung mit Infrastruktur und der Legalisierung ihrer Parzellen diese wieder verkaufen. Meist halten sie sich nur sporadisch auf den Grundstücken auf, z.B. um zu den Versammlungen der Behörden und NROs zu erscheinen und ihrer Berechtigung auf den Landtitel Nachdruck zu verleihen. Daneben gibt es auch Siedler, welche sich erst dann permanent niederlassen wollen, wenn eine Basisinfrastruktur vorhanden ist, was Jahre dauern kann. Auch die periphere Lage der jungen AHs trägt in erheblichem Maße zur sporadischen Bewohnung bei. Da sie weit von möglichen Arbeitsplätzen entfernt liegen, die Straßen in schlechtem Zustand sind und der öffentliche Personenverkehr zudem äußerst defizitär ist, wird versucht, Ausweichplätze z.B. bei Verwandten zu finden. Wem das nicht gelingt, der verbringt nur die Nachtstunden auf seinem Grundstück. Viele AHs werden deshalb auch als Schlafstädte bezeichnet (Hordijk 2000).

Für die Nutzung der Ökotoiletten hat dies negative Konsequenzen, die im Folgenden am Beispiel von Nueva Pachacutec analysiert werden. Wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben, ist Nueva Pachacutec durch eine groß angelegte Umsiedlung vor 7 Jahren entstanden und damit die jüngste Siedlung der drei Projektstandorte. Die extrem periphere Lage bedeutet immensen Zeit- und Kostenaufwand. Schon die Fahrt in die nächstgelegene Industriezone (im Cono Norte) erfordert eine Stunde, ins Zentrum von Lima sind es mehr als 2 Stunden und in die Distrikte des Cono Sur, von wo viele der Bewohner ursprünglich kommen, mehr als 3 Stunden. Dies, aber auch das extreme Klima, hat vor allem Familien mit Kleinkindern schnell zum Abwandern bewogen. Damit ist jedoch gerade die durch das Projekt begünstigte Bevölkerungsschicht (Vgl. Tab.5-1) besonders stark abgewandert (persönliche Mitteilung: Cáceres, Alternativa 29.01.2007). Schon im Jahr 2001 lag der Anteil nicht bewohnter Grundstücke bei 26% (Alternativa 2003). Ähnliche Gründe, wenn auch mit weniger extremen Auswirkungen, führten in Nievería zum Verlassen von 6 Grundstücken des Projektes (persönliche Mitteilung: Gomez, Asociación de Vivienda Los Topacios 14.01.2007). Die AHs in Húascar befinden sich dagegen relativ zentrumsnah am Rande einer konsolidierten Zone. Hier wurde nur eines von 28 Projekthäusern verlassen (Vgl. Tab. 5-3).

### Problems des öffentliche Netzanschlusses

Unübersehbar ist der Fakt, dass sich mit dem Trinkwasseranschluss auch scheinbar zufriedene Trockentoilettennutzer umgehend für die erheblich teurere Investition in ein Spülklosett entscheiden. Nach wie vor hat dieses System den Status einer allgemein akzeptierten Lösung für die Sanitärprobleme in Städten (UNESCO-IHP; GTZ 2006) und wird gerade in den Entwicklungsländern als erstrebenswertes Luxusgut betrachtet (Zimbelmann 2006). Zweifellos besteht auch das Ziel jedes Bewohners eines Limaer AHs in einem WC, möglichst mit einer Abwasserableitung. Alles andere wird bestenfalls als Übergangslösung angenommen, wie die Auswertung der eigenen Umfrage in Tabelle 5-4 deutlich macht.

**Tabelle 5-4: Präferenz des Sanitärsystems nach Nutzerbefragungen (eigene Erhebung)**

<b>Projektstandort</b>	<b>Bevorzugung eines WC gegenüber einer Ökotoilette</b>
Húascar	89% (n=19)
Nueva Pachacutec	94% (n=18)
Nievería	100% (n=15)
<b>Gesamt</b>	<b>94% (n=52)</b>
n=Anzahl Befragter	

In persönlichen Befragungen und den zwei Gruppendiskussionen kam zum Ausdruck, dass die Menschen mit dem WC mehr Sauberkeit, mehr Hygiene und einen besseren Schutz der Gesundheit verbinden. Ein WC wird als praktischer empfunden und die „Spül-und-Vergiss-Mentalität“, die die erforderliche Behandlung des Abwassers ausblendet, dominiert. Bezeichnenderweise wird es von einigen Nutzern als störend empfunden, dass bei den Trockenklos die Fäkalien im „eigenen Haus“, obwohl in den geschlossenen Sammelkammern, verbleiben.

Exemplarisch für diesen Fall ist Húascar, wo heute nur noch 8 Haushalte die Ökotoiletten nutzen. Nachdem 2005 die AHs Nueva Alianza und Micaela Bastidas an das Trinkwasser- und Abwassernetz von Sedapal angeschlossen wurden, haben bis auf eine Ausnahme alle mit Trockentoiletten ausgestatteten Haushalte innerhalb weniger Monate ein WC installiert. Eines der zwei noch funktionierenden Ökotoiletten in Micaela Bastidas wird parallel zum WC genutzt, vor allem bei geringen Wasserdrücken. Die Nutzerin der anderen noch „aktiven“ Ökotoiletten gibt ökologische Gründe und geringere Wasserkosten als Gründe an, leitet allerdings Urin und das Grauwasser inzwischen ebenfalls in das Kanalnetz ein. In Kürze werden 5 der 6 Haushalte, die im AH 2 de Enero (Húascar) noch Ökotoiletten nutzen, auch auf WC umstellen, da gegenwärtig auch dieses AH durch das Programm PAC an das Trinkwasser- und Abwassernetz angeschlossen wird. Obwohl noch einige Wochen bis zum Anschluss vergehen, haben viele der Familien schon die neuen WC-Sanitärmodule auf ihrem Grundstück installiert, ein Indiz für ihr ungeduldiges Warten auf den Anschluss (Vgl. Abb. 5-9).



**Abb. 5-9: Anschluss an das Trinkwasser- und Abwassernetz durch PAC im AH 2 de Enero (San Juan de Lurigancho)**

Sollte das Kanalisationsnetz auch nach Nueva Pachacutec und Nievería erweitert werden, würden zweifellos auch dort die Mehrzahl der Haushalte sehr bald auf WC umstellen, was auch alle Befragten in der Umfrage (Vgl. Tab. 5-4) bestätigten. Allerdings steht dieses Ergebnis in erstaunlichem Kontrast zur Befragung durch Shapira & Ivarez in Nievería im Februar 2006, bei der lediglich 23% (n=26) der Haushalte angaben, auf WC umstellen zu wollen (Shapira; Ivarez 2006). Die Gründe für diesen Unterschied sind nicht klar, machen aber die Probleme der Datenerhebung (kaum Zukunftsplanung, keine dezidierte Meinung, vielleicht auch Scham) bei Nutzerbefragungen in den AHs von Lima deutlich.

### **Erörterung privater Gründe für die Aufgabe der Nutzung der Ökotoiletten**

Neben den beschriebenen Hauptgründen für die Aufgabe der Nutzung der Ökotoiletten waren für 6 der 52 befragten Haushalte andere Gründe ausschlaggebend. Von 2 Befragten (je 1 in Nueva Pachacutec und in Nievería) wurde Unbehagen bei der Benutzung der Ökotoiletten und von 3 Befragten (2 in Nueva Pachacutec, 1 in Nievería) Probleme bei der Benutzung und der Unterhaltung der Systeme genannt (Geruchsbelästigung, Verstopfung des Urinabflusses, Vernässung der Sammelkammer, Bodenfilter als Brutstätte für Mücken). Ein Haushalt in Nueva Pachacutec musste die Nutzung aufgeben, da die Konstruktion der Sammelkammer gerissen war.

Bei den Befragungen war es nur in sehr wenigen Fällen möglich, die Toiletten auch zu besichtigen, und es ist anzunehmen, dass nicht alle Befragten wahrheitsgetreu über die aktuelle Nutzung ihrer Ökotoilette antworteten. Laut Eduardo Gomez, Führer der Asociación de Vivienda Los Topacios haben in Nievería beispielsweise drei Familien parallel Silos, und weitere drei Familien haben sich WCs gebaut, welche direkt in den in der Nähe vorbeifließenden Bewässerungskanal entwässern. Laut Oswaldo Cáceres von der NRO Alternativa ist anzunehmen, dass in Nueva Pachacutec ebenfalls viele Familien parallel wieder Silos verwenden, bzw. vereinzelt WCs installiert haben, welche in tiefe Silos entwässern. Entgegen der Ergebnisse der Befragung (Vgl. Tab. 5-3), wird von den Verantwortlichen geschätzt, dass mindestens 50% der installierten 140 Ökotoiletten nicht mehr genutzt werden.

### 5.3.2 Einschätzungen zum Nutzen des Systems

Trotz der Aufgabe der Nutzung vieler Ökotoiletten ist festzustellen, dass die meisten aktuellen und ehemaligen Nutzer von den Ökotoiletten überzeugt sind, und sie diese, solange sie permanent auf ihren Grundstücken leben und kein Anschluss an das Kanalisationsnetz in Aussicht steht, auch dauerhaft nutzen. Dies trifft insbesondere für die Projektstandorte von Cenca zu (Vgl. Tab. 5-3), wo der wichtigste Grund für die persönliche Entscheidung zum Trockentoiletensystem das völlige Fehlen einer Sanitärversorgung war (Vgl. Tab. 5-5).

**Tabelle 5-5: Sanitärversorgung an den Trockentoiletten-Projektstandorten vor dem Bau der Trockentoiletensysteme (eigene Erhebung)**

	Silo	Latrine	Keine Sanitäreinrichtung	Anzahl Befragte
<b>Húascar</b>	35%	0%	65%	n=17
<b>Nueva Pachacutec</b>	95%	5%	0%	n=19
<b>Nievería</b>	38%	6%	56%	n=16
<b>Gesamt</b>	58%	4%	38%	n=52

Die mit diesen Sanitärpraktiken verbundenen Probleme sind offensichtlich (Vgl. Tab. 5-6).

**Tabelle 5-6: Auswahl von mit Silos und fehlender Sanitärinfrastruktur verbundener Probleme (eigene Zusammenstellung nach Gesprächen mit Bewohnern und Vertretern von NROs)**

Silos/ Latrine	Keine Sanitäreinrichtung
Unhygienische Bedingungen, schwer zu reinigen	Unhygienische Bedingungen
Starke Geruchsentwicklung	Unbequemlichkeit und Unbehagen
Vorhandensein von Fliegen	Notwendigkeit sich weit zu entfernen
Unbehagen bei der Benutzung	Kein effektiver Gesundheitsschutz und sehr
Kein effektiver Gesundheitsschutz	hohes Infektionsrisiko (incl. Verbreitung der
Silo ist nicht permanent (muss nach dessen Füllung an anderer Stelle neu gebaut werden)	Pathogene durch Wind und Fliegen)
i.d.R. keine Möglichkeiten zum Händewaschen	Schamgefühle und Gefahr belästigt zu werden
Lokalisierung außerhalb des Hauses	(insbes. für Frauen und Mädchen)
Gefahr der Kontamination des Grundwassers	Keine Möglichkeiten zum Händewaschen
	Keine Toilette für Besucher und Gäste



**Abb. 5-10: Müll und Exkreme am Hang von Húascar (San Juan de Lurigancho)**

Auf die Frage, warum sie sich für den Bau der Ökotoilette entschieden hatten, erwähnten alle Befragten die Notwendigkeit des Vorhandenseins einer Toilette, wobei Aspekte der Hygiene bzw. des Schutzes der Gesundheit am wichtigsten waren. Häufig genannt wurden auch Gesichtspunkte der Sauberkeit, und des Komforts, und zusätzlich wurde der Aspekt von Status und Würde zum Ausdruck gebracht.

Aussagen wie *„Jetzt beneiden mich meine Nachbarn, und ich muss mich nicht mehr vor meinen Gästen schämen.“* (Nutzer von Ökotoilette in Nievería, Gruppendiskussion am 14.01.2007) oder *„Scham? Scham empfand ich, als mich die Leute beim Verrichten meiner Notwendigkeit auf dem Feld sahen.“* (Nutzerin von Ökotoilette in Nievería, Gruppendiskussion am 14.01.2007) belegen dies. Ökologische Aspekte führten von den 52 Befragten lediglich 3 an. Die Vorteile, die sich aus der Möglichkeit der Nutzung des gereinigten Abwassers und der in den Fäkalien enthaltenen Nährstoffe ergeben, wurden von niemandem erwähnt. Auch in den Gruppendiskussionen wurden ökologische Aspekte nicht mit Trockentoiletten in Verbindung gebracht. Die Aussage *„Umweltschutz hat nichts mit Trockentoiletten zu tun.“* (Nutzer von Ökotoilette in Nievería, Gruppendiskussion am 14.01.2007) steht exemplarisch für die Auffassung der meisten Nutzer.

Damit ist klar, dass für die Menschen der Wunsch nach einer sauberen, hygienischen und komfortablen Toilette eindeutig im Vordergrund stand und die ökologischen Vorteile der Wiedernutzung bei ihrer Entscheidung kaum eine bzw. keine Rolle spielten. Dass die Ökotoiletten den Erwartungen aber gerecht wurden, zeigt die überwiegend positive Einstellung der aktuellen und ehemaligen Nutzer. 94% der 52 befragten Haushalte halten sie für eine gute Lösung für Siedlungen welche über keine adäquate Sanitärversorgung verfügen, und die meisten der Befragten schätzen sie als nützlich bis sehr nützlich ein (Vgl. Tab. 5-7).

Typische Antworten auf die Frage, welche Aspekte als positiv eingeschätzt werden, waren: *„Die Ökotoiletten sind sehr gut“* (Nutzer der Ökotoilette in Nueva Pachacutec, Interview am 18.02.2007), *„Die Ökotoiletten sind viel sauberer und hygienischer als Silos und verbreiten keinen Gestank“*, (Nutzer der Ökotoilette in Húascar, Interview am 04.03.2007) *„Die [Öko-]Toiletten sind einfach zu reinigen und haben keine Fliegen.“* (Nutzer der Ökotoilette in Nievería, Interview am 28.01.2007). Weiterhin wurde oft bemerkt, dass die Toilette einfach zu benutzen sei und über einen Klodeckel sowie über Waschmöglichkeiten bzw. über eine Dusche verfügt.

**Tabelle 5-7: Ergebnis der Umfrage zur Einstellung gegenüber Ökotoiletten (eigene Erhebung)**

Ort	Unnützlich	Wenig nützlich	Mehr oder weniger nützlich	Nützlich	Sehr nützlich	Anzahl Befragte
Húascar	0%	6%	6%	18%	71%	n=17
Nueva Pachacutec	0%	0%	0%	26%	74%	n=19
Nievería	0%	6%	19%	25%	50%	n=16
Gesamt	0%	4%	8%	23%	65%	n=52



**Abb. 5-11: Ökotoilette im AH Nueva Alianza, Huascar (San Juan de Lurigancho)**

Die Frage, welche negativen Aspekte die Nutzer sehen, wurde an allen Projektstandorten von jeweils mehr als 50% der Befragten mit „Keine“ beantwortet, was aber auch bedeutet, dass die andere Hälfte der Befragten negative Aspekte angab. Die Kritik konzentrierte sich überwiegend auf die Bodenfiltereinheit. Die Aussage *„Im Haus ist alles super. Die Probleme sind außerhalb [des Klos, am Bodenfilter].“* (Nutzer der Ökotoilette im AH Michaela Bastida in Húascar, Interview am 25.02.2007) steht exemplarisch dafür.

Vor allem die Nutzer in Huascar und Nueva Pachacutec und in geringerem Maße in Nievería kritisierten eine sehr starke Geruchsbildung im Bodenfilter und das Vorhandensein von Moskitos. In Nievería wurde in einer Gruppendiskussion der notwendige Wartungsaufwand des gesamten Systems als großes Problem empfunden, was bei den Befragungen allerdings unerwähnt blieb (Vgl. Tab. 5-8).

Probleme der Toiletteneinheit sind vor allem die Verstopfung des Abflusses des Urins und Geruchsbelästigung, beides durch Nutzungsfehler verursacht. Zwei der Befragten empfanden es als unangenehm, die Fäkalien sehen zu müssen bzw. störte sie auch der Verbleib der Fäkalien bis zur Leerung der Sammelkammer im Haus. In Nueva Pachacutec wurde Kritik am Design der Standard-Toilettenmodule geübt. Platzmangel im Toilettenhäuschen, Verwendung schlechter Baumaterialien und für Kinder unerreichbar hoch angebrachte Waschbecken wurden kritisiert.

### **5.3.3 Korrekte Nutzung von Trockentoilette und Bodenfilter**

Inkorrekte Nutzung von Sanitärtechnologien kann in jedem Fall Unannehmlichkeiten, wie Geruchsbelästigungen, aber auch den kompletten Systemausfall und Gesundheitsrisiken hervorrufen. Bei Ecosan Technologien mit kurz geschlossenen Kreisläufen können die Wirkungen für den Verursacher unmittelbarer sein (Jackson; Knapp 2005). So haben auch im

Fall der Trockentoilettensysteme in Lima die einzelnen Haushalte eine große Verantwortung, da sich die Sanitärmodule innerhalb der einzelnen Grundstücke befinden und sie individuell für das korrekte Funktionieren des kompletten Systems (Nueva Pachacutec) bzw. fast des gesamten Systems (Húascar, Nievería) sorgen müssen.

### **Zusammenhang zwischen erfolgter Schulung der Nutzer und Langzeitunterstützung**

Petters et al. (2006) betont, wie wichtig es gerade bei Ecosan-Systemen sei, alle Nutzer ausreichend in der korrekten Benutzung zu schulen, und sie eine ausreichend lange Zeit zu begleiten um sie mit eventuell auftretenden Problemen gerade ungewohnter Module nicht allein zu lassen. UNESCO-IHP & GTZ (2006) halten etwa 30% der Gesamtbudgets für Schulungen, Informations- und Aufklärungskampagnen über die implantierten Systeme für angemessen. Kosten für die Schulungen in den drei Projekten liegen nicht vor. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass diese nicht annähernd 30% der Projektkosten betragen. In jedem Fall wurden jedoch Informationskampagnen, Maßnahmen zur Sensibilisierung und später Schulungen u.a. zur Benutzung und zur Funktionsweise der Ecosan-Systeme sowie zum Hygieneverhalten durchgeführt. Dies wurde durch öffentliche Informations- und Bildungsveranstaltungen, Besichtigung von Demonstrations-Toiletten, Verteilung von Informationsblättern und Broschüren sowie durch Hausbesuche (v.a. in Nueva Pachacutec) realisiert. In Nievería wurden zum Beispiel sieben Bildungsmodule zu den folgenden Themen durchgeführt: (1) Umweltschutz, (2) Umgang mit Müll, (3) Sicheres Trinkwasser, (4) Korrekte Benutzung der Trockentoilette, (5) Betrieb und Wartung der Trinkwasserversorgung, (6) Betrieb und Verwaltung des Trinkwasser- und Ecosan-Systems, (7) Funktionsweise und Wartung des Ecosan-Systems.

Die Auswertung zeigt jedoch, dass die erwünschte Wirkung nicht voll erzielt wurde. Da in allen drei Projekten nur die Teilnahme eines Familienmitglieds Pflicht war, wurden bei weitem nicht alle zukünftigen Nutzer einbezogen. Nicht wenigen Teilnehmern fiel es zudem offensichtlich schwer, die vermittelten Informationen aufzunehmen bzw. diese in der alltäglichen Praxis umzusetzen. Denkbar ist u.U., dass vor allem Männer den Versammlungen beiwohnten, da sie in peruanischen Familien, besonders in den ärmeren Schichten, sehr dominant auftreten (*Machismus*), während im Alltag jedoch die Frauen mit den häuslichen Problemen konfrontiert sind, zumal die Männer arbeits- aber auch kulturell bedingt ihre Familien nicht selten tage- oder wochenlang allein lassen. Aber sicherlich sind auch Desinteresse und die Weigerung, alte Gewohnheiten aufzugeben, ein Hemmnis für das erfolgreichere Durchsetzen der Maßnahmen (persönliche Mitteilung: Arrascue, Cenca 13.12.2006, Cáceres, Alternativa 29.01.2007).

Als besonders wichtig stellte sich deshalb heraus, die Familien nach dem Bau der Ökotoiletten regelmäßig zu besuchen und die Ecosan-Systeme auf ihre korrekte Nutzung und ihr Funktionieren zu überprüfen. In allen Projekten wurde dies zu Beginn durch Mitarbeiter der NRO durchgeführt und in Húascar und Nievería später durch ein lokales Komitee bzw. eine

Nutzerorganisation EC (*empresa comunal*) fortgesetzt. Diese Organisationen setzen bzw. setzten sich teilweise aus Nutzern der Ökotoiletten zusammen und haben u.a. die Funktion, das Ecosan-System zu überwachen und zu warten, die Nutzer zu beraten und neu Zugezogene in die richtige Benutzung der Ökotoiletten einzuweisen. Während sich das Komitee in Húascar hauptsächlich um die Bewässerung des Parks im AH Nueva Alianza kümmerte und die Beratung der Nutzer nur unzureichend wahrnahm, funktionierte die Unterstützung durch die EC in Nievería deutlich besser, wenn auch hier nicht alle Aufgaben zufriedenstellend realisiert wurden. Im Gegensatz dazu waren die Nutzer der Ökotoiletten in Nueva Pachacutec nach dem Ende des Projektes und dem Rückzug der NRO Alternativa mit ihren Problemen auf sich allein gestellt, was auch zur Folge hatte, dass später zugezogene Personen, wenn überhaupt, nur von den vorherigen Bewohnern in der korrekten Benutzung der Toiletten unterrichtet werden konnten. Erschwerend kommt hinzu, dass die 140 Haushalte mit Ökotoiletten über ein 532ha großes Areal verteilt sind und dadurch keine Art nachbarschaftlicher Kooperation bzw. Erfahrungsaustausch entstehen konnte, mit dem Probleme evtl. hätten gelöst werden können. Obwohl innerhalb des Projektes, welches in erster Linie auf die Verbesserung der Trinkwasserversorgung zielte, Nachbarschaftskomitees für die Administration der Trinkwasserversorgung, sog. COVAAPs (*Comités Vecinales de Administration del Agua Potable*) gegründet wurden, war eine ähnliche Struktur für die Sanitärversorgung nicht vorgesehen.

Dass dies als Mangel empfunden wurde, zeigt das Ergebnis der Befragung: 8 von 19 Befragten in Nueva Pachacutec verliehen unter der Rubrik „Verbesserungsvorschläge“ ihrem Wunsch nach mehr Schulung Ausdruck, insbesondere für neue Nutzer, und 7 von ihnen forderten die Überwachung der Ecosan-Systeme und häufigere Präsenz der NRO. In Húascar und Nievería dagegen wurden diese Punkte nur vereinzelt angesprochen. Deutlich wurde außerdem, dass einige Nutzer in Nueva Pachacutec nie die Verantwortung für ihre Ecosan-Systeme übernommen haben und der Ansicht waren, dass Probleme mit ihren Ökotoiletten grundsätzlich von der NRO Alternativa zu lösen seien.

Wie der folgende Abschnitt zeigt, spiegeln sich die Unterschiede in Schulung und Langzeitunterstützung auch in der korrekten Nutzung der Ecosan-Systeme wider.

### **Auswertung zur Nutzung des Trockentoilettenmoduls**

Wie bereits erläutert, besteht das Ecosan-Trockentoilettensystem aus 2 Modulen (Vgl. Abb. 5-6 und 5-7): Der eigentlichen Trockentoilette mit 2 Sammelkammern für die Fäkalien und der Reinigungseinheit für Grauwassers und Urin, bestehend aus Fettfang und Bodenfilter. Bezüglich der korrekten Nutzung und Instandhaltung beider Module hat die Studie einen gravierenden Unterschied festgestellt.

Obwohl es dem Erhebungsteam von den Nutzern der Ökotoiletten fast nie erlaubt wurde, die Toiletten zu besichtigen, ist davon auszugehen, dass die Toiletteneinheit von den meisten Nutzern der Systeme von Cenca korrekt genutzt wird, während dies in Nueva Pachacutec

i.d.R. nicht der Fall ist (persönliche Mitteilung: Arrascue, Cenca 13.12.2006; Snel; Smet 2006). Die in Kapitel 5.2.2 beschriebenen Maßnahmen zu Betrieb und Instandhaltung des Systems sind einfach und lassen sich unter den lokalen Gegebenheiten nach einer entsprechenden Unterweisung problemlos durchführen. Allerdings erfordern sie neben dem im Vergleich zu konventionellen Sanitärsystemen vorhandenen Mehraufwand, auch die Bereitschaft, monatlich etwa S./ 5-12 (US\$ 1,5-4) für Kalk auszugeben. Alle befragten Nutzer gaben jedoch an, mit der Wartung keine Probleme zu haben (Vgl. Tab. 5-8), regelmäßig Trockenmaterial zuzugeben, die Toiletten regelmäßig zu reinigen, Brauchwasser und Müll nicht in den Toiletten zu entsorgen, die Sammelkammer nach ihrer Füllung zu versiegeln und den Toilettensitz umzusetzen.

**Tabelle 5-8: Meinung der Nutzer über den Aufwand zur Reinigung und Wartung des Toilettensitzes (eigene Erhebung)**

	sehr schwer	schwer	mäßig	einfach	sehr einfach	Anzahl Befragte
<b>Húascar</b>	6%	0%	12%	29%	53%	n=17
<b>Nueva Pachacutec</b>	17%	11%	6%	22%	44%	n=18
<b>Nievería</b>	0%	7%	13%	33%	47%	n=15
<b>Gesamt</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>	<b>10%</b>	<b>28%</b>	<b>48%</b>	<b>n=50</b>

Obwohl alle Befragten angaben, über die korrekte Benutzung ausreichend informiert zu sein, gibt es in jedem der Projektstandorte Haushalte, bei denen leichte bis massive Probleme die Funktion der Toiletteneinheit beeinträchtigen. So zeigte schon die Studie von Snel & Smet (2006) in Nueva Pachacutec, dass in lediglich 15% der 50 untersuchten Toiletten Trockenmaterial vorhanden war und viele der Ökotoiletten als Latrinen benutzt wurden. Ein Indiz dafür ist das Vorhandensein von unangenehmen Gerüchen, die bei korrekter Nutzung nicht auftreten dürften. Auch die eigene Auswertung (Vgl. Tab. 5-9) zeigte eine Häufung dieser Probleme in Nueva Pachacutec.

**Tabelle 5-9: Geruchsbelästigung der Nutzer durch die Toiletteneinheit (eigene Erhebung)**

	Nie	manchmal	Immer	Stichprobenumfang
<b>Húascar (%)</b>	65%	29%	6%	n=17
<b>Nueva Pachacutec (%)</b>	37%	32%	32%	n=19
<b>Nievería (%)</b>	73%	20%	6%	n=15
<b>Gesamt</b>	<b>57%</b>	<b>27%</b>	<b>16%</b>	<b>n=51</b>

Außer unzureichender Zugabe von Trockenmaterial, kann z.B. auch eine Flüssigkeitsanreicherung in den Sammelkammern, etwa durch Entleeren von Waschwasser, oder unsachgemäße Reinigung der Trenntoiletten für diese Probleme verantwortlich sein. Auffällig ist, dass die meisten Nutzer in Nueva Pachacutec sich trotzdem sehr zufrieden über die Ökotoiletten äußerten. Offensichtlich wiegen die Vorteile, wie sichere Privatsphäre, bessere

Hygiene, neue Dusch- bzw. Waschmöglichkeit, die Nachteile der zuvor genutzten, alle 12 bis 18 Monate neu zu bauenden Silos auf, selbst wenn die Trockentoiletten zu Latrinen werden (persönliche Mitteilung: Cáceres, Alternativa, 29.01.2007).

Einige Projekte mit Trockentrenntoiletten in anderen Teilen der Welt sind u.a. daran gescheitert, dass die Nutzer nicht bereit waren, die Sammelkammern manuell auszuräumen und das behandelte Fäkalmaterial auf ihren Feldern auszubringen (Zimbelmann 2006; persönliche Mitteilung: Cordero, EcosanLAC 16.03.2007; Mena-Abraham, GTA 17.03.2007). Obwohl die peruanische Gesellschaft keine Tradition mit dem direkten Umgang und der Nutzung von menschlichen Fäkalien hat, war bei den Nutzern der Ökotoiletten in Lima kaum Befangenheit gegenüber den getrockneten Fäkalien festzustellen. Viele Nutzer waren überrascht von der bodenartigen Konsistenz und der Geruchlosigkeit des Materials, welches wenig an Fäkalien erinnert. Allerdings wurde der Aufwand, die 0,3m<sup>3</sup> großen Kammern zu entleeren und das Material zu entsorgen, von vielen Nutzern bemängelt. Drei von 31 Nutzern, die bereits ihre Sammelkammer leeren mussten, haben sogar jemanden für diese Arbeit bezahlt.

Um eine korrektes Funktionieren und einen maximalen Gesundheitsschutz zu gewährleisten ist es wichtig, das Toilettenmodul instand zu halten. Die Entlüftungsröhre müssen durch ein intaktes Fliegengitter geschützt sein, die Toilette durch eine Tür verschließbar sein und die Konstruktion (Wände, Dach) sowie alle wichtigen Teile (Rohre, Toilettensitz, Urinal u.ä.) müssen sich in annehmbarem Zustand befinden. Wichtig ist auch, dass immer Trockenmaterial, Toilettenpapier sowie Seife und Wasser zum Händewaschen vorhanden sind.

Auch wenn es durch diese Studie aus den bereits genannten Gründen nicht systematisch über-



**Abb. 5-12: Grauwasserentsorgung im AH 2 de Enero, Húascar (San Juan de Lurigancho)**

prüft werden konnte, so lassen die wenigen Besichtigungen (3 in Húascar, 2 in Nueva Pachacutec, 5 in Nievería) sowie Gespräche mit den Nutzern und Vertretern der NRO den Schluss zu, dass sich die Anlagen in Nievería i.d.R. in einem guten bis sehr gutem Zustand befinden und Möglichkeiten zum Händewaschen immer in der Nähe sind. In Nueva Pachacutec werden die Toiletten zwar ebenfalls sauber gehalten, jedoch ist die Instandhaltung der Toiletten defizitär. Nicht funktionierende Urinale und Waschbecken, defekte Türen sowie löchrige Fliegengitter sind häufig. Der Zustand der noch genutzten Toiletten in Húascar befindet sich zwischen diesen beiden Extremen. Auch hier ist oft keine Möglichkeit zum Händewaschen in unmittelbarer Nähe vorhanden, und häufig fehlen die Türen.

An allen Standorten wurde ein defizitärer Zustand der Urinale festgestellt. Vor allem in Húascar und Nueva Pachacutec sind diese i.d.R. funktionsuntüchtig und in den Gruppendiskussionen kam zum Ausdruck, dass viele Männer zum urinieren nicht das Urinal nutzen, sondern sich stattdessen „*einen Platz außerhalb des Hauses suchen*“.

Da die Toiletten bei vielen Nutzern durchaus perfekt funktionieren, liegt der Hauptgrund für die auftretenden Probleme eindeutig in unkorrekter Benutzung, verursacht durch fehlendes Wissen, Desinteresse bzw. Unkenntnis über die Wichtigkeit der Funktionsfähigkeit. Auch finanzielle Schwierigkeiten bzw. geringe Bereitschaft, in die Reparatur der Toilette zu investieren, sind als Ursachen zu sehen.

### **Nutzung der Reinigungseinheit für Grauwasser und Urin**

Im Gegensatz zu dem Toilettenmodul ist die Nutzung der Fettfänge und der Bodenfilter für Grauwasser und Urin als äußerst defizitär zu beschreiben, wobei zwischen den Standorten in Húascar und Nueva Pachacutec und Nievería aber markante Unterschiede existieren.

In Húascar ist keine einzige Filtereinheit mehr in Funktion und in Nueva Pachacutec ist die Situation vergleichbar. Snel & Smet (2006) berichteten hier von 2 noch funktionierenden Bodenfiltern bei 50 untersuchten Systemen. Das Grauwasser wird entweder direkt zum Gießen eines Blumenbeets verwendet, einfach auf Straße oder Hof gegossen oder zusammen mit dem Urin über ein Rohr direkt in den Sandboden geleitet, wo es versickert. Im AH 2 de Enero in Húascar ist die Praxis ähnlich, wobei der felsige Untergrund das Versickern erschwert und dadurch übel riechende Rinnsale entstehen, welche am Fuß des Hanges kleine Lachen bilden (Vgl. Abb. 5-12). Der Urin wird größtenteils auf dem



**Abb. 5-13: Reinigungseinheit bestehend aus Fettfang und Bodenfilter (Nievería)**

Grundstück versickert, bzw. wird ebenfalls auf den Weg gegossen. Allerdings wird er vorher mit Waschmittel gemischt um den penetranten Uringeruch zu unterdrücken. Die zwei noch genutzten Ökotoiletten in Michaela Bastida, in dem AH welcher bereits an das Kanalnetz angeschlossen ist, haben ebenfalls keine Reinigungseinheit mehr und entsorgen ihren Urin und das Grauwasser direkt in das Kanalnetz.

Im Gegensatz dazu werden in Nievería die Fettfänge und ein Großteil der Bodenfilter noch genutzt. Während sich die Fettfänge meist in annehmbarem Zustand befinden und von 52%

der befragten Nutzern korrekt wöchentlich bis vierzehntägig gereinigt werden, befanden sich von 39 untersuchten Bodenfiltern lediglich 8% in gutem Zustand während 36% eine nur noch mangelhaft Pflanzenbedeckung zeigten und auf 38% der Einheiten gar keine Pflanzen mehr wuchsen. 18% der Bodenfilter waren komplett außer Funktion (Vgl. Tab. 5-10).

**Tabelle 5-10: Pflanzenbedeckungsgrad der Bodenfilter in Nievería (eigene Erhebung)**

<b>Pflanzenbedeckungsgrad der Bodenfilter in Nievería</b>	<b>Anteil</b>
<b>Über 75%</b>	8%
<b>50%-75%</b>	13%
<b>25%-50%</b>	13%
<b>Weniger als 25%</b>	10%
<b>Bodenfilter mit Kies aber ohne Pflanzen</b>	38%
<b>Bodenfilter außer Funktion</b>	18%
<b>Stichprobenumfang</b>	<b>n=39</b>

Als technische Probleme nannten die Nutzer v.a. Verstopfung (soil clogging) und daraus resultierende Geruchsbildung, Geruchsfreisetzung durch Urin und Probleme mit Moskitos, welche sich bevorzugt um die Pflanzen der Bodenfilter aufhielten. Weiterhin wurde das häufige Absterben der Pflanzen erwähnt und die Unkenntnis, woher neue Pflanzen zu bekommen seien.

Zum Teil sind die Probleme auf einen äußerst geringen Wasserverbrauch zurückzuführen. In Nueva Pachacutec wurde z.B. ein Wasserverbrauch von 43 Liter pro Person und Tag kalkuliert. Da das Trinkwasser in dieser Zone mit ca. S./ 6 pro m<sup>3</sup> (etwa US\$ 2) aber sehr teuer ist, liegt der tatsächliche Verbrauch lediglich bei 20-25 Liter pro Person und Tag. Dadurch wurde die täglich anfallende Urinmenge evt. nicht mehr ausreichend verdünnt und überschreitet die für Pflanzen und viele Bakterien tolerierbaren Ammonium/Ammoniakwerte, was in der Konsequenz zur Beeinträchtigung der Reinigungsleistung des Filters führte und unangenehme Gerüche entstehen ließ (persönliche Mitteilung: Cáceres, Alternativa 29.01.2007). Sehr wahrscheinlich sind auch Geruchsbelästigung durch Bodenfilter in Húascar, welche für einige Haushalte Grund war, diese abzuschaffen und das Abwasser versickern zu lassen, darauf zurückzuführen. Dies wird dadurch bestätigt, dass in Nievería dieses Problem nie aufgetreten ist und hier die Haushalte von Beginn an über Hausanschlüsse mit günstigem Trinkwasser (S./ 7 pro Monat Pauschalbetrag) versorgt wurden und somit mehr Wasser verbrauchten.

Eine weitere Ursache für das Verstopfen könnte in dem hohen Eintrag von Sand und Staub liegen, welcher auch durch improvisierte Schutzmaßnahmen kaum verhindert wird. Vor allem erwies sich auch die Notwendigkeit, den Bodenfilter kontinuierlich zu nutzen, bzw. feucht zu halten, damit der Biofilm (Bakterien) und die Pflanzen nicht absterben, in der Praxis als kaum realisierbar. Es ist nicht ungewöhnlich, dass Familien für mehrere Wochen oder Monate zu ihren Verwandten aufs Land ziehen und daher die Toilette in diesem Zeitraum nicht nutzen.

Als weiteres Problem erwies sich das geringe Puffervolumen des sehr kleinen Filters. Bei

unachtsamer Benutzung von z.B. Chlor zur Reinigung des Fettfangs oder anderer toxischer Flüssigkeiten werden die biologischen Prozesse des Filters schnell beeinträchtigt. Außerdem kommt es beim Einleiten größerer Flüssigkeitsmengen, wie z.B. Waschwasser, schnell zum Überstau, was die Reinigung stark beeinträchtigt wenn nicht sogar verhindert und das Verstopfen (clogging) fördert.

Neben diesen technischen Problemen sind offensichtlich auch der erforderliche Wartungsaufwand und das Desinteresse an der Abflussqualität sehr wichtige Gründe für den defizitären Zustand der Bodenfilter. Wenn das Grauwasser und der Urin vom Grundstück weggeführt werden, ist der Bodenfilter für die Funktionalität, den Gesundheitsschutz der Familie und den Komfort der Toiletteneinheit nicht mehr zwingend notwendig. Die Menschen in den AHs haben mit vielen elementaren Problemen zu kämpfen und die Sorge, dass der Abfluss ihrer Toiletten die Umwelt kontaminieren könnte bzw. ein Gesundheitsrisiko für die Gemeinschaft darstellt, steht dabei definitiv nicht an vorderster Stelle. Oftmals fehlt ein Umweltbewusstsein gänzlich (persönliche Mitteilung: Cáceres, Alternativa 29.01.2007). Weiterhin beeinflusst der urbane Lebensstil oft die Bereitschaft, Zeit und Mühe in die Wartung der Reinigungseinheit zu investieren. So wird dem halbjährlichen Reinigen des Kieses oder dem Erneuern abgestorbener Pflanzen (welche ja nicht direkt an den Projektstandorten verfügbar sind) meist wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

In der Gruppendiskussion in Nievería, dem Standort wo die Reinigungseinheit noch genutzt wird, kam zum Ausdruck, dass für viele Nutzer der Aufwand für Reinigung und Instandhaltung und das Desinteresse an der Abflussqualität für die Vernachlässigung der Bodenfilter verantwortlich ist. Die Aussage einer der wenigen Nutzer, deren Bodenfilter sich in gutem Zustand befindetet *„Ja, wir haben eine gute Schulung erhalten, aber viele handeln nicht danach.“* steht exemplarisch für diese Feststellung.

Für einen effektiven Schutz der Umwelt und der Gesundheit der Gemeinschaft ist es wichtig, dass auch alle Bodenfilter funktionieren. Solange die Menschen dies nicht verstehen und anerkennen, werden sie allerdings nicht zur Pflege und Instandhaltung motiviert sein.

### **5.3.4 Nutzung der recycelbaren Wertstoffe nach Ecosan**

Eine der Hauptkomponenten von Ecosan-Systemen ist die Wiederverwendung der Ressourcen um damit den Nährstoffkreislauf zwischen Landwirtschaft und Konsumenten zu schließen und um wertvolle Wasserressourcen zu schonen.

Die menschliche Gesellschaft hat unterschiedliche soziokulturelle Auffassungen hinsichtlich der Nutzung von Fäkalien, welche von Abscheu über Gleichgültigkeit bis zur Vorliebe reichen. Während in vielen asiatischen Kulturen die Nutzung von menschlichen Fäkalien seit Jahrtausenden praktiziert wird (fäcophile Kulturen) stößt die Nutzung in Afrika, Europa und Amerika allgemein auf Abneigung (fäcophobe Kulturen). Nichtsdestotrotz werden auch hier große Flächen mit ungeklärtem Abwasser gedüngt und die Produkte finden ihre Abnehmer (WHO 2006b). Beispielsweise werden fast die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche in

Callao sowie große Flächen in der Stadt Lima mit ungeklärtem Abwasser bewässert und mit den darin enthaltenen Nährstoffen versorgt.

Gegenüber der Nutzung von Grauwasser gibt es kaum kulturelle Vorbehalte (WHO 2006b), und in den AHs von Lima ist es gängige Praxis, kleine Hausgärten und Blumenbeete damit zu bewässern. Einstellungen gegenüber der Nutzung von Urin sind bisher kaum dokumentiert, die meisten Menschen scheinen diesbezüglich aber wenige Probleme zu haben (WHO 2006b). In allen Limaer Projekten war vorgesehen, die hygienisierten Fäkalien als Bodenverbesserer einzusetzen und das behandelte Grauwasser-Urin-Gemisch für Bewässerungszwecke zu nutzen. Während dies bei den Projekten von Cenca durch eine Mikrofirma bzw. ein lokales Komitee zentralisiert organisiert werden sollte, war bei dem Projekt von Alternativa die individuelle Nutzung der Ecosan-Produkte vorgesehen.

### Nutzung des Fäkalmaterials

Das zentrale Anliegen von Ecosan, die in den Fäkalien enthaltenen Nährstoffe in die Landwirtschaft zurückzubringen und damit den linearen Abfluss wertvoller Ressourcen aus dem Boden zu verhindern, ist bei den Projekten in Lima nicht erreicht worden (Vgl. Abb. 5-14).

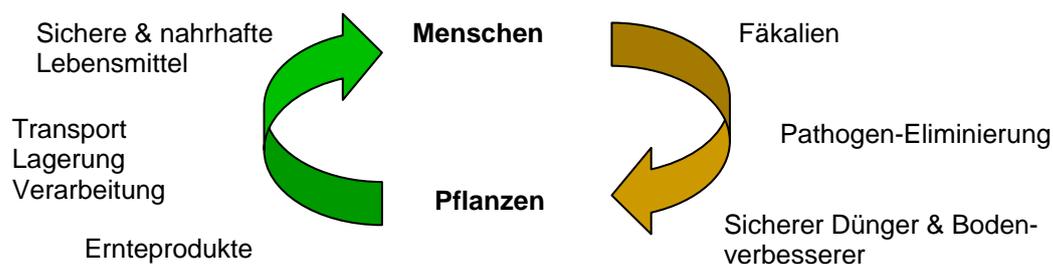


Abb. 5-14: Nährstoffkreislauf im ecosan-System, nach Jenssen et al. (2006)

Nahezu keine Familie nutzt das Fäkalmaterial als Dünger bzw. Bodenverbesserer zur Produktion von Lebensmitteln. In Nueva Pachacutec wurde jede Familie, die eine Ökotoilette erhielt, auch bei der Anlage eines kleinen Garten unterstützt, und es wurden die Voraussetzungen zur Kaninchenzucht geschaffen (Bau eines Stalls, Schenkung von Kaninchen). Das Material aus der Sammelkammer sollte im Garten ausgebracht werden und das Wasser aus dem Bodenfilter den Garten bewässern. Die zu kultivierenden Futterpflanzen (Mais, Alfalfa) sollten der Ernährung der Kaninchen dienen, welche wiederum die Ernährungssituation der Familien verbessern sollten. Weiterhin sollte die an Vitamin C reiche Maracuja angebaut werden. Von dieser unmittelbaren Schließung des Nährstoffkreislaufs wurde ein Beitrag zur Ernährungssicherung der Familien, insbesondere derjenigen mit Kindern, erwartet.

Fast sechs Jahre nach dem Bau der Ökotoiletten bewirtschaften nur noch wenige Familien einen Garten und die Kaninchenzucht wurde von fast niemandem fortgesetzt. Nur drei der 19 befragten Familien haben noch einen Garten und lediglich zwei züchten noch Kaninchen, dies

allerdings im großen Stil mit mehr als 60 Kaninchen pro Familie. Das Fäkalmaterial wird nur selten als Bodenverbesserer verwendet, i.d.R. wird es vergraben bzw. verschüttet (Vgl. Tab. 5-11).

**Tabelle 5-11: Nutzung des Materials der Sammelkammer (eigene Erhebung)**

	Húascar (%)	Nueva Pachacutec (%)	Nievería (%)	Gesamt
<b>Bodenverbesserer</b>	29	16	7	18
<b>Vergraben/Entsorgt</b>	41	53	47	47
<b>Sammelkammer noch nie geleert</b>	29	32	47	35
<b>Anzahl Befragter</b>	N=17	n=19	n=15	n=51

Bei den Projekten in Húascar und Nievería war vorgesehen, das Fäkalmaterial von einer Mikrofirma zentral auf einer Ökostation (Ecoestación) zu kompostieren und anschließend als Dünger einsetzen bzw. zu verkaufen. Eine Idee welche in Húascar nie realisiert wurde, und in Nievería plant die kommunale Firma ECASMA<sup>6</sup> erst seit kurzem, unterstützt durch Cenca und Gelder des Fondo de las Americas, die Einrichtung einer Kompostierung mit Vermarktung der Fäkalien.



**Abb. 5-15: hygienisiertes Fäkalmaterial nach Entleerung aus der Sammelkammer (Quelle: Cenca; WSP; UNDP 2006)**

Wie in Nueva Pachacutec wurde das Material bisher überwiegend als Abfall betrachtet und entweder vergraben, auf dem Berg oder der Straße verkippt, oder als Füllmaterial genutzt. Wenn das Material als Bodenverbesserer eingesetzt wurde, dann nur im Blumenbeet vorm Haus, obwohl zumindest in Nievería Gemüse- und Grasfelder nur einige Hundert Meter von den Häusern entfernt sind (Vgl. Tab. 5-11).

Allerdings kann man daraus nicht unbedingt auf eine Befangenheit bei der Nutzung der Fäkalien schließen. Die Nutzer zeigten zum Beispiel keine Scheu, das Material in die Hand zu nehmen und waren von der bodenartigen Konsistenz sehr beeindruckt (Vgl. Abb. 5-15). Durch den urbanen Lebensstil, Platzmangel (Húascar), schlechte Bodenqualität (Nueva Pachacutec) und Wassermangel haben die meisten Besitzer der Ökotoiletten noch nie an einen Garten gedacht und damit auch keinen Bedarf für das Material. Familien mit Feldern dagegen gaben in der Gruppendiskussion in Nievería an, dass der Arbeitsaufwand für den Transport, und das Ausbringen auf die Felder zu hoch sei, was jedoch nur zeigt, dass sie die bodenverbessernden Eigenschaften nicht anerkennen, schließlich wird die Ausbringung großer Mengen Hühnerdung keinesfalls als zu aufwändig angesehen.

<sup>6</sup> Empresa Comunal Agua, Saneamiento y Medio Ambiente

## Nutzung des behandelten Grauwasser- bzw. Uringemisches

In einer Stadt mit derart gravierenden Wasserversorgungsproblemen wie Lima besteht ein großes Potential für die Wiedernutzung dieser kostbaren Ressource. In allen Projekten war denn auch vorgesehen, das behandelte Wasser zu nutzen, entweder in den privaten Gärten (Nueva Pachacutec), in der Landwirtschaft (Nievería) oder zur Bewässerung öffentlicher Parkanlagen (Húascar).

Die Umsetzung dieser Idee war jedoch an allen drei Standorten mit großen Problemen verbunden. In Nueva Pachacutec hinderten die in Kapitel 5.3.3 beschriebenen Probleme mit den Bodenfiltern die Bewässerung von Hausgärten, die jedoch ohnehin aufgrund der schlechten Bodenqualität und des Desinteresse der Nutzer schnell in Vergessenheit gerieten.



**Abb. 5-16: Park und Spielplatz im AH 2 de Enero (San Juan de Lurigancho)**

zudem im Februar 2007 schon seit mehreren Wochen defekt war, was zu Rückstauproblemen führte.

Auch in Húascar und Nievería wird das Wasser kaum wiedergenutzt. Zwar wird in Nievería der Abfluss von der Hälfte der Bodenfilter gesammelt und in den Bewässerungskanal entlassen und erhöht damit die der Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Wassermenge. Der Abfluss der restlichen Bodenfilter wird allerdings über einen Versickerungsbrunnen in den Untergrund „entsorgt“, welcher

Eine weitere Dimension möglicher Probleme veranschaulicht der Fall Húascar, wo in den AHs Nueva Alianza und 2 de Enero die Abflüsse der einzelnen Bodenfilter vereinigt werden sollten, um nach der Passage durch einen Sekundärfilter je einen kommunalen Park mit Spielplatz zu bewässern. In beiden Fällen kam es zu Konflikten zwischen Projektteilnehmern und anderen Anwohnern bzw. Führern (*Dirigentes*) der AHs. Die einen befürchteten, dass die Installation der Ökotoiletten den Anschluss der AHs an das Trink- und Abwassernetz von Sedapal verzögern würde, andere fühlten sich einfach benachteiligt, weil sie keine Subventionen für den Bau einer Ökotoilette erhalten hatten. Im AH 2 de Enero scheiterte das Vorhaben schließlich völlig. Sabotage der Rohrleitungen, absichtliches Kontaminieren des Wassertanks mit Exkrementen, sowie eine Anzeige beim Gesundheitsministerium gingen dem voraus, der geplante „Park“ blieb ein staubiger Platz (Vgl. Abb. 5-16) (persönliche Mitteilung: Calizaya, Cenca 12.12.2006, Anwohner von Húascar 04.03.2007).

Im AH Nueva Alianza gab es ebenfalls starke Proteste gegen das Projekt. Dennoch konnte der Park mit einer Fläche von 800m<sup>2</sup> vier Jahre lang zumindest teilweise Dank des behandelten Grauwasser begrünt werden. Seit im Jahr 2004 dieser AH durch das staatliche Programm

MiBarrio aufgewertet wurde (u.a. Anschluss an das Trinkwasser- und Kanalisationsnetz, befestigte Wege) wurde das Ecosan-Bewässerungssystem entfernt und der Park wird seitdem zu hohen Kosten mit Trinkwasser bewässert. Die Nutzer haben nach und nach ihre Ökotoiletten auf WCs umgestellt, die ersten sofort, die letzten nach über zwei Jahren.

Bei dem dritten AH in Huascar, Micaela Bastidas, war von Beginn an vorgesehen, das Abwasser nicht zu nutzen und durch Sickerbrunnen in den Untergrund zu „entsorgen“.

Die Nutzung der im Urin enthaltenen Nährstoffe wurde zwar bei den Projekten von Cenca angedacht, wurde aber bisher von keinem Projekt umgesetzt. Man wollte die Nutzer zu Beginn nicht überfordern und erst nach dem Aufbau einer Firma, die sich der Wartung und der Vermarktung der Ecosan-Produkte widmet, mit der Sammlung und Nutzung des Urins beginnen.

### 5.3.5 Wirtschaftliche Betrachtung zum Trockentoilettensystem in Lima

Der Erfolg eines Produktes zeigt sich, wenn es eine steigende Nachfrage gibt bzw. wenn das Produkt ohne externe Unterstützung repliziert wird. Dieses Niveau an Akzeptanz ist notwendig, wenn eine neue Technologie erfolgreich Verbreitung finden soll (Jackson; Knapp 2005).

Auch wenn die Ökotoiletten viel Aufmerksamkeit erregt und Interesse geweckt haben, ist deren Verbreitung in Lima sehr gering geblieben. Lediglich in Nievería hat sich der Wunsch nach einer Ökotoilette in einer konkreten Nachfrage manifestiert und bis jetzt haben sechs Haushalte in Eigeninitiative und ohne externe finanzielle Unterstützung eine Ökotoilette installiert. In Nueva Pachacutec wurde zwar ebenfalls vereinzelt der Wunsch nach einer Ökotoilette geäußert, allerdings war dies mit der Erwartungshaltung verbunden, diese, wie die Nachbarn ja schließlich auch, geschenkt zu bekommen.

Die Gründe, warum es bisher zu keiner signifikanten Verbreitung der Ökotoiletten gekommen ist sind vielfältig. Ein Grund sind die Kosten des Systems, welche für viele Interessenten eine kaum zu nehmende Hürde darstellen oder zumindest als nicht angemessen betrachtet werden. In Húascar betragen die Kosten für eine Ökotoilette (ohne Schulungsmaßnahmen etc.) US\$ 500, in Nueva Pachacutec etwa US\$ 350 und in Nievería etwa US\$ 600 (Vgl. Tab. 5-12), wobei die Kosten je nach Ausführung der Toilettenkonstruktion (separates Häuschen bzw. im Haus, verwendete Materialien, etc.) deutlich variierten.

**Tabelle 5-12: Durchschnittliche Kosten des Ecosan-Systems pro Haushalt in Nievería (in \$US) (nach: CENCA; WSP; UNEP (2006))**

Sammelkammern	Toilettensitz und Urinal	Toilettenhäuschen, Waschbecken, Dusche und Wäschewaschmöglichkeit	Fettfang und Bodenfilter	Rohrleitung innerhalb des Grundstücks	Rohrleitung außerhalb des Grundstücks
250	25	175	100	30	23
<b>Gesamtkosten: \$US 603</b>					

Begünstigt durch die autoritäre zentralistische Staatsführung aber auch eine Vielzahl von Projekten in den AHs, welche mit hohen Subventionen arbeiteten bzw. ihre Produkte verschenkten, hat sich so gut wie keine Eigenverantwortung und Initiative hinsichtlich der Verbesserung der eigenen Sanitärversorgung entwickelt. Vielmehr wird auf Programme und Donationen gewartet und letztendlich auf den öffentliche Netzanschluss, auch wenn es Jahre dauern mag. Allerdings bedingt auch die große Armut in den AHs, dass viele Familien die vollen Kosten nie allein tragen könnten. Letztendlich wurden auch die in Planung befindlichen 35 Ökotoiletten im AH San Francisco, einer Nachbarsiedlung von Nievería, nur durch Subventionen, in diesem Fall von Fondo de las Americas, möglich.

Selbst die mit den Ökotoiletten verbundenen monatliche Kosten v.a. für den Kalk, welche bei etwa S./ 6 bis 12 (US\$ 2 bis US\$ 4) pro Familie in Nievería bzw. S./ 4,5 bis 9 (US\$ 1,5 bis US\$ 3) in Huascar und Nueva Pachacutec liegen, werden von Nutzern, z.B. in Nueva Pachacutec, als zu hoch empfunden. Zirka zwei Drittel der Nutzer sehen sie jedoch als adäquat an (Vgl. Tab. 5-13).

**Tabelle 5-13: Einschätzung der monatlichen Kosten der Ökotoiletten durch die Nutzer (eigene Erhebung)**

	Zu hoch	Mehr oder weniger adäquat	Adäquat	Anzahl Befragter
Húascar	0%	0%	100%	N=17
Nueva Pachacutec	17%	56%	28%	N=18
Nievería	0%	36%	64%	N=14
<b>Gesamt</b>	<b>6%</b>	<b>31%</b>	<b>63%</b>	<b>N=49</b>

Während im ländlichen Raum die Möglichkeit kostenlosen Dünger zu produzieren eine Motivation für eine Ökotoilette darstellen kann, ist dies, wie Kapitel 5.3.4 gezeigt hat, im peri-urbanen Raum Limas kein zusätzlicher Anreiz. Dennoch zeigen die wenigen spontanen Replikationen in Nievería, dass es möglich ist, selbst ohne Subventionen eine konkrete Nachfrage nach Ökotoiletten zu erzeugen. Bei mit Subventionen geförderten Ökotoiletten ist die Nachfrage allerdings ungleich höher, zumindest spontan erst einmal wie das Beispiel San Francisco zeigt, wo in einer Einwohnerversammlung lebhaft über die Auswahl der Haushalte diskutiert wurde, bei welchen eine Ökotoilette installiert werden soll.

### 5.3.6 Erfüllung des Faktors Gesundheitsschutz

Nachhaltig können Sanitärsysteme nur sein, wenn sie ihrer wichtigsten Funktion, die Gesundheit der Menschen zu schützen, gerecht werden (Mukherjee; van Wijk 2003).

Typische Krankheiten in Lima, welche durch unhygienische Bedingungen und Kontakt mit kontaminiertem Wasser und mit Fäkalien hervorgerufen werden, sind vor allem Durchfallerkrankungen, Magen-Darm-Parasiten sowie Haut-, Augen- und Ohreninfektionen (Shapira; Ivarez 2006). Allerdings wird das Auftreten dieser Krankheiten nicht nur durch eine unzureichende Sanitärversorgung sondern noch durch viele andere Faktoren wie mangelhaftes Hygieneverhalten, kontaminiertes Trinkwasser und Speisen, Mangelernährung, Stress, unbe-

dachter Kontakt mit Kranken u.a. maßgeblich beeinflusst (Shapira; Ivarez 2006). Laut WHO (2004) kann durch den Zugang zu adäquater Sanitärversorgung das Infektionsrisiko mit Diarrhö um 37,5% gesenkt werden, während der Zugang zu sauberem Trinkwasser das Risiko um 21% senkt und einfaches Händewaschen das Auftreten von Diarrhö um bis zu 35% reduzieren kann. Durch verbesserte Hygiene, Trinkwasser- und Sanitärversorgung kann das Infektionsrisiko mit Fadenwürmern (Ascariasis), den häufigsten Magen-Darm-Parasiten, um 29% und mit Hakenwürmern um 4% gesenkt werden.

Um die Wirkung der Ökotoiletten zu messen, wurden in Nueva Pachacutec die Nutzer vom lokalen Gesundheitszentrum (*Centro de Salud*) gesondert überwacht. Signifikante Unterschiede zur Vergleichspopulation welche keine Ökotoiletten nutzten, konnten allerdings nicht festgestellt werden (persönliche Mitteilung: Cáceres, Alternativa 29.01.2007). Ein Vergleich (Shapira; Ivarez 2006) der in den Jahren 2002 und 2005 am Gesundheitszentrum von Nievería behandelten Kinder und Jugendlichen ergab eine Reduzierung der Fälle akuten Durchfalls um 60%, von Magen-Darm-Parasiten um 17% und von Haut-, Augen- und Ohreninfektionen um 7% durch die Ökotoilettenutzung. Allerdings ist das Ergebnis statistisch insignifikant, da die Anzahl an Patienten pro Krankheitskategorie lediglich zwischen 4 und 12 Personen lag. Da Ökotoiletten von der WHO (2006) als erprobte Sanitärösung empfohlen werden, ist der positive Einfluss auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung aber wahrscheinlich. Die Sanitärsituation der betroffenen AHs Limas hat sich durch die Ökotoiletten deutlich verbessert (Vgl. Tab. 5-6).

Eine effektive Eliminierung der Pathogene in den Fäkalien und im Abwasser ist von äußerster Wichtigkeit, insbesondere bei den Ecosan-Systemen, bei denen eine Wiedernutzung vorgesehen ist, die ja, wie zuvor beschrieben, in Lima bisher kaum erfolgte. Es gibt nur wenige Studien, welche z.B. die Pathogen-Eliminierung dehydrierter Fäkalien untersuchen, obwohl weltweit eine beachtliche Zahl an Dehydrierungstoiletten genutzt werden und das Gesundheitsrisiko welches mit der Nutzung der Fäkalien als Bodenverbesserer verbunden ist, allgemein bekannt ist (Peasey 2000). Es besteht die allgemeine Einsicht, dass ein Gesundheitsrisiko existieren kann, wenn die Systeme nicht korrekt benutzt werden. Der Umfang der notwendigen Behandlung ist abhängig vom Gesundheitszustand der Nutzer und von der beabsichtigten Nutzung der Fäkalien. Winblad (1998) schreibt, dass die Dehydrierung der Fäkalien und eine Lagerung für 6 Monate bis zu einem Jahr ausreichend sei, um die meisten pathogenen Organismen abzutöten. Eine Sekundärbehandlung (z.B. Kompostierung bei hohen Temperaturen) sei allerdings in Gebieten mit Verbreitung intestinaler Parasiten, wie Faden- und Hakenwürmer, zu empfehlen. In den Marginalsiedlungen von Lima wie auch in den meisten anderen Entwicklungsländern ist dies der Fall.

Eine Analyse des Fäkalmaterials einer Sammelkammer in Nievería nach einer Ruhezeit von 1,5 Jahren ergab Werte für die fäkale Koliformbelastung von unter 3 NMP/100ml und E.Coli Bakterien konnten nicht mehr nachgewiesen werden. Eine andere Studie hat Werte für E.Coli von 80 NMP/100ml und das Vorhandensein von inaktiven Eiern von Magen-Darm-Parasiten

nachweisen können (CENCA; WSP; UNEP 2006). Diese Werte unterschreiten die Grenzwerte der Weltgesundheitsorganisation für die Nutzung in der Landwirtschaft (1000 NMP/g Feststoffe für E.Colibakterien und 1 Parasitenei/g) (WHO 2006a), allerdings sind zwei Analysen als Nachweis der Unbedenklichkeit des Materials nicht ausreichend.

Eine Analyse von verschiedenen Dehydrierungstoiletten in Mexiko, Vietnam, China, Südafrika und Guatemala durch Peasey (2000) kam zu dem Schluss, dass die Eliminierung der Pathogene umso effektiver abläuft, je höher der pH-Wert und je länger die Ruhezeit ist. Bei regelmäßiger Zugabe von geeignetem Trockenmaterial (z.B. Asche oder Kalk) beträgt die empfohlene Ruhezeit, je nach System zwischen 3 und 12 Monaten um das Material sicher als Bodenverbesserer verwenden zu können. Die WHO (2006) schlägt unter den Bedingungen der Ökotoiletten von Lima (pH-Wert über 9, schnelle Trocknung der Fäkalien) eine Ruhezeit der Fäkalien von mindestens 6 Monaten vor. Da sich bei den Systemen in Lima die Sammelkammern abhängig von der Nutzungsintensität i.d.R. erst nach mehr als einem Jahr füllen und damit eine minimale Ruhezeit des Fäkalmaterials von 12 Monaten gewährleistet ist, kann das Material relativ wahrscheinlich sicher benutzt werden. Ein nicht zu vernachlässigendes Risiko besteht jedoch in individuellen Nutzungsfehlern der Toiletteneinheiten.

Während das Toilettenmodul die Hygienisierung zufrieden stellend erfüllt, ist die Leistung der Filtermodule bei den Systemen in Lima weit davon entfernt. Da die Mehrzahl der Bodenfilter mittlerweile nicht mehr in Funktion ist, werden Grauwasser und Urin überhaupt nicht mehr gereinigt und stellen eine Gefahr für die Gesundheit und Hygiene dar. Die Analyse der Reinigungsleistung ausgewählter Bodenfilter in Nueva Pachacutec aus dem Jahr 2002 (Vgl. Tab. 5-14) lässt vermuten, dass die Filter dort etwas besser funktionierten. Dennoch schwankt auch hier die BSB<sub>5</sub> (Biologischer Sauerstoffbedarf) Reduzierung nur zwischen 5 - 50%, die Ablaufwerte liegen zwischen 300-450mg BSB<sub>5</sub>/l. Die coliformen Fäkalbakterien werden i.d.R. um eine Potenz reduziert obwohl horizontal mit Abwasser durchströmte Pflanzenbeete normalerweise eine Eliminierungskapazität von bis zu drei Potenzen haben, einige sogar mehr.

In Nievería (Vgl. Tab. 5-14) wurden nur Ablaufkonzentrationen von 4 Filtern untersucht, bzw. die Qualität der gesammelten Abflüsse in den Bewässerungskanal. Die Daten wurden mit Heike Hoffman, Biologin und Spezialistin im Betrieb von Kläranlagen der Firma Rotária do Brasil diskutiert. Danach wären für eine bessere Einschätzung die Zulaufdaten sehr interessant. Erstaunlich sind die extrem geringen Phosphatwerte. Die erhöhten Nitratwerte dagegen können nur aus Nitrifikationsvorgängen im Filter stammen, was jedoch relativ unwahrscheinlich ist. Ammoniumwerte wurden leider nicht untersucht. Für die Richtigkeit der chemischen Daten kann insofern nicht garantiert werden. Zumindest die Koliformbelastung scheint jedoch plausibel. Die hohe Variabilität wird höchstwahrscheinlich durch die Kontamination des Grauwassers vor dem Eintritt in den Bodenfilter bestimmt. Obwohl nach Winblad et al. (2004) Grauwasser und Urin i.d.R. nur wenig kontaminiert sind, führt die Praxis in den AHs z.B. das Windeln waschen, durchaus zu erhöhten Werten. Nach den

Richtwerten der WHO (2006a), wäre der Ablauf aller Anlagen hinsichtlich Belastung mit coliformen Keimen ausreichend für Beregung der Klasse B und C, der Ablauf der Hälfte der Anlagen (< 1000 Coliforme) für A. Zusätzlich müssten jedoch noch Nematodeneier untersucht werden, doch deren Vorhandensein nach einer Filterpassage ist unwahrscheinlich solange der Filter nicht überstaut (kolmatiert) ist.

**Tabelle 5-14: Reinigungsleistung der Bodenfilter (Quellen: Quelle: Shapira & Ivarez, 2006 & EQUAS S.A. Informe de Analisis Fisico Quimico, Bioquimico y Bacteriologico de Muestras de Agua, 2002; Reglamento de la Ley general de Aguas DL 17762, WSP; Cenca; UNDP (2006))**

	E.Coli fäkal (NMP/100ml)		E.Coli total (NMP/100ml)		N total (mg/l)	P total (mg/l)	BSB <sub>5</sub> (mg/l)	
	ZU	AB	ZU	AB			ZU	AB
<b>Nueva Pachacutec</b>								
Modul 1	1000	720	46.000	2800	--	--	572	285
Modul 2	2650	850	42.000	26.000	--	--	530	303
Modul 3	6000	2500	18.000	9000	--	--	469	447
Modul 4	7200	500	21000	1200	--	--	507	450
<b>Nievería</b>	Ablauf							
Modul 1	460.000		--		147	0,15	250	
Modul 2	20.000		--		30	0,12	60	
Modul 3	36		--		--	--	--	
Modul 4	90		--		11	0,68	40	
Ausfluss in Kanal	160.000		--			11,6	79	
<b>Peruanische Norm</b>								
<b>Klasse III *</b>	<b>1.000</b>		<b>5.000</b>		<b>100</b>		<b>15</b>	
<b>Klasse IV* *</b>	<b>(1000)</b>		<b>(5000)</b>		<b>100</b>		<b>10</b>	
* Wasserqualität Klasse III –Bewässerung von roh konsumierten Gemüse und Tränken von Tieren ** Wasserqualität Klasse IV – Wasser für Erholungszwecke (Bäder und ähnliches)								

### 5.3.7 Erfüllung des Faktors Umweltschutz

Neben dem Schutz der menschlichen Gesundheit sollen nachhaltige Sanitärsysteme Umweltverschmutzung verhindern und Wasserressourcen schützen (SEI 2005).

Da die Ökotoiletten kein Wasser verwenden<sup>7</sup>, werden im Vergleich zu WCs pro Jahr und Person über 15.000 Liter Trinkwasser eingespart. Dies bedeutet nicht nur, dass dieses Wasser für andere Nutzungen zur Verfügung steht, sondern auch, dass Energie und Chemikalien für die Reinigung dieses Trinkwassers eingespart werden<sup>8</sup>. Weiterhin werden durch die Hygienisierung und „Entsorgung“ der Fäkalien vor Ort die Wasserkörper nicht mit Fäkalkeimen kontaminiert und auch nicht mit organischen Stoffen und Nährstoffen belastet.

<sup>7</sup> Abgesehen von einer minimalen Menge zum Nachspülen des Urinals

<sup>8</sup> Da Lima auf das Wasser des hoch kontaminierten Flusses Rímac als Rohwasser angewiesen ist, kann nur durch aufwändige Reinigungsprozesse und die Zugabe von Chemikalien eine ausreichende Trinkwasserqualität gewährleistet werden. Ca. 30% der gesamten Reinigungskosten entfallen auf den Kauf von Chemikalien (persönliche Mitteilung: Gutierrez, Sedapal 05.12.2006).

Trotz dieser offensichtlichen Leistungen der Ökotoiletten wird deren Potential in den drei untersuchten Fällen nicht voll ausgeschöpft:

- Die getrockneten Fäkalien werden zwar dezentral entsorgt, bei weitem aber noch nicht so genutzt, wie der Gehalt an Nährstoffen und Strukturmaterial dies ermöglichen würde.
- Grauwasser und Urin wird in den kaum funktionierenden Bodenfiltern so gut wie nicht gereinigt und kontaminiert damit in erheblichem Maße die Umwelt.
- Die im Urin enthaltenen Nährstoffe (v.a. Stickstoff, Phosphat und Kalium) gehen damit verloren bzw. fördern beim Eintrag in Gewässer die Eutrophierung.
- Die Konzepte, gereinigtes Grauwasser zur Beregung von Grünflächen und Parks oder auch im privaten Garten einzusetzen, sind hauptsächlich am fehlenden Interesse gescheitert.
- So gut wie kein Nutzer ist sich über das ökologische Potenzial seiner Anlage bewusst und hätte offensichtlich auch kein Interesse daran, es zu nutzen.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die in Lima installierten Ecosan Module im gegenwärtigen Betrieb ihrem Anspruch, die Umwelt zu schützen kaum gerecht werden. Lediglich Wasser wird gespart, dies jedoch auch nur im Vergleich zu WCs. Im Vergleich zu den „ursprünglichen“ Lösungen der Nutzer (Silos usw.), welche ebenfalls ohne Wasser auskommen muss diese Aussage relativiert werden. Ansonsten tragen die Systeme weder zur Einsparung von Energie bei, die für die Produktion und zum Transport von Dünger erforderlich ist, noch zum Schutz von nicht erneuerbaren Ressourcen (insbesondere Phosphat). Auch hatte die Installation kaum einen Einfluss auf das Umweltbewusstsein der betroffenen Nutzer.

### **5.3.8 Zusammenfassende Betrachtung der Nachhaltigkeit des Ecosan-Trockentoilettensystems**

Die Durchführung der Feldarbeiten verlief nicht problemlos, ein Fakt, der in gewisser Weise schon die Akzeptanzprobleme der Trockentoilettensysteme in der Bevölkerung verdeutlicht und auch für ein gewisses Klima der Unsicherheit unter den NROs spricht. Die befragten Nutzer reagierten oft mit Desinteresse oder sogar Ablehnung und die Korrektheit der Antworten musste manchmal in Frage gestellt werden, ohne dass es jedoch immer möglich war, die Antworten auf ihren Wahrheitsgehalt zu überprüfen. Meist war es auch nicht möglich, den Zustand der Toiletten persönlich einzuschätzen, da die Nutzer den Zugang nicht gestatteten. Besonders schwierig gestaltete sich die Datenerhebung in Nueva Pachacutec, da die NRO dort schon seit Jahren nicht mehr präsent ist und kein lokales Komitee oder Schlüsselinformanten existieren, die hätten befragt werden können. Hinzu kommt, dass die Projektstandorte in Nueva Pachacutec und Nievería sehr peripher und insbesondere Húascar in sehr gefährlichen Zonen liegen, was die Organisation und Durchführung der Befragungen und Besichtigungen erschwerte. Da diese Studie mit keiner der projektverantwortlichen Institutio-

nen oder NROs ein Abkommen hatte, war auch der Informationsfluss sehr zäh und oftmals wurden Informationen zurückgehalten.

Trotzdem gelang es, relativ umfangreiches Material zusammenzutragen, und wie die Ergebnisse zeigen, haben die als Pilotprojekte installierten Ökotoiletten in vielen Fällen einen Beitrag zur Verbesserung der Sanitärbedingungen der Nutzer geleistet. Ihrem Anspruch, eine nachhaltige Lösung für die Sanitärprobleme der Menschen in den Marginalvierteln Limas zu sein, konnte aber keines der Projekte voll gerecht werden. Während das System in Nievería noch relativ gut funktioniert, sind die Projekte in Húascar und in Nueva Pachacutec mit vielen Problemen belastet. Dass die untersuchten Ecosan-Systeme keine nachhaltigen Sanitäreösungen darstellen, hat verschiedene Ursachen, wovon die wichtigsten in Tab. 5-15 zusammengefasst sind.

Zwei verschiedene Problemfelder zeichnen sich ab. Einerseits handelt es sich um projektspezifische Probleme, die zum großen Teil in der Verantwortung der Initiatoren liegen, wie zum Beispiel die mangelhafte Auslegung der Filter oder die zu geringe Betreuung und Unterstützung der Nutzer. Da die Projekte eine für Lima vollkommen neue Form der Sanitärversorgung darstellen und die NRO Alternativa zuvor noch keinerlei Erfahrung mit Ecosan hatte, erscheint es verständlich, dass Probleme dieser Art auftreten. Zu berücksichtigen ist zudem, in welchem limitiertem finanziellen Rahmen sich diese Projekte bewegen. Für viele gute Ideen und Initiativen fehlt das Geld. Leider kann ein einziges negatives Beispiel alle zukünftigen Projekte erschweren. Dies gilt gerade für den Einsatz alternativer Technologien in Gebieten, in denen kaum jemand über differenziertes Wissen zum Thema verfügt. Schnell will niemand mehr etwas von einer Lösung wissen, die auch nur entfernt an dieses negative Beispiel erinnert, aus welchen Gründen auch immer es so überliefert ist.

**Tabelle 5-15: Hauptgründe für die mangelhafte Nachhaltigkeit der Ecosan-Systeme (nach eigenen Daten)**

Ursachen	Húascar	Nueva Pachacutec	Nievería
Umstellung auf anderes Sanitärsystem (Präferenz der Spültoilette, Ökotoilette nur Übergangslösung)	+++	+	+
Aufgabe bzw. keine permanente Wohnnutzung	-	+++	+
Fehler bei der korrekten Benutzung der Toilette	+	+++	+
Defizite bei der Wartung und Instandhaltung	+++	+++	++
Technische Probleme der Bodenfilter	++	+++	+
Defizite bei der Nutzung der hygienisierten Fäkalien	++	+++	++
Probleme bei der Nutzung des Grauwassers & Urins	+++	+++	++
Probleme bei der Qualität des Abflusses	+++	+++	++
Soziale Konflikte	+++	-	-
- = keine Probleme ; + = leichte Probleme; ++ = mäßige Probleme; +++ = große Probleme			

Das zweite Problemfeld betrifft allgemeine, d.h. von den Initiatoren kaum beeinflussbare Aspekte. Zu diesen gehören zum Beispiel die hohe Abwanderung bzw. Fluktuation in einigen der Gebiete, die fast durchgängige Ablehnung von Nutzungsangeboten für die gewonnenen

Ressourcen, wie Wasser, Nährstoffe, sowie die Bevorzugung von WCs im Falle eines Trinkwasseranschlusses (Vgl. Tab. 5-15). Diese Probleme sind nicht nur gravierender, sondern noch dazu viel komplizierter zu lösen, da in entscheidendem Maße politische, soziale und kulturelle Komponenten hineinspielen.

Es darf nicht übersehen werden, dass es sich in den Marginalsiedlungen von Lima um die am extremsten benachteiligte Bevölkerungsschicht handelt. Diesen Menschen fehlt es an vielem, oftmals sogar an einer Perspektive für ihr Leben und an Bildung und Wissen. Sie sind es gewohnt, auszuharren und zu reagieren, kaum jedoch zu agieren. Selten kämen sie z.B. auf die Idee, den Begriff „Umweltschutz“ überhaupt zu irgendetwas in Beziehung zu setzen, was in ihrem persönlichen Einflussreich liegt. Und ausgerechnet diese Menschen sollen sich nun für eine neue alternative Technologie entscheiden, die ihnen unerwünschten Mehraufwand bringt, dafür einen Nebennutzen verspricht, für den sie keine Verwendung haben, und die sie zudem vielleicht endgültig von dem trennt, was sie sich unter einem kultivierten Leben vorstellen: ein festes Haus mit Wasserklosett?

Diese Einstellung oder Lebenshaltung zu ändern, wäre offensichtlich aber nötig, damit sich die Ecosan-Idee nachhaltig trägt. Dies kann allein durch die Implantation von Ecosan-Projekten nicht bewirkt werden, wie die vorliegende Auswertung beweist.

Obwohl die Ökotoiletten in vielen der befragten Haushalte mit Akzeptanzproblemen behaftet sind, haben die Erfahrungen aber auch gezeigt, dass sie in einigen Haushalten ohne Probleme funktionierten. Die Frage ist, welche Änderungen in Zukunft vorgenommen werden müssen, um die breite urbane Bevölkerung zu erreichen, denn nur im großen Maßstab angewandt, bieten sie für Lima das Potential, nachhaltig zur Lösung der gravierenden Sanitärprobleme beizutragen.

#### ***5.4 Weitere alternative Sanitärtechniken in AHs in Lima, die als Modul in Ecosan integrierbar sind***

Neben den Trockentoiletensystemen, die wichtige Ecosan-Kriterien wie Stoffstromtrennung, Schonung der Wasserressourcen und Schließung des Nährstoffkreislaufs konsequent anstreben, wurden in Lima auch alternative Sanitär- bzw. Abwasserbehandlungstechnologien eingesetzt, welche das prinzipielle Potential aufweisen, in Ecosan-Konzepte integrierbar zu sein. Allerdings haben auch diese bisher meist den Statuts von Pilot- oder Forschungsprojekten und bisher keine signifikante Verbreitung erfahren.

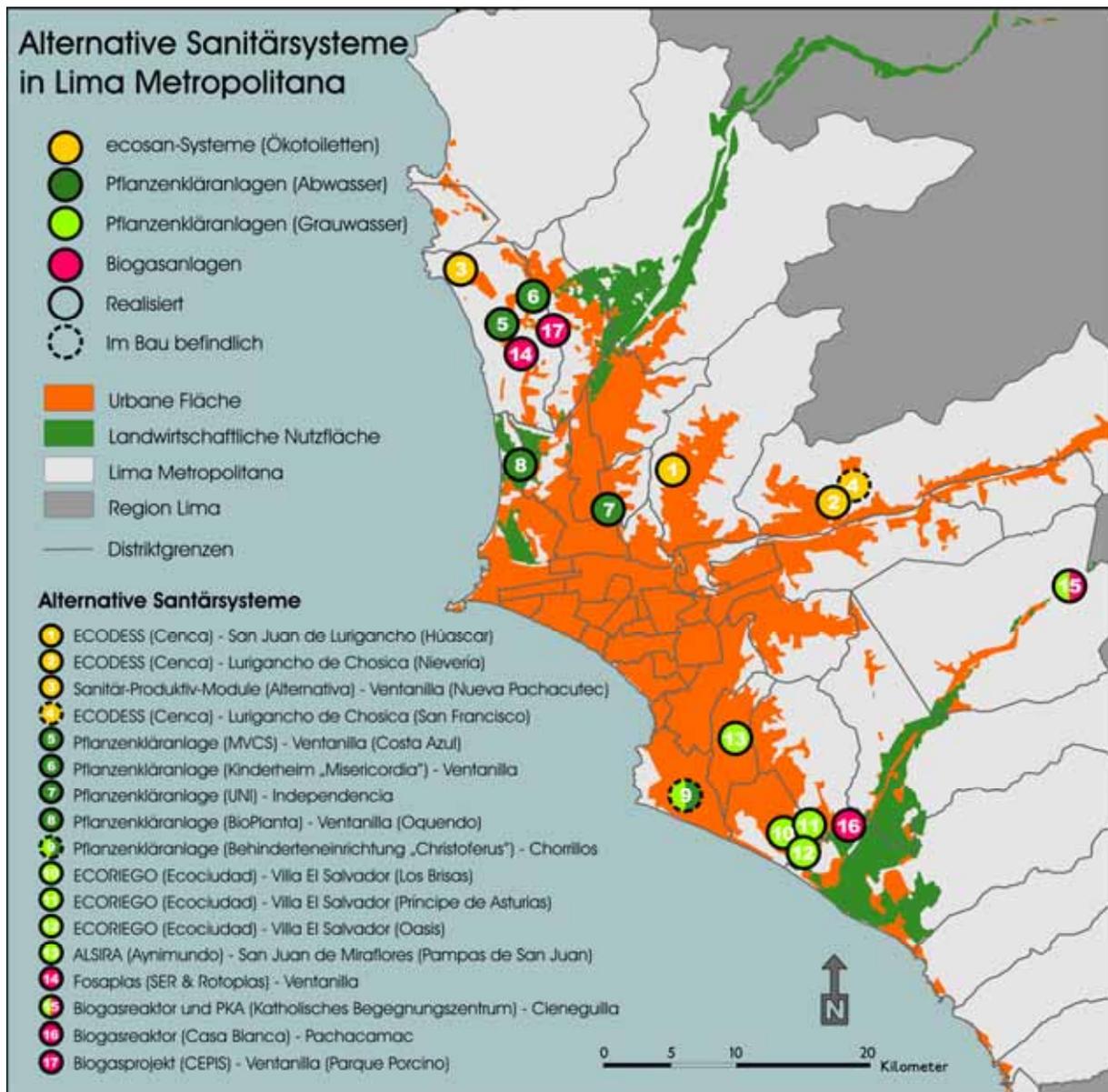


Abb. 5-17: Alternative Sanitärsysteme in Lima (Quelle: eigene Erarbeitung, Kartengrundlage: IMP 2007)

### 5.4.1 Pflanzenkläranlagen

Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Abwasser oder Grauwasser, i.d.R. bestehend aus einer Vorklärung (Mehrkammerabsetzgrube, ggf. Rechen, Sandfang o.ä.) und dem eigentlichen Bodenfilter (Vgl. Abb. 5-18) wurden seit den 70er Jahren bis zur Praxisreife entwickelt. Die Grundidee ist, die im Abwasser enthaltenen Pathogene und organische Materie über physikalische (v.a. Filtrations- und Sedimentationsprozesse) und biologische Prozesse (v.a. durch mikrobielle Aktivität im Bodenfilter) abzubauen und damit für den Menschen und die Umwelt unschädlich zu machen. Die Abflussqualität des Wassers sollte es erlauben, dieses Wasser ohne Gesundheitsrisiko für Bewässerungszwecke einzusetzen (WSP 2006b).

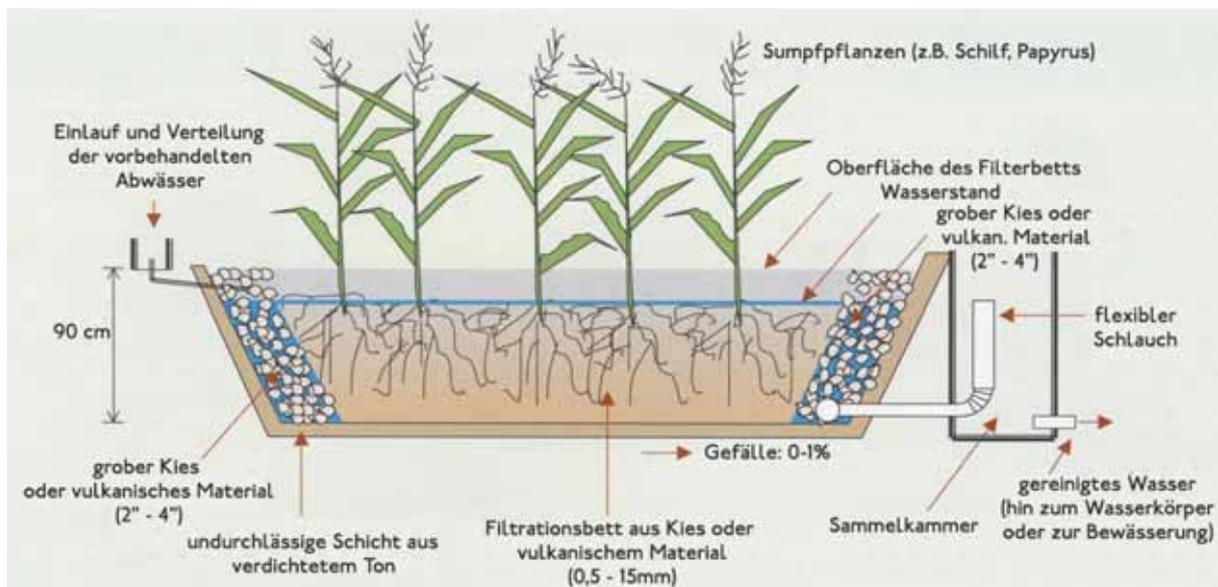


Abb. 5-18: Schema einer horizontal durchflossenen PKA (nach WSP 2004b)

Die Wasserknappheit Limas und der Bedarf an urbanen Grünflächen sowie die stark defizitäre Reinigung der Abwässer gaben Anlass zum Bau von Pflanzenkläranlagen. Vorteile für deren Einsatz in den AHs von Lima sind v.a.:

- Flexibel und dezentral einsetzbar (relativ variabel anpassbar an topographische Bedingungen, Siedlungsgröße, etc.)
- Ästhetisch ansprechend in Umfeld integrierbar (z.B. als urbane Grünfläche, Teilfläche eines Parks)
- Geringer Betriebs- und Wartungsaufwand, ohne hoch qualifiziertes Personal möglich
- Kostengünstig (z.B. in Zentralamerika Investitionssumme ca. US\$ 33-60 pro Person, Betriebskosten ca. US\$ 5 pro Person und Jahr in Zentralamerika (WSP 2006b))
- Umweltfreundlich (benötigt kaum/keine Energiezufuhr)
- Nutzungsmöglichkeit des Abflusses zu Bewässerungszwecken
- Relativ hohe und stabile Keimeliminierung (Fäkalbakterien und Nematodeneier)

Der entscheidende Nachteil von PKA kann gerade bei hoher Siedlungsdichte im relativ hohen Platzbedarf liegen, der für vorgeklärtes Abwasser unter den subtropischen Klimabedingungen Lateinamerikas bei 1,2-3,0m<sup>2</sup> pro Person beträgt, jedoch in entscheidendem Maße vom verwendeten Design abhängig ist, z.B. ob vertikal oder horizontal durchströmt, Gestaltung des Einlaufbereiches, Durchwurzelung des Bodenfilters mit Pflanzenwurzeln usw. (persönliche Mitteilung: Platzer, Rotária do Brasil 04.04.2007).

Eine eindeutige Bewertung dieser Technologie im Sinne von Ecosan kann nur vorgenommen werden, wenn der Gesamtzusammenhang des gewählten Systems betrachtet wird. Die PKA an sich ist nur ein Reinigungsmodul, das für verunreinigte Abläufe welcher Art auch immer einsetzbar ist. Zum Zweck der Abwasserbehandlung zählen PKAs eher zu den traditionellen, wenn auch „naturnahen“ Reinigungsverfahren. Dem Ecosan-Ansatz werden sie in diesem Fall

nur dann z.T. gerecht, wenn das gereinigte Abwasser wiedergenutzt wird, was die Nutzung der darin enthaltenen Nährstoffe einschließen kann. Einen direkteren Einfluss auf die Senkung des Wasserverbrauchs bzw. das getrennte Recyceln von Nährstoffen leisten sie dabei jedoch nicht. Eingesetzt für die Grauwasserbehandlung, aber zum Beispiel auch zum Recyceln von Brauchwasser aus der Industrie, nehmen PKAs dagegen bereits einen bewährten Platz in entsprechenden Ecosan-Konzepten ein.

### **Bestandsanalyse: Einsatz von PKA zur Abwasserbehandlung in Lima**

Pflanzenkläranlagen, welche für die Reinigung von Abwasser gebaut wurden, befinden sich:

- auf dem Gelände der Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), facultad Ingeniería,
- neben einer Siedlung des sozialen Wohnungsbaus im AH Costa Azul, Distrikt Ventanilla,
- in einem mit städtischem Rohabwasser bewässerten, intensiv durch Landwirtschaft (Gemüseanbau!) genutztem Gebiet in Oquendo, Ventanilla,
- auf dem Gelände des christlichen Kinderheims „Misericordia“ im gleichen Distrikt.

Der Zustand dieser Anlagen ist ernüchternd.



**Abb. 5-19: PKA im AH Costa Azul (Ventanilla)**

Die Pilotanlage in der UNI, konzipiert für die Reinigung des Abwassers einer Familie, und dafür eher überdimensioniert, ist durch massive Fehler beim Design im Einlaufbereich völlig colmatiert und zeigt keinerlei Abbauleistung mehr.

Die Anlage im AH Costa Azul, gebaut durch das MVCS, welche das Abwasser der Bewohner eines corehousing Projektes (Sozialer Wohnungsbau mit Basiswohnmodulen)

reinigen soll, weist vergleichbare Designfehler auf (z.B. limitierter Einlaufbereich, viel zu lange horizontale Fließstrecke, scharfkantiger Schotter als Filtermaterial usw.). Da die Sozial-siedlung, obwohl seit Monaten bewohnt und jede Einheit mit Wasserklosett (20l Spülkästen) versehen, bisher keinen Trinkwasseranschluss bekommen hat, liegt die völlig vertrocknete Anlage verlassen in der Wüstenlandschaft (Vgl. Abb. 5-19).

In einem noch desolateren Zustand befindet sich die Pflanzenkläranlage in Oquendo (Vgl. Abb. 5-20). Anscheinend nie in Betrieb genommen, lösen sich die Dichtungsfolien bereits ab und belasten die hier ohnehin schon unerträgliche Umweltsituation noch zusätzlich. Die 150m<sup>2</sup> große Pilotanlage sollte einen Abwasserteilstrom aus einem offenen Kanal für die landwirtschaftliche Nutzung reinigen. Im Jahr 2001 wurde sie von der Deutschen Firma BioPlanta GmbH in Kooperation mit der Munizipalität von Callao errichtet und durch die GTZ mit ca. US\$ 200.000 gefördert. Heute ist niemandem in der Munizipalität das Projekt mehr



**Abb. 5-20: Pflanzenkläralage in Oquendo (Ventanilla)**

Die einzige in Lima noch für Abwasser betriebene Pflanzenkläranlage befindet sich im Kinderheim „Misericordia“. Ebenfalls mit deutscher Unterstützung finanziert und u.a. durch Zivildienstleistende vor Ort unter Anleitung durch Alois Kennerknecht (Firma EcoAlke) gebaut, sollte sie gereinigtes Abwasser



**Abb. 5-21: Pflanzenkläranlage „Misericordia“ (Ventanilla)**

bekannt und A. Kühne, verantwortlicher Ingenieur von BioPlanta gab an, vom gegenwärtigen Zustand des Systems nichts zu wissen (persönliche Mitteilung: Kühne, BioPlanta GmbH 05.01.2007). Ob die Auslegung der horizontalen Anlage, welche immerhin 50m<sup>3</sup> (pechschwarzes) Abwasser pro Tag reinigen sollte, angemessen war, darüber kann nun nur noch spekuliert werden.

zur Bewässerung eines neuen Parks liefern. Zum Zeitpunkt des Besuchs der Anlage, im Oktober 2006, schien diese überstaut, was auf Kolmation hindeutet. Eine Untersuchung war jedoch nicht möglich, da der Heimbetreiber (Mission) jeden Kontakt abgebrochen und auch Wartungsbesuche verboten hatte. Ein Park war jedenfalls nie angelegt worden (Vgl. Abb. 5-21).

### **Bestandsanalyse: Einsatz von PKA zur Grauwasserbehandlung in Lima**

Die Reinigung von Grauwasser ist durch die geringere Schadstofffracht deutlich einfacher und mit höherer hydraulischer Belastung möglich als die Reinigung von Abwasser. Um lokale Park- und Erholungsflächen in den AHs kostengünstig und ressourcenschonend bewässern zu können, haben die NROs Ecociudad und Aynimundo Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Grauwasser gebaut, welche von den NROs mit dem Namen ECORIEGO bzw. ALSIRA benannt wurden. Die Wartung ist sehr einfach und kostengünstig<sup>9</sup> und die einzige Verantwortung der angeschlossenen Haushalte liegt darin, keine toxischen Stoffe in den Ausguss zu gießen. Technisch scheinen die Systeme zu funktionieren, jedoch schränken Defizite

<sup>9</sup> beim System Ecoriego im AH Oasis in Villa el Salvador betragen die monatlichen Wartungskosten S./ 60 (das sind weniger als S./ 1 (US\$ 0,3) pro Haushalt) Vasquez et al. (2006)

in Betrieb, Wartung und Wiedernutzung deren Wirkung ein.

Die ersten beiden Ecoriego-Anlagen wurden im Jahr 2001 von Ecociudad u.a. in Kooperation mit der Munizipalität des Distrikts Villa el Salvador in den AHs Príncipe de Asturias und Las Brisas gebaut. Anfänglich hatte jeder Haushalt einen separaten Fettfang, der von den Bewohnern allerdings nur unzureichend gewartet wurde, was den Bau eines zentralen Fettfangs und Dekanters erforderlich machte. Eine angemessene hydraulische Auslegung vorausgesetzt, sind damit theoretisch alle Voraussetzungen gegeben, damit die Grauwasserreinigung funktio-



**Abb. 5-22: PKA und Parkanlage im AH Las Brisas (Villa el Salvador)**

niert. Dennoch wurde das gereinigte Wasser kaum genutzt und die Parkanlagen sind schon lange wieder staubige Plätze ohne Grün (Vgl. Abb. 5-22). Die Munizipalität deren Aufgabe es ist, die Parkanlagen zu pflegen und zu bewässern, nahm diese Aufgabe nur unzureichend wahr und auch für die Wartung der Pflanzenkläranlagen fühlt sich niemand verantwortlich, weshalb sie, zumal an exponierten Standorten angelegt (ungeschützt neben Straße bzw. Bürgersteig), zusehends verfallen.

Im 2004 gebauten Ecoriego-System im AH Oasis in Villa el Salvador, dem Vorzeigeprojekt von Ecociudad, waren die Probleme ähnlich. Hier sollte durch gereinigtes Grauwasser von 66 Familien, welche etwa 20m<sup>3</sup> Grauwasser pro Tag produzieren, der Fußballplatz der Siedlung bewässert werden (Vgl. Abb. 5-23).

Die Unfähigkeit der Munizipalität von Villa el Salvador, die Bewässerung des Fußballplatzes zu organisieren bzw. das Scheitern, die Bevölkerung mit dieser Aufgabe zu beauftragen sowie die Übernutzung des Platzes führten letztendlich zum Absterben der Grasnarbe. Da die Pflanzenkläranlage sich direkt hinter einem Basketballplatz befindet und nicht mehr geschützt ist (u.a. Diebstahl der Metallzäune) wird diese regelmäßig betreten und die Pflanzen werden beschädigt (Vgl. Abb. 5-24). Die dadurch hervorgerufene Verdichtung des Bodenfilters ist wahrscheinlich ein Grund für die zum Besuchszeitpunkt (Oktober 2006) schlechte Ablaufqualität. Aufgrund der Probleme entschloss sich die NRO Ecociudad inzwischen, ein Betriebsmodell für den Sportplatz zu testen. Gegenwärtig wird er neu bepflanzt und mit der Einführung einer Nutzungsgebühr von bis zu S./ 20 pro Stunde soll eine Person beschäftigt werden, die den PKA und den Sportplatz dauerhaft unterhält.



**Abb. 5-23: Fussballplatz im AH Oasis (Villa el Salvador)**



**Abb. 5-24: PKA des Systems Ecoriego im Anschluss an den Basketballplatz im AH Oasis (Villa el Salvador)**

Auch beim technisch tadellos funktionierenden System ALSIRA im AH Pampas de San Juan im Distrikt San Juan de Miraflores welches Grauwasser von 11 Haushalten ( $2\text{m}^3$  pro Tag) auf eine Qualität reinigt, die peruanische Normen für Bewässerungswasser deutlich unterschreitet, wird das Wasser nur teilweise genutzt um den  $430\text{m}^2$  großen Park zu bewässern (Vgl. Abb. 5-25). Als Grund wurde der geringe Wasserdruck genannt, welcher die Bewässerung des oberen und mittleren Teils des Parks nur mit Gießkannen möglich macht. In der



**Abb. 5-25: PKA und Parkanlage des Systems ALSIRA im AH Pampas de San Juan (San Juan de Miraflores)**

Konsequenz wird ein großer Teil der Fläche mit kostbarem Trinkwasser beregnet, obwohl es kein Problem wäre, Gießkannen zu benutzen, bzw. würde sich sogar die Investition in eine Pumpe auszahlen. Jedoch scheint es einfacher zu sein, einfach nur den Wasserhahn der Trinkwasserleitung aufzudrehen und sich um die weiteren Konsequenzen keine Gedanken zu machen.

Ein Problem für die breitere Anwendung dieser Projekte stellen die relativ hohen Investitionskosten dar. Die Kosten lagen für ALSIRA bei US\$ 87 und für ECORIEGO bei US\$ 50 pro angeschlossene Person, obwohl diese Systeme nur (mäßig belastetes) Grauwasser reinigen und somit deutlich billiger als herkömmliche Pflanzenkläranlagen sein müssen.

Im Moment wird mit Fördergeldern aus der Schweiz und Deutschland in der zu den Waldorfschulen gehörenden Behinderteneinrichtung „Christoferus“ im Distrikt Chorillos, von der Firma Rotaría del Peru ein auf Ecosan basierendes Behandlungssystem gebaut. Das Grauwasser-

ser aus der eigenen Bäckerei, Küche und Wäscherei soll nach Passage durch eine vertikale PKA direkt im eigenen Gemüsegarten verregnet werden. Die gesamten Abflüsse aus den Toiletten passieren einen Rottebehälter für die aerobe Zersetzung der Feststoffe. Das Sickerwasser wird in einer zweiten vertikalen PKA behandelt, anschließend mit UV Bestrahlung nachentkeimt und schließlich zum Beregnen der Grünanlagen eingesetzt. Das Rottegut wird im Kompostsystem der Firma EcoAlke mit Bioabfällen aus Küche und Garten gemischt, nachbehandelt und dann später zur Bodenverbesserung eingesetzt. Es bleibt zu hoffen, dass die Anforderungen an Betrieb und Wartung in diesem Fall auf Dauer wahrgenommen werden. Obwohl Pflanzenkläranlagen gerade in der Wüstenstadt Lima eine günstige Möglichkeit darstellen, gleichzeitig Abwasser zu reinigen und urbane Grünflächen zu bewässern, sind sie bisher nur sehr mangelhaft umgesetzt worden. Selbst die technisch funktionierenden Grauwasseranlagen sind bei weitem nicht optimal ausgelegt, und es bestehen noch viele Verbesserungsmöglichkeiten, um effizientere und kostengünstigere Anlagen in Lima zu bauen. Unerlässlich ist aber, dass ein tragbares Konzept mit festen Verantwortlichkeiten und abgesicherter Finanzierung für den Betrieb, die Wartung und die Wiedernutzung besteht.

#### 5.4.2 Biogasreaktoren

Neben Trockentoiletten und Pflanzenkläranlagen bieten Biogasreaktoren eine weitere Möglichkeit der Abwasserbehandlung. Die organischen (kohlenstoffhaltigen) Abwasserinhaltsstoffe werden unter anaeroben Bedingungen zu Biogas umgesetzt, welches

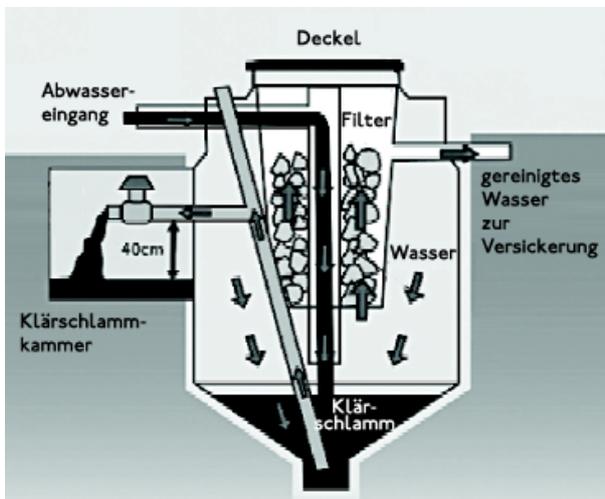


Abb. 5-26: Schema des Tanks „Fosaplas“ (nach Rotoplas 2007)

v.a. aus Methan und Kohlendioxid besteht. Die NRO SER zusammen mit der mexikanischen Firma Rotoplas, einem PVC-Behälter Hersteller u.a. für Wassertanks, verfolgt mit ihrem Projekt "Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el Tanque Biodigestor Clarificador Autolimpiable" (Häusliche Abwasserreinigung durch selbstreinigenden Biogasreaktor-Klärungstank) einen Ansatz welcher auf der Nutzung des von Rotoplas entwickelten Tanks „Fosaplas“ beruht (Vgl. Abb. 5-26).

Das gesamte für je einen Haushalt ausgelegte System besteht aus einem Wassertank, einer Spültoilette und dem 600-Liter Tank „Fosaplas“. Die Installation ist sehr einfach. Das mit 1,44m Höhe und 86cm Durchmesser kompakte Modul Fosaplas muss nur eingegraben werden. Auch Betrieb und Wartung sind sehr einfach und ohne Spezialkenntnisse und besondere Technik realisierbar. Neben der Sauberhaltung der Toilette muss lediglich etwa alle eineinhalb Jahre ein Teil des Klärschlammes über das Öffnen eines Hahns abgelassen werden, und

für die Versickerung des gereinigten Wassers muss gesorgt werden. Der Klärschlamm kann als Biosol (Bodenverbesserer) und das Wasser zur Bewässerung genutzt werden. In Lima werden beispielsweise oft Blumen und Gartenpflanzen über dem Versickerungsbett angebaut (persönliche Mitteilung: Pittman, SER 15.02.2007).

In Lima kostet dieses System für eine Familie von bis zu 5 Personen S./ 2675 (ca. US\$ 836). Das Modul Fosaplas RP-600 allein wird von Rotoplas für US\$ 390 verkauft. Allerdings wird damit nur das Schwarzwasser (Abwasser der Toilette) gereinigt. Würde man auch das Grauwasser (mit Seife, Fette etc.) über dieses System reinigen wollen, würde die Kapazität des 600 Liter-Fosaplas statt für einen 5-Personen-Haushalt nur für 2 Personen ausreichen bzw. man müsste den deutlich teureren 1300-Liter Fosaplas einsetzen (Rotoplas 2007).

Am Projektstandort im Distrikt Ventanilla konnten seit Oktober 2006 etwa 40 Haushalte mit solch einem System versorgt werden und weitere 12 Haushalte sollen demnächst folgen (Vgl. Kap. 6.2). Unterstützt werden die Nutzer durch das im Rahmen des Projektes gebildete Management Komitee (*Comité de Gestión*). Laut A. Pittman von der NRO SER gab es bisher keine Beschwerden oder Probleme, und die Nutzer sind mit dem System sehr zufrieden. In Mexiko und Zentralamerika wurde dieses System schon erfolgreich implementiert und auch für die AHs von Lima werden große Chancen gesehen (persönliche Mitteilung: Pittman, SER 15.02.2007).

Die **Vorteile** dieses Systems sind u.a.:

- Flexibel und dezentral einsetzbar (kein Leitungsnetz)
- Sehr geringer Betriebs- und Wartungsaufwand, und mit einfachen Mitteln und ohne hoch qualifiziertes Personal möglich
- Möglichkeit der Nutzung des Abflusses zur Bewässerung
- Möglichkeit der Nutzung des Klärschlammes als Bodenverbesserer
- Akzeptanz bei der Bevölkerung da es im Gegensatz zum Trockenklo die Nutzung der Spültoilette voraussetzt
- Relativ kostengünstig
- Bei späterem Anschluss ans Kanalisationssystem kein Umbau des Bades erforderlich und das Fosaplas-Modul kann ausgegraben und weiter verkauft werden

Zu der tatsächlichen Reinigungsleistung des Fosaplas-Tanks liegen keine Daten vor. Entsprechende Genehmigungsverfahren zum Einsatz neuer Technologien sind in Peru nicht üblich. Nach Einschätzung von Biologin Heike Hoffmann, Rotaría del Perú (persönliche Mitteilung, 10.04.2007), ist es möglich, dass dieser Tank lediglich eine mit Ausfallgruben vergleichbare Wirkung zeigt, die unter subtropischen Klimabedingungen bei 30-50% BSB Abbau liegen kann. Eine direkte Nutzung des Ablaufs wäre damit immer noch als kritisch zu sehen. Sollte ein relevanter anaerober Prozess stattfinden, ist außerdem auf jeden Fall die ungehinderte Freisetzung des klimaschädlichen Biogas (v.a. Methan) als sehr negativ zu bewerten. Die Nutzung des Biogases ist nach Angaben der Firma Rotoplas auf Grund der geringen produzierten Menge nicht vorgesehen. Insofern kann der Fosaplas-Tank nicht als vollwertiger

Anaerob-Reaktor betrachtet werden. Dieser wäre evt. teurer und auf jeden Fall etwas anspruchsvoller in der Wartung, da von dem aufgefangenen Gas Explosionsgefahr ausgeht. Dieser Fakt, aber auch der Platzbedarf auf dem privaten Grundstück und die Notwendigkeit, den im Falle von anaerober Behandlung immer unvollständig gereinigten Ablauf (60-80% BSB5 Elimination) kontinuierlich auf dem Grundstück zu verwerten, stellen gewisse Nachteile von Anaerobreaktoren als individuelle Lösungen für die Sozial- und Siedlungscharakteristika der typischen AHs von Lima dar (Kap. 4.1.3).



**Abb. 5-27: Biogasreaktor auf der Ökofarm Casa Blanca (Pachacamac)**

Als Module in Ecosan-Systemen haben Anaerob-Reaktoren vor allem deshalb ihren festen Platz, weil sie die Nutzung von Biogas als erneuerbare Energiequelle ermöglichen. Dass dies auch unter unterschiedlichsten sozioökonomischen Bedingungen möglich ist, zeigen viele Beispiele aus Lesotho, China, Indien und Deutschland (UNESCO-IHP; GTZ 2006). In Lima wurde dies im Retraso Católico, einem katholischen Begegnungszentrum in Cieneguilla im Osten von Lima versucht. Allerdings befand sich zum Zeitpunkt des Besuchs im November 2006 der Biogasreaktor wie auch andere alternative Technologien (Windmühle zum Schöpfen von Brunnenwasser etc.) außer Funktion, u.a. da die Anlagen mangelhaft betrieben und defekte Teile kaum repariert wurden.

Abgesehen davon wird in Lima Biogas auch aus tierischen Exkrementen gewonnen. In der Ökofarm Casa Blanca in Pachacamac werden aus Meerschweinchenexkrementen und anderen organischen Abfällen der Farm täglich ca. 3m<sup>3</sup> Biogas produziert, das die Küche des angeschlossenen Restaurants mit ausreichend Gas versorgt (persönliche Mitteilung: Morales, Casa Blanca 10.01.2007) (Vgl. Abb. 5-27).

In der Zone Parque Porcino in Ventanilla, findet zur Zeit ein Forschungsprojekt, unterstützt durch CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y. Ciencias del Ambiente), zur Produktion von Biogas aus Schweinegülle durch Low-tech-Verfahren statt. In Plastiksäcken bzw. Fässern soll die Gülle anaerob zersetzt werden. Das Biogas soll den Schweinehaltern zum Kochen bzw. für ihre Lampen dienen. Angesichts der über 100.000 Schweine, welche in den AHs von Lima meist von Kleinbauern oder im Nebenerwerb gezüchtet werden und deren Gülle eine große Kontaminationsquelle und ein Gesundheitsrisiko darstellt, könnte die Produktion von Biogas ein für Nutzer und Umwelt interessanter Nebeneffekt sein. (persönliche Mitteilung: Oliveros, OPS/CONCYTEC, 24.10.2006).

### 5.4.3 Condominialsysteme

Condominialsysteme wurden in den 80er Jahren in Brasilien als kostengünstige Alternative zum konventionellen Kanalisationssystem für kleinere, geschlossene Siedlungsgebiete (condominhos) entwickelt. Obwohl sie bisher nur als Bestandteil „klassischer“ End-of-Pipe Systeme genutzt werden, sollen sie hier Erwähnung finden, haben sie doch für die Sanitärversorgung in den AHs von Lima inzwischen eine gewisse Bedeutung erlangt. Die vorliegenden Erfahrungen könnten genutzt werden, um sie als kostengünstige Ableitungssysteme in teilzentralisierte Ecosan-Konzepte (z.B. zentrale Gelbwasser- oder Grauwassersammlung) zu integrieren.

Der Unterschied zwischen einem konventionellen und einem Condominialsystem ist die Anordnung der Rohre und Schächte für das Abwassernetz. Anstelle des separaten Anschlusses jedes Hauses an ein Hauptnetz nutzen die Häuser einer Nachbarschaft eine gemeinsame Abwasserleitung, die oft quer über die Grundstücke verläuft und das gemeinsame Abwasser erst später in ein Hauptnetz einspeist bzw. direkt an ein Klärwerk anschließt. Durch diese Art der Leitungsführung wird an Rohrlänge gespart, die Rohre werden flacher verlegt ( $>0,6\text{m}$ ) und vor allem ist es in Peru die einzige Möglichkeit den Normdurchmesser  $\text{DN} > 200$  für Abwasserrohre zu unterschreiten (Condominial DN 125-150). Da sie zudem zum Teil auch in Nachbarschaftsarbeit errichtet werden, lassen sich die Kosten im Vergleich zum konventionellen Kanalsystem um bis zu 40% senken (Lampoglia 2004).

Die Partizipation der Bevölkerung ist bei diesem System elementar, nicht nur in Bezug auf die Mitarbeit beim Verlegen der Leitungen. Außerdem erhält jeder Anschluss einen Fettfang, der regelmäßig gereinigt werden muss. Darüber hinaus muss langfristig die Bereitschaft bestehen, das Grundstück nicht nur zum Queren der Leitungen sondern auch zum späteren Instandhalten bzw. Reinigen zur Verfügung zu stellen, weil die Entsorgung von Müll etc. in die Toilette die Rohre leicht verstopfen lässt (Neder 2003).

Die ersten Pilotprojekte in Lima mit diesem System sind mittlerweile etwa 3 Jahre alt und die damit gemachten Erfahrungen sind überaus positiv. Alle derzeitigen großen Programme, welche die Verbesserung der Trinkwasser- und Sanitärversorgung in den AHs von Lima verfolgen (Agua para Todos: 600.000 Personen, PROMESA, Proyecto de Mejoramiento Sanitario de las Areas Marginales de Lima: 300.000 Personen, PAC: 30.000 Haushalte, Proredes), basieren vor allem auf der Installation von Condominialsystemen (IPS 2007). Allerdings sichern diese erst den Abtransport des Abwassers. Die Abwassereinigung erfordert zusätzliche Investitionen. Viele Condominialsysteme speisen in das vorhandene städtische Netz von Sedapal ein, allerdings ist dies nicht in jedem Fall und wird auch in Zukunft nicht für alle AHs möglich sein. Die Alternative ist ein Condominialnetz mit eigener, dezentralisierter Kläranlage, wie es z.B. bereits durch die NRO CESAL in Nievería gebaut wurde. Die Kläranlage scheint jedoch nicht optimal zu funktionieren, es treten massive Geruchbelästigungen auf und der Ablauf versickert nicht wie vorgesehen.

Die **Vorteile** von Condominialsystemen gegenüber klassischen Ableitsystemen sind v.a.:

- Viel kostengünstiger als konventionelles Kanalsystem
- Benötigen weniger Platz, dadurch auch in verdichteten AHs einsetzbar
- Einbau in bereits bewohnte Gebiete unkomplizierter
- Partizipation der Bevölkerung bei der Installation möglich und erwünscht

Der Hauptnachteil des gegenwärtigen Condominialsystems ist darin zu sehen, dass mit dem Wasser immer noch mehr oder weniger gelöste Fäkalien transportiert werden müssen. Dies widerspricht einerseits dem ursprünglichen Ecosan-Ansatz der vollständigen Stofftrennung, andererseits erlaubt aber selbst bei „klassischem“ Abwasser z.B. eine vorgeschaltete Abtrennung der Fäkalien noch geringere Leitungsdurchmesser (ab DN 75) und flexiblere Verlegung bei noch deutlicherer Kostenreduktion, wie das Beispiel von FLAT in Deutschland zeigt (persönliche Mitteilung: Platzer, Rotária do Brasil 22.04.2007). In diesem Fall werden die festen Abwasserinhaltsstoffe in individuellen Absetzgruben zurückgehalten und nur die gelöste Abwasserphase im Ableitsystem vereinigt und der Kläranlage zugeführt, ein Konzept das die Firma Rotária auch bereits in Brasilien verwirklichen konnte.

Interessant ist diese ergänzende Erfahrung insbesondere für die teilzentralisierten Ecosan-Konzepte, in denen feststofffreie Abläufe eines bestimmten Siedlungsgebietes (Nachbarhäuser, Straßenzüge, ganze Stadtteile) zusammengeführt werden sollen, sei es, um sie gemeinsam zu behandeln, wie z.B. Grauwasser, welches nicht auf dem privaten Grundstück Verwendung findet, Urin oder auch Abläufe aus Anaerob-Reaktoren, oder sei es, um sie gemeinsam zu nutzen, wie zum Beispiel gereinigtes Grauwasser/ oder auch Abwasser zur Beregung von Parks usw.

## **6 Potential von Ecosan in den Marginalvierteln von Lima und Bedingungen für deren erfolgreiche Umsetzung**

Dieses Kapitel diskutiert die Perspektiven, die aus den Erfahrungen zum bisherigen Betrieb von Ecosan-Anlagen in Lima folgen sowie die Bedingungen für die erfolgreiche Etablierung zukünftiger Projekte, wie z.B. die Notwendigkeit, angepasste Betreiber- und Finanzierungsmodelle für Ecosan zu entwickeln. Der Schwerpunkt der Diskussion liegt auf den Trockentoilettensystemen, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt das größte Potential für eine adäquate Lösung in den Limaer Marginalvierteln mit besonders gravierenden Wasserver- und Abwasserentsorgungsproblemen aufweisen. Die Erfahrungen aus zusätzlich in Ecosan-Systeme integrierbare Module zu denen in Lima bereits Erfahrungen bestehen, wie Pflanzenkläranlage, Biogasreaktor und Ableitsystem nach dem Condominialprinzip, bieten technische Lösungen für einige ergänzenden Aspekte und werden in den entsprechenden Zusammenhängen mit betrachtet.

### ***6.1 Lehren und Verbesserungsvorschläge aus den Ergebnissen zum Betrieb vorhandener Ecosan-Systeme***

Das vorangegangene Kapitel hat u.a. gezeigt, dass die Menschen im untersuchten Gebiet die Spültoilette zweifellos als Endlösung für ihre Sanitärprobleme betrachten. Sie steht für Komfort, Hygiene, Sauberkeit und Gesundheitsschutz, wird als benutzerfreundlich und wartungsarm empfunden und mit Modernität und Status verbunden. Das bedeutet, dass jedes andere Sanitärsystem mit dem Anspruch eine Endlösung darzustellen, damit verglichen wird und nur dann dauerhaft akzeptiert werden wird, wenn es vergleichbaren Leistungen oder anderweitige überzeugende Vorteile bietet oder wenn auf absehbare Zeit keine Aussicht auf einen Anschluss an das Kanalisationsnetz besteht.

#### **6.1.1 Technische Aspekte**

##### **Grauwasser**

Die individuelle Reinigungseinheit für Grauwasser bzw. Urin scheint nicht praktikabel zu sein. Aus mehreren Gründen wäre es günstiger, die (ungereinigten) Abflüsse zu sammeln und über eine zentrale oder mehrere teilzentralisierte Bodenfilter bzw. Pflanzenkläranlagen zu reinigen, die sich gut als Grünflächen in das Wohnumfeld integrieren lassen. Die Ableitung der feststofffreien Abläufe lässt sich sehr ökonomisch mit dem beschriebenen Condominialsystem bzw. FLAT (Kapitel 5.4.3) realisieren, mit dem schon Erfahrungen bestehen. Zentralisierte Bodenfilter sind kostengünstiger, effizienter in der Reinigungsleistung und erleichtern den Betrieb und die Wartung. Da der Zufluss sich auf Grund des Anschlusses mehrerer Häuser ausgleicht, sind auch keine Probleme wie Überstau oder Austrocknung in dem Maße wie bei den individuellen Lösungen gegeben. Gute Erfahrungen mit Pflanzenkläranlagen gibt es beispielsweise in Europa aber auch in Zentralamerika (WSP 2006b), und auch

in Lima wurden Pflanzenkläranlagen zur Grauwasserreinigung gebaut, deren Reinigungsleistung zumindest zufrieden stellend ist (Kapitel 5.4.1). Auch die Reinigung des Grauwassers über Mulchbetten bzw. dessen Verwendung in der Kompostproduktion, z.B. bereits erfolgreich im mexikanischen Ecosan-Vorzeigeprojekt TepozEco in Tepoztlán im Süden von Mexiko Stadt umgesetzt (Snel; Smet 2006), stellen sinnvolle Alternativen dar. Eine weitere Option wäre die direkte Nutzung des Grauwassers (nach der Passage eines Absetzbeckens oder Filters) für die Bewässerung eines Parks o.ä. durch unterirdische Bewässerung, was nach WHO (2006) keine Gesundheitsgefährdung darstellen würde.

## Urin

Der Urin sollte möglichst separat erfasst, nicht mit dem Grauwasser gemischt, und als Dünger verwendet werden. Dies würde den Reinigungsaufwand für das Grauwasser erheblich vereinfachen. Die Nutzer der Ökotoiletten in Nievería zeigten sich dieser Idee gegenüber aufgeschlossen und die Beispiele der mexikanischen NRO Grupo Tecnologías Alternativas (GTA) welche Urine Harvesting<sup>10</sup> betreiben und des Projektes TepozEco zeigen, dass es im lateinamerikanischen Kontext möglich ist, von den Qualitäten des Urins als Dünger zu profitieren (Kap. 3.2.2).

## Trockentoiletten

Um den Komfort der Ökotoiletten zu erhöhen und das Stigma von Trockentoiletten als minderwertige Übergangslösung abzubauen, sollte das Design der Ökotoiletten verbessert werden.



**Abb. 6-1: Mobiler Fäkalien-Sammelbehälter, Siedlung Buenos Aires, Cuenca (Ecuador)**

Einheitsmodelle wie in Nueva Pachacutec, welche den Nutzern keine Freiheiten lassen, die Toiletten ihren Bedürfnissen anzupassen, sind keine gute Lösung. Verbesserungspotential besteht u.a. in der Verwendung von Klappen welche den Blick auf die Fäkalien in der Sammelkammer verdecken, von Toilettensitzen aus Glasfaser statt aus Beton, von besseren Materialien und in einem ansprechenden Design. Im Projekt ERDOS in der Inneren Mongolei in China haben sich z.B. teflonbeschichtete Fallochklappen als vielversprechend herausgestellt (UNESCO-IHP; GTZ 2006) und im Projekt TepozEco in Mexiko haben sich sogar Nutzer von WCs nachträglich für den Bau von Ökotoiletten entschieden.

<sup>10</sup> Urine Harvesting beschreibt die Sammlung (für dessen anschließende Nutzung als Dünger) von Urin (insbes. bei großen Veranstaltungen, auf Jahrmärkten etc.)

Sinnvoll könnte die Verwendung von mobilen Behältern statt fester Sammelkammern für die Fäkalien sein, welche zum einen das Umsetzen des Toilettensitzes überflüssig machen, Platz sparen da keine zwei Sammelkammern notwendig sind und deren manuelles Entleeren überflüssig machen, sowie das Abtransportieren der Fäkalien deutlich vereinfachen. Beispiele dafür gibt es z.B. in Buenos Aires im Canton Cuenca in Ecuador (Vgl. Abb. 6-1).

Hinsichtlich des gesammelten Fäkalmaterials wäre es sinnvoll, wie von Winblad et al. (2004) (Vgl. Kapitel 5.3.6) vorgeschlagen, dieses einem sekundären Kompostierungsprozess, evtl. gemeinsam mit den organischen Abfällen der Siedlung, zu unterziehen. Damit wäre dann jegliches Gesundheitsrisiko, welches von den Fäkalien ausgehen könnte, ausgeschlossen und das Produkt wäre ein Kompost, der in keiner Weise mehr an Fäkalien erinnert. Außerdem löst die gleichzeitige Behandlung des organischen Abfalls ein weiteres großes Problem und Gesundheitsrisiko in den AHs. Durch das stark defizitäre kommunale Sammelsystem wird der Biomüll, welcher in den AHs bis zu 80% des Hausmülls ausmacht, bestenfalls zweimal pro Woche, oft jedoch deutlich seltener oder gar nicht abgeholt (Hordijk 2000). In der Konsequenz wird dieser am Straßenrand, an den Berghängen oder in den Bewässerungskanälen entsorgt oder als Futter für eines der über 100.000 Schweine genutzt, welche unter Missachtung jeglicher sanitärer Sicherheitsvorschriften von vielen Bewohnern in den AHs von Lima gehalten werden (Hordijk 2000). Durch die separate Sammlung des Biomülls würde auch das Recycling des übrigen Hausmülls erleichtert werden.

### **6.1.2 Soziokulturelle Aspekte**

Um die Vorbehalte gegenüber dieser Art der Sanitärversorgung abzubauen und die Akzeptanz zu erhöhen, hat sich in Lima wie auch in anderen Projekten weltweit eine weitreichende Partizipation als sehr wichtig herausgestellt. Umfangreiche und integrierte Informations- und Bildungskampagnen sowie Schulungsmaßnahmen, welche alle potentiellen Nutzer sowie später Hinzugezogene erreichen, sollten genauso Teil der Projekte sein, wie die Entscheidungsfreiheit bei der Wahl des Designs, der Konstruktion und des Systems. Leicht verständliche und ansprechende Informationsmaterialien und Anleitungen zur Nutzung der Ökotoilette (welche in der Toilette angebracht werden) sind ebenfalls sehr hilfreich.

Die dauerhafte Unterstützung der Nutzer bei Problemen mit ihren Ökotoiletten ist sehr wichtig. Die Unterstützung durch die EC in Nievería erwies sich neben der räumlichen Nähe der Nutzer als sehr hilfreich und der damit geschaffene Wissenspool hilft, zukünftige Probleme leichter zu beheben. Absehbare Konflikte sollten bereits im Vorfeld der Projekte abgebaut werden und statt auf Konfrontation zu setzen, sollten Wege und Maßnahmen gefunden werden, die für alle Parteien eine win-win Situation herstellen.

Um die Wertschätzung der Ecosan-Produkte zu erhöhen und deren Wiedernutzung zu fördern wäre es sinnvoll, Demonstrationsprojekte durchzuführen, welche den „Produzenten“ und potentiellen Nutzern die wachstumsfördernden Eigenschaften des Fäkalmaterials und des Urins verdeutlichen.

### **6.1.3 Ökonomische Aspekte**

Um die Systeme für die i.d.R. sehr armen Menschen in den AHs finanzierbar zu machen, sollten Mechanismen entwickelt werden, welche die Investitions- und Betriebskosten für die Nutzer senken. Einsparungen durch die Umsetzung sehr vieler Module (Economies of scale), Verwendung alternativer günstigerer Materialien und die Vermarktung der Ecosan-Produkte (Wasser, Dünger, Kompost) können helfen, die Kosten zu senken.

Dennoch werden Subventionen notwendig sein um den Bedürftigsten Zugang zu den Ökotoiletten zu verschaffen. Allerdings sollte mit Subventionen überlegt umgegangen werden und von Schenkungen ganz abgesehen werden, damit sich nicht Familien für eine Ökotoilette entscheiden, die von ihren Vorteilen nicht wirklich überzeugt sind. Auch sollten Subventionen stets für alle Familien einer Zone verfügbar sein, um keine Konflikte zwischen Empfängern und Nicht-Empfängern zu provozieren, wie in Húascar geschehen.

Da die Ökotoiletten nach dem Prinzip „Der Verschmutzer zahlt“ funktionieren, was bei den konventionellen Systemen in Lima nicht der Fall ist, da diese die Kosten für die Reinigung bzw. die externen Kosten der Umweltverschmutzung nicht beinhalten, wären auch Transferzahlungen bzw. staatliche Unterstützungen angebracht. Das staatliche Versorgungsunternehmen Sedapal einzubeziehen wäre ideal, weil so die Versorgungsart der AHs komplex geplant werden könnte und die AHs, in denen alternative Sanitärlösungen die kostengünstigste, bzw. vielleicht auch einzige Möglichkeit der Ver- und Entsorgung darstellen, gezielter und konsequenter vorbereitet werden könnten und die staatlichen Subventionen, die üblicherweise ins öffentliche Netz fließen, z.B. in diesen Fällen auch auf alternative Sanitärlösungen umgelegt werden könnten. Auf jeden Fall würde ein Trinkwasserpreis, der den realen Wert dieser Ressource reflektiert, die Durchsetzung von Trockentoiletten und wassersparenden Technologien sowie den schonenderen Umgang mit dieser Ressource fördern. Ausgerechnet in den ärmsten Stadtteilen wird aktuell das 10fache für Trinkwasser bezahlt als die Abnehmer im öffentlichen Netz zahlen, was den Wasserverbrauch auf unakzeptable 20-25 Liter pro Einwohner und Tag reduziert (Vgl. Kapitel 4.4.2). Andererseits unterstreicht dies, dass gerade in den so ungerechtfertigt begünstigten reichen Stadtteilen diesbezüglich große finanzielle Reserven vorhanden sein müssen und ein Anstieg des Wasserpreises dort niemanden überfordern würde. Letztendlich können realere Wassergebühren, verbunden mit einer konsequenteren Gebühreneintreibung, insbesondere im öffentlichen Bereich, alle Bewohner am nachhaltigsten dazu „erziehen“ über denn sinnvollen Einsatz des für Lima so wertvollen Trinkwassers mehr nachzudenken.

### **6.1.4 Institutionelle Aspekte und Einbeziehung der Öffentlichkeit**

Der vielleicht wichtigste Aspekt um die Nachhaltigkeit der Ecosan-Systeme gerade in urbanen Räumen zu gewährleisten, betrifft die Sicherstellung des korrekten Betriebs und der Unterhaltung der Systeme.

Die den urbanen Lebensstil gewohnten Menschen der AHs, die oft mit existenziellen Problemen kämpfen, haben allgemein wenig Interesse und Zeit, sich um die Wartung und Instandhaltung ihres Sanitärsystems zu kümmern, und obwohl die Befragten behaupteten, kaum Schwierigkeiten bei der Wartung ihrer Ecosan-Trockentoilettensysteme zu haben, zeigt der desolate Zustand vieler Anlagen ein anderes Bild.

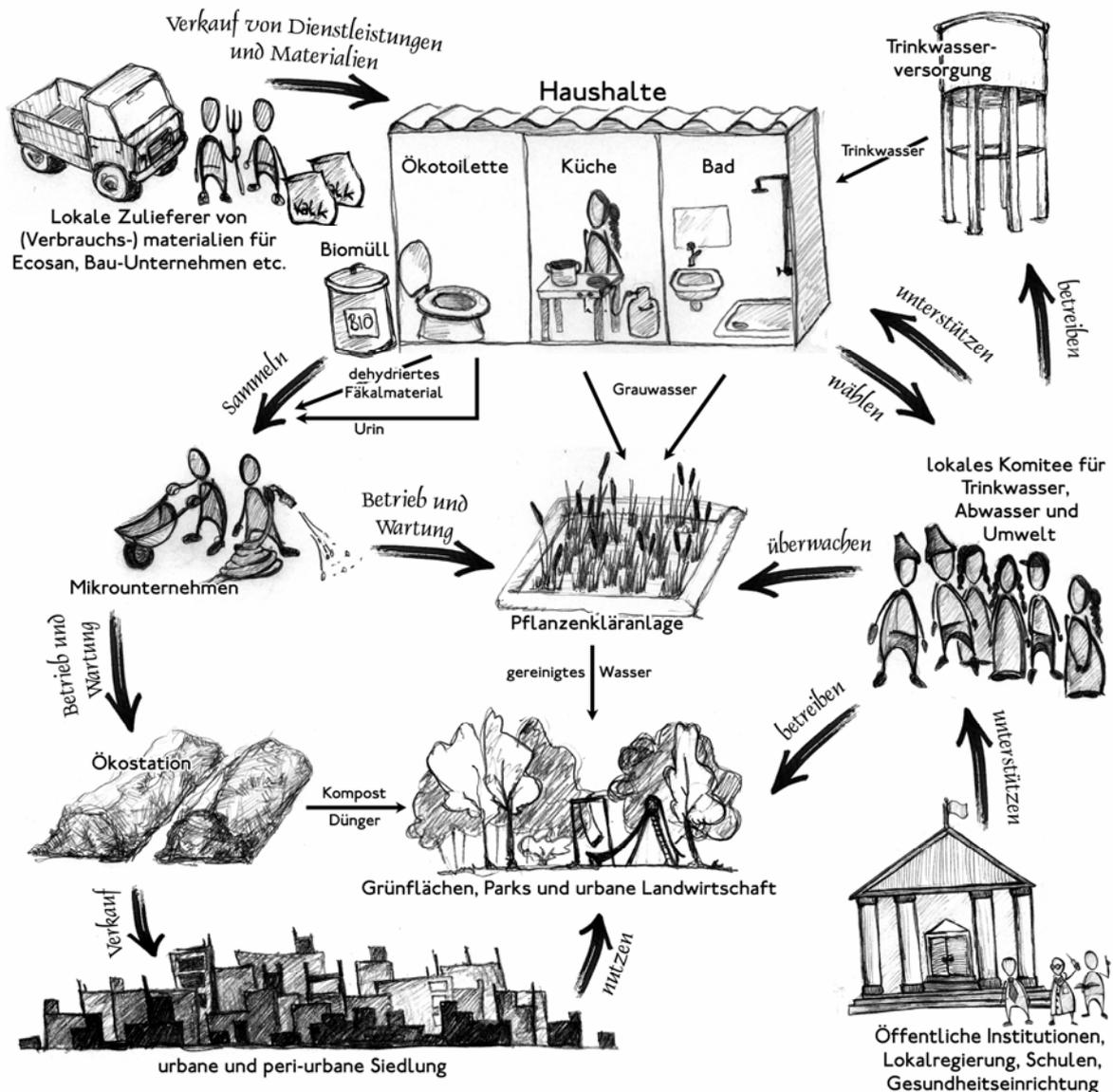


Abb. 6-2: Schematische Darstellung des Systems ECODESS (nach WSP, Cenca, UNEP 2006; Zeichnung: M. Fuchs)

Es kann versucht werden, durch gezieltere und umfassendere Informations- und Aufklärungskampagnen die Nutzer zur korrekten Wartung ihres Systems zu motivieren. Aus den bisherigen Erfahrungen ist hierzu die Bildung einer Art Interessengemeinschaft sinnvoll, die z.B. in Form eines Nutzerkomitees fungiert, das bei Problemen ansprechbar ist und Wissen aber auch Lösungen vermittelt. Hierzu können sowohl vorhandene lokale Organisationsstrukturen genutzt, als auch separate Komitees neu gebildet werden. In jedem Fall sollten jedoch

öffentliche lokale Institutionen mit einbezogen werden, bzw. direkt Verantwortung übernehmen. Denkbar wäre z.B. die Beauftragung des öffentlichen Gesundheitsstützpunktes mit hygienischen Untersuchungen bzw. mit der Beteiligung an der notwendigen Gesundheitserziehung.

Die NRO Cenca hat hierzu den bisher weitreichendsten Ansatz entwickelt. Neben der Implantation der technischen Module, sieht ihr Ecosan-System ECODESS bereits die Bildung eines entsprechenden institutionellen Systems vor (Vgl. Abb. 6-2). Dieses konnte aber bisher nur teilweise umgesetzt werden, so dass noch keine auswertbaren Erfahrungen vorliegen.

Jedoch scheint es nach den in der vorliegenden Arbeit analysierten praktischen Erfahrungen wichtig, wahrscheinlich sogar unerlässlich, die meisten Nutzer so weit wie möglich zu entlasten und von der Verantwortung zumindest für Teile des Systems zu befreien. „*Get rid of the shit*“ ist was die meisten Menschen wollen, und viele sind auch bereit, dafür zu bezahlen. „*Sanitation as a business*“ - Sanitärversorgung als Geschäft, z.B. die Betreuung der Systeme gegen eine Nutzergebühr durch einen öffentlichen, aber im Falle der AHs von Lima wahrscheinlich eher privaten Dienstleister könnte eine mögliche Lösung bieten. Dieser, für die gegenwärtige Situation in Lima neuer Aspekt wird im Kapitel 6.2 separat analysiert.

### **6.1.5 Legislative Aspekte**

Um dies alles nachhaltig durchsetzen zu können, ist jedoch auch die Mitarbeit des Staates erforderlich. Nicht zuletzt handelt es sich bei SEDAPAL um einen öffentlichen Ver- und Entsorger, dessen Initiative auf diesem Gebiet schon allein deshalb wünschenswert ist, weil er laut Gesetz für die Wasserver- und Abwasserentsorgung ganz Limas verantwortlich ist. Die Integration von Ecosan-Technologien kann diese Aufgabe letztendlich nur erleichtern.

Aber um diese Technologien bzw. Systeme auf größerer Skala umzusetzen wird es auch notwendig sein, dass diese offiziell als Sanitärsysteme anerkannt werden und Normen erstellt werden, welche neben administrativen und technischen Aspekten, auch die Qualität, Nutzung und Vermarktung der Ecosan-Produkte regeln. Zu beachten ist dabei, dass die Ecosan-Systeme nicht nur den Wasser- und Sanitärsektor sondern u.a. auch den Gesundheits-, Landwirtschafts-, Stadtplanungs- und Wohnungsbausektor betreffen. Die Stofftrennung muss möglich und geregelt sein, die Wiedernutzung (gereinigtes Abwasser, behandelte Fäkalien, Urin) muss gesetzlich abgesichert sein, wobei sinnvolle an die lokalen Bedingungen anpassbare Lösungen notwendig wären (anpassbar an Siedlungskonzentration und -größe, reale Gefahr der Grundwasserkontamination usw.). Schließlich, immerhin aktuell eines der größten Probleme hinsichtlich der Abwasserreinigung in Lima, müssen Modelle gefunden werden, welche die Durchführung behördlicher bzw. anderweitig unabhängiger Kontrollen bei den Betreibern vorsehen, um den Gesetzen den nötigen Nachdruck zu verleihen. Dass sich Technologien, wie z.B. der „Biogasreaktor“ von Rotoplas auf dem Markt etablieren können, ohne dass vorher begleitende Kontrollen der Ablaufqualität bzw. Schlammqualität stattfanden, ist leider bezeichnend für die gegenwärtige Situation und lässt ahnen, dass es noch ein langer

Weg sein wird, bis entsprechende Gesetze und effiziente Strukturen für deren Durchsetzung geschaffen werden. Andererseits ist aber auch die Gefahr zu beachten, dass Gesetze, so wünschenswert sie auch sein mögen unter den gegebenen politischen und administrativen Bedingungen von Peru sich leider auch schnell ins Gegenteil umschlagen können und das Potential haben, die Entwicklung von Ecosan zu hemmen.

## **6.2 Notwendigkeit innovativer Betriebsmodelle für Ecosan in Lima**

Die untersuchten alternativen Sanitärsysteme wiesen nicht nur verschiedene technische Unzulänglichkeiten auf, sondern ganz eindeutig scheiterten viele Initiativen sowohl im privaten als auch im kommunalen Bereich daran, dass der Betrieb und die Wartung langfristig nicht sichergestellt waren.

### **6.2.1 Ausgliederbare Aufgaben in den Bereichen Betrieb, Wartung und Wissensvermittlung**

Dass Nutzer allein für den Betrieb und die Wartung ihrer Ecosan-Systeme verantwortlich waren und sich dabei auch weitestgehend selbst überlassen blieben, hat sich bereits als einer der Hauptgründe für das defizitäre Funktionieren oder Scheitern vieler Ecosan-Trockentoilettensysteme in Lateinamerika herausgestellt (persönliche Mitteilung: Cordero, EcosanLAC 16.03.2007). Es scheint somit notwendig, Verantwortlichkeiten von den Nutzern soweit wie möglich auf geschulte und verantwortungsbewusste Personen bzw. Institutionen zu übertragen um ein dauerhaftes und effizientes Funktionieren der Ecosan-Systeme zu gewährleisten. Bei den Trockentoilettensystemen in Lima sollten gemäß der vorgenommenen Untersuchung des Betriebs und der Wartung der Trockentoilettensysteme (Kap. 5.3) die Nutzer insbesondere in folgenden Aufgaben zum Teil oder auch voll entlastet werden:

- Betrieb und Wartung der Grauwasserreinigung, Reparaturleistungen, privater Erwerb von Zusatzmaterialien, insbesondere Trockenmaterial (Kalk o.ä.)
- Abtransport und (ggf. sekundäre) Behandlung der Fäkalien und des Urins sowie die gesamte Nutzung bzw. Vermarktung der Ecosan-Produkte
- Übergabe der Systeme an neue Nutzer, Schulung, Beratung und Hilfestellung
- Überwachung des Systems hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit sowie hinsichtlich des Vorbeugens der Kontamination der Umwelt

Um den korrekten Betrieb und die Wartung des Systems sicherzustellen, sollte dafür bezahltes und entsprechend geschultes Personal die Reinigungs- und Wartungsarbeiten außerhalb der Toiletteneinheit wahrnehmen, Reparaturleistungen anbieten, sowie das Leeren der Sammelkammer oder -behälter sowie den Abtransport der Fäkalien (und ggf. des Urins) übernehmen. Zusätzlich könnten extra vergütete Hilfestellungen bei Sanitärproblemen im Haus oder bei der Einweisung neuer Nutzer etc. gegeben werden. Ob dies z.B. Privatpersonen, eine lokale Mikrofirma oder auch kommunale Dienstleister übernehmen sollen, hängt

von den spezifischen Rahmenbedingungen ab, muss aber in die Projektplanung einbezogen werden. Unter vielen Aspekten, fachlichen, planerischen wie organisatorischen, wäre es sinnvoll, diese Dienstleister Sedapal zu unterstellen, welcher schließlich für die Ver- und Entsorgung des gesamten Bereichs Lima Metropolitana verantwortlich ist. Das setzt jedoch das aktive Interesse und Engagement von SEDAPAL für diesen, selbst auf lange Sicht wohl eher „marginalen“ Bereich der 8-Millionen Stadt voraus, für den sich der bürokratische Verwaltungsapparat vielleicht als zu schwerfällig und unflexibel erweist, so dass mit unabhängigen „Kleinentsorgern“ eventuell schneller Erfolge erzielt werden können. Durch einen solchen Dienstleister könnte wie in Kapitel 6.1.1 vorgestellt, die Kompostierung und Nutzung des Fäkalmaterials sowie ein integriertes auf Recycling basierendes Abfallmanagement in den AHs leichter umgesetzt werden.

Da durch die hohen Bevölkerungsdichten im peri-urbanen Raum das Gefährdungspotential, das von nicht korrekt benutzten Ökotoiletten und deren Produkten ausgeht, besonders kritisch zu betrachten ist, ist ein entsprechendes Dienstleistungssystem gerade hier besonders wichtig. Der Betrieb der Grauwasserbehandlung (Pflanzenkläranlage/Bodenfilter) dagegen bedarf nur wenig Aufwand, verursacht kaum Kosten und ist leicht durchzuführen. Dennoch ist es notwendig, auch die Filter in regelmäßigen Abständen zu überwachen und zu warten (WSP, 2006b). Insbesondere wenn das Grauwasser zusammengefasst behandelt wird, was sich nach den vorliegenden Betriebserfahrungen ohnehin als sinnvollere Variante erwies (Vgl. Kapitel 6.1.1), müssen die Verantwortlichkeiten für den Betrieb der gemeinschaftlichen Anlage und möglichst auch für die nachfolgende Nutzung des gereinigten Grauwassers eindeutig definiert und auch finanziell vergütet werden. Hier bietet sich ein Betreibermodell an.

Außerdem hat sich gezeigt, dass die Nutzer kontinuierlich zur korrekten Nutzung unterwiesen bzw. auch kontrolliert werden sollten, eine Aufgabe, die ebenfalls am einfachsten der Betreiber übernehmen kann, da er am besten mit der Technologie und vor allem den Konsequenzen falscher Nutzung vertraut bzw. konfrontiert ist. Bisher blieb diese Aufgabe in Lima oft in den Händen der Projektträger (NROs, Planungsbüros, etc.) die sich jedoch i.d.R. nach Projektende zurückzogen, womit die Kontinuität des Informationsflusses und Austausches nicht mehr gegeben war. Im Falle des Ecosan-Projektes in Nievería übernimmt jetzt z.B. das sogenannte Lokale Komitee für Wasser, Sanitärversorgung und Umwelt, bestehend u.a. aus Nutzern der Ökotoiletten, diese Aufgabe. Dies ist wahrscheinlich eine gute Lösung, da die Wasser- und Sanitärversorgung eng miteinander verbunden sind. Die Übertragung dieser Aufgabe auf andere lokale Akteure (z.B. Mirkofirma) wäre aber auch eine mögliche Lösung. Wichtig ist, dass eine kompetente Beratungsleistung dauerhaft vor Ort verfügbar ist.

Um interessierten Nutzern die Anschaffung einer Ökotoilette zu erleichtern, sollten auch lokale Handwerker über die Konstruktion und die Funktionsweise des Systems informiert und ggf. geschult werden. Außerdem kann die lokale Produktion bzw. der organisierte Aufkauf von üblichem Ersatz- und Verbrauchsmittel (z.B. Trockenmaterial, Urin-Trenntoiletten, etc.) in großen Mengen sowie die preisgünstige Abgabe an Individualkunden helfen, die Kosten für

die Nutzer zu senken und gleichzeitig Einkommen generieren.

## **6.2.2 Möglichkeiten der Vermarktung der Ecosan-Produkte**

Eines der herausragendsten Merkmale das Ecosan-Systeme von anderen Sanitärsystemen unterscheidet ist das Potential der Nutzung der in Fäkalien, Urin und Grauwasser enthaltenen Ressourcen. Da anders als im ländlichen Raum, im urbanen Raum die Nutzer selbst kaum Bedarf daran haben, ist der Ansatz der individuellen Nutzung dieser Ressourcen wenig Erfolg versprechend und ein Grund für die geringe Nutzung der Ecosan-Produkte in allen Ecosan-Projekten in Lima.

Die Vermarktung der Produkte (Wasser, Dünger, Kompost) ist jedoch gerade in bzw. um Lima als große Chance zu sehen, wobei die Verkaufserlöse helfen können, die Betriebskosten und damit die von den Nutzern der Ökotoiletten monatlich zu zahlenden Beiträge zu senken. Gerade für Kompost, welcher in der urbanen Landwirtschaft, in Baumschulen und privaten Gärten als Bodenverbesserer geschätzt wird, besteht eine Nachfrage. Allerdings sind die Preise nicht sehr hoch. Die Firma Kompost Real im Distrikt Pachacamac verkauft z.B. 50kg Regenwurmkompost für etwas mehr als S./10 (US\$ 3,1).

Ein großes bisher ungenutztes Potential besteht in der Nutzung von Urin als Düngerersatz. Durch die Installation von Urinbehältern in jedem Haus, ein Sammelsystem und ein anschließendes Speichern für minimal einen Monat wäre diese Ressource gemischt mit Wasser (1:5-1:10) bedenkenlos als sehr guter Dünger verwendbar (WHO 2006b). Auch wenn es insbesondere wegen der in höheren Konzentrationen enthaltenen Medikamentenrückstände (z.B. Hormonpräparate durch die „Pille“) noch Untersuchungsbedarf bezüglich der Nutzung von Urin für die Produktion von Nahrungsmitteln gibt, besteht die Möglichkeit der Nutzung in Baumschulen oder für Futterpflanzen sowie für die Produktion von Rasenplatten zum Begrünen von Parks und Fußballplätzen, ein Geschäftszweig, der beispielsweise in Nievería zunehmend Interessenten findet.

Wie in Kapitel 4.2.4 beschrieben, ist Lima von starkem Wassermangel betroffen und es besteht in den AHs von Lima ein großes Defizit an öffentlichen Grünflächen. Die Wiedernutzung von durch bedarfsnahe dezentrale Anlagen gereinigtem Ab- oder Grauwasser stellt ein großes Potential dar. Leider zeigen die Beispiele in Lima (Vgl. Kapitel 5.3.4) dass die bloße Bereitstellung von kostengünstigem oder sogar kostenlosem Bewässerungswasser oft nicht genug ist. Obwohl die Pflege der Anlagen eine kommunale Aufgabe ist, fühlt sich oftmals niemand dafür verantwortlich bzw. ist die Kontinuität durch politische Ereignisse (Wechsel des Bürgermeisters etc.) stark gefährdet.

Durch innovative Geschäftsmodelle (Betrieb von Fußballplatz gegen Nutzungsgebühr, Verkauf der Leistung „grüner Park“ an die Kommune etc.) bestünde die Möglichkeit, urbane Erholungsflächen zu schaffen bzw. dauerhaft zu begrünen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der sicheren Nutzung des Wassers für landwirtschaftliche Produktion in urbanen Gebieten, wo beim Anbau von Pflanzen die nicht roh konsumiert werden bzw. deren Produkte nicht in

direkten Kontakt mit dem Wasser kommen (z.B. Blumen, Rasen, Futterpflanzen, Mais) der Aufwand zur Reinigung des Wassers reduziert werden könnte, vorausgesetzt die Arbeiter beachten einfache Sicherheitsmaßnahmen.

In Lima gibt es hierzu noch keine auswertbaren Erfahrungen. Jedoch zeigen Beispiele in anderen Ländern, wie z.B. das der NRO Grupo de Tecnologia Alternativa (GTA) in Mexiko mit ihrem System SIRDO (Integriertes Recyclingsystem von organischen Abfällen), dass es in Lateinamerika möglich ist, ein System welches Fäkalien, Urin, Grauwasser und Biomüll in wertvolle Ressourcen umwandelt, erfolgreich zu betreiben. Dort wurde (Bio-) Dünger hergestellt und Gemüse- und Blumenbeete mit dem Wasser bewässert. Darüber hinaus wurden aus Plastikabfällen Pellets hergestellt, bei einer Gewinnrate von 16% (IDRC 2007). Auch für die erfolgreiche Nutzung des Urins gibt es Beispiele aus Mexiko. Durch die NRO GTA unterstützte Mikrofirmen betreiben mobile Trockentoiletten welche u.a. auf Jahrmärkten und Stadtfesten eingesetzt werden und sogenantes „Urin-Harvesting“ betreiben. Der Urin wird nach dessen Hygienisierung an Bauern verkauft, die zuvor durch gezielte Informationen geschult und von den Vorteilen überzeugt wurden.

Die Herstellung und Vermarktung von Dünger aus Urin und Fäkalien wurde auch in einem Slum in Bangalore, Indien erfolgreich umgesetzt (Heeb et al. 2006). Hier wird eine Gemeinschaftstoilette durch eine Mikrofirma betrieben. Deren 600 bis 800 Nutzer produzieren jährlich etwa 200t Urin und 100t Fäkalmaterial welche auf eine Ökostation gebracht und behandelt werden. Die Nutzung bzw. der anschließende Verkauf des Urins, des Biosols (Klarschlamm des Bioreaktors) und des Biogases decken zu 50% die Betriebskosten des kompletten Systems, was die Nutzergebühr auf etwa US\$1 pro Monat und Nutzer zu senken hilft (Heeb et al. 2006).

### **6.2.3 Überlegungen zu Betreibermodellen**

Über Ecosan-Systeme liegen in Lima bisher keine auswertbaren Erfahrungen bezüglich Betreibermodelle vor. Die NRO Cenca hatte für ECODESS zwar die Etablierung eines Betriebsmodells vorgesehen (Vgl. Abb. 6-2), jedoch machten die beschriebenen Probleme in Húascar diese Idee zunichte. In Nievería wird erst jetzt mit der Erarbeitung eines Serviceangebots für die Nutzer und dem Aufbau einer Ökostation (u.a. zur sekundären Kompostierung und Vermarktung der Fäkalien) begonnen und auch die neue Idee der NRO Ecociudad, für die Nutzung des Fußballplatzes eine Gebühr zu verlangen (Vgl. Kapitel 5.4.1), zeugt von der langsam gewonnenen Einsicht in die Notwendigkeit von Betreibermodellen.

Ein Beispiel für ein erfolgreiches Betriebskonzept in Lima, wenn auch nicht im Sanitärbereich sondern in der Kompostierung von organischen Abfällen, liefert die Firma EcoAlke. Deren Ecosilos, einfache ca. 2 Meter tiefe Löcher mit Betonring und Deckel geschützt, in welche der Biomüll gegeben und dort anschließend kompostiert wird, werden gegen eine Gebühr von meist S./ 2 pro Monat von dieser Firma betreut (geleert und ggf. repariert). Dieser Service wird bisher von mehr als 1.000 Haushalten in den AHs, aber auch auf privaten

Grundstücken in der Zentrumslage von Lima genutzt<sup>11</sup>. (persönliche Mitteilung: Kennerknecht, EcoAlke 10.10.2006).

Die Tragfähigkeit eines Betreibermodells hängt von vielen Faktoren ab, und gewisse Subventionen am Anfang, wenn die Nutzerzahl gering ist, könnten sinnvoll und erforderlich sein. Die prinzipiellen Bedingungen im peri-urbanen Raum Limas für einen entsprechenden Service im Sanitärbereich der AHs, werden positiv eingeschätzt. Zum einen garantieren allein schon die hohe Bevölkerungsdichte und die relativ niedrigen Lohnkosten eine gewisse Wirtschaftlichkeit. Zum anderen haben die Nutzer Erfahrungen mit der Bezahlung für Dienste der Basisversorgung wie Trinkwasser, sowie im Umgang mit Mikrofirmen bzw. Komitees, insbesondere der COVAPs.

Finanziert werden könnte dieser Service über monatliche Nutzerbeiträge, welche vorzugsweise mit der Wasserrechnung einzutreiben wären (um die Zahlungsmoral zu erhöhen). Über die Höhe des monatlichen Beitrags kann man nur spekulieren, da es diesbezüglich in Lima noch keine Studien gibt. In Xochimilco, Mexiko D.F. wo 430 Ökotoiletten des Typs SIRDO installiert wurden, die den Ökotoiletten in Lima etwas ähnlich sind, zahlten die Nutzer einen monatlichen Beitrag von \$5 für diesen Service. J.C. Calizaya von der NRO CENCA geht davon aus, dass sich die monatlichen Kosten in Lima pro Haushalt zwischen S./ 6 und 10 (US\$ 2-3) bewegen werden. Gespräche mit Nutzern in Nievería zeigten, dass viele dieser Idee sehr positiv gegenüberstehen.

Zum erfolgreichen Betrieb gehört jedoch auch die Kontrolle, im Falle der Sanitärtechnologie vor allem die Kontrolle der Produkte. Gesundheitsschutz und der Schutz der Umwelt sind vorrangige Ziele der getätigten Investitionen und sollten nachhaltig garantiert sein. Qualitätsziele sollten festgelegt werden, und die Ecosan-Produkte sollten in regelmäßigen Abständen darauf überprüft werden um Gesundheitsrisiken und Risiken für die Umwelt zu vermeiden (WHO 2006b) sowie um das Vertrauen der Nutzer in die Produkte zu wahren oder potentielle Nutzer von deren Qualität und Unbedenklichkeit zu überzeugen. Weiterhin sollten die Tarife, wie bei anderen öffentlichen Versorgern auch, von einer unabhängigen Organisation kontrolliert werden um die Verbraucher zu schützen. Solange staatliche Organe dieser Aufgabe nicht gerecht werden, sollte das Projekt auch die Schaffung und Unterhaltung entsprechender äußerer Kontrollmechanismen berücksichtigen.

Ein solches Betriebsmodell hätte nicht nur den Vorteil, die Menschen dauerhaft mit einem adäquaten Sanitärsystem zu versorgen und von den ökologischen Vorteilen der Ecosan-Systeme maximal zu profitieren, sondern würde auch Arbeitsplätze schaffen und die lokale Wirtschaft stärken. Die Einsicht besteht, dass man sich nicht auf den guten Willen der Bewohner oder der Munizipalitäten verlassen kann und neuartige sich ökonomisch selbst tragende Betriebsmodelle notwendig sind.

---

<sup>11</sup> Gebühr abhängig vom Einkommen der Nutzer; der Lage des Hauses, etc.

### **6.3 Notwendigkeit von Finanzierungsmodellen für Ecosan-Projekte**

Um die im Nationalen Sanitärplan Perus definierten Ziele bis 2015 (adäquate Sanitärversorgung für 95% der Einwohner Limas und 100% Reinigung des gesammelten Abwassers (Vgl. Tabelle 4-1) zu erreichen, werden Kosten in Höhe von US\$ 634 Mio. für den Ausbau des Kanalnetzes und weitere US\$ 367 Mio. für den Ausbau der Kläranlagen veranschlagt (MVCS 2006). Alternative Sanitärsysteme können helfen, diese Ziele effizienter zu erreichen. Vor allem können sie jedoch dazu beitragen, die Situation der ärmsten Bevölkerungsschichten gerechter zu berücksichtigen als dies gegenwärtig der Fall ist.

Ausgehend von der primären Forderung nach sicheren Hygiene- und Gesundheitsverhältnissen und dem bereits beschriebenen Fakt, dass weder zentrale Trinkwasserver- noch Abwasserentsorgung für alle AHs technisch überhaupt realisierbar sind, stellen die Trockentoilettensysteme in diesen Gebieten tatsächlich die einzige Lösung dar. Dieser Aspekt muss allen Verantwortungsträgern klar sein, und es muss außerdem ein politischer Wille bestehen, sich der Situation dieser Gebiete anzunehmen, um angepasste öffentliche Finanzierungsmodelle zu entwickeln.

#### **6.3.1 Kostenanalyse**

Die in Nievería realisierten Ökotoiletten kosteten 603 US\$ pro Haushalt was im Rahmen anderer in peri-urbanen Siedlungen Lateinamerikas gebauter Ökotoiletten liegt, welche zwischen 450 US\$ und 1400 US\$ kosteten (persönliche Mitteilung: Aguirre, ETAPA 16.03.2007; Sawyer et al. 2003).

Da die Ökotoiletten von vielen Stakeholdern fälschlicherweise mit Latrinen verglichen werden, welche in Peru etwa US\$ 120 kosten, erscheinen sie relativ teuer. Im Gegensatz zu Latrinen werden die Fäkalien in den Ökotoiletten jedoch behandelt und hygienisiert. Auch Urin und Grauwasser sind zur Aufbereitung und Wiedernutzung vorgesehen, weshalb ein Vergleich mit den Kosten für Spülkanalisation einschließlich Kläranlage angebracht ist. Hierbei weisen die Ökotoiletten einen deutlichen Kostenvorteil auf.

MVCS (2006) schätzt die Kosten für die Versorgung mit konventioneller Sanitärtechnik in den AHs auf **US\$ 508 pro Person**

- US\$ 233 für Anschluss und Leitungen,
- US\$ 185 für die Erweiterung des Hauptnetzes
- US\$ 90 für die Erweiterung der Kläranlage

Für die typische Haushaltsgröße von 4,5 Personen in den AHs ergeben sich also Anschlusskosten von US\$ 2286. Enthalten sind darin noch nicht die privaten Investitionen (Badezimmer mit Waschbecken, Toilettenschüssel, Dusche usw.) und die Leitungen auf dem Grundstück, die sich pro Familie auf US\$ 80 bis 400 und mehr belaufen (persönliche Mitteilung: Salcedo, Sedapal 31.01.2007).

Somit sind die Ökotoiletten mit US\$ 603 (bzw. abzüglich privater Installationen im Haus sogar nur US\$ 373) deutlich günstiger (Vgl. Tab. 5-12). Nach Calizaya (2005) ließen sich die Kosten bei hoher Einbaurate sogar auf US\$ 219 pro Haushalt senken.

Auch die anderen vorgestellten alternativen Sanitärsysteme (Pflanzenkläranlagen, Fosaplas-System und Condominialsysteme mit dezentralen Klärwerken) können, nicht zuletzt auf Grund ihres dezentralen Charakters, günstigere Alternativen darstellen.

### **6.3.2 Aktuelle öffentliche Förderpraxis**

Von öffentlicher Stelle werden bisher ausschließlich Anschlüsse an das Netz des staatlichen Entsorgers Sedapal gefördert. So kostet für die Familien im Programm PAC ein Anschluss an das Trinkwasser- und Kanalisationsnetz von Sedapal nur S./ 603 (ca. US\$ 190). Bei der hohen Unterbeschäftigung und einem Mindestlohn von S./ 500 (ca. US\$ 160) (PWC 2007) ist selbst dies für viele Familien nicht in einer Summe bezahlbar, so dass die Zahlung in Raten, gestreckt auf maximal 10 Jahre, ermöglicht wurde. Diese Familien werden also kaum in der Lage sein, ohne Förderprogramm die Kosten für ein alternatives Sanitärsystem aufzubringen. Durch die gegenwärtige Förderpraxis bleiben aber gerade die Ärmsten der Armen unberücksichtigt, die in den marginalsten Standorten leben, welche auf lange Sicht überhaupt nicht an das öffentliche Trinkwasser- und Kanalisationsnetz angeschlossen werden. Mit anderen Worten, gerade die Hilfsbedürftigsten werden vom Staat mit ihren Problemen allein gelassen

Neben den Investitionskosten müssen auch die Betriebskosten betrachtet werden. Der niedrige Preis für Leitungswasser in Lima (im Durchschnitt S./ 1,4 pro m<sup>3</sup>, entspricht US\$ 0,44) (Sedapal, 2007a), wurde seit über 5 Jahren nicht angepasst, ist nicht kostendeckend und fördert nicht den sorgsamen Umgang mit dem gerade für Lima so kostbarem Gut Wasser. Auch diese staatliche Subvention erreicht zu 100% die bessergestellten Bevölkerungsteile Limas, die zum Teil täglich ihre Gärten mit Trinkwasser beregnen oder den Gehweg vor ihren Häusern mit Trinkwasser spülen lassen. Die armen Teile der Bevölkerung, die keinen Trinkwasseranschluss besitzen, profitieren von der Subvention in keiner Weise.

Da der Zugang zu adäquater Sanitärversorgung aber eine Grundvoraussetzung für die Armutsbekämpfung, den Gesundheitsschutz und für ein Leben in Würde ist, sollten gerade die Menschen in den AHs, die nicht durch Sedapal erreicht werden, bei der Verbesserung ihrer Sanitärversorgung unterstützt werden.

### **6.3.3 Lösungsansätze für die Zukunft**

Die oft als vielversprechender Ansatz gepriesene „Sanitärversorgung als Geschäft“ verbunden mit „Social Marketing“ (Stimulierung der Nachfrage unter Nutzung von Marketingprinzipien verbunden mit Subventionen) kann zur Unterstützung von Ecosan- Konzepten in den ärmsten Gebieten Limas durchaus sinnvolle Lösungsansätze bieten (COSUDE; WSP 2006).

Hierbei werden die staatlichen Subventionen gezielt eingesetzt, um Marktpreise zu senken und politisch gewünschte Ziele zu fördern. Da sich Peru mit der Unterzeichnung der Millenniumserklärung verpflichtet hat, eine nachhaltige Entwicklung anzustreben, sollten nachhaltige Sanitärsysteme u.a. auch durch Subventionen gefördert und nicht etwa, wie gegenwärtig der Fall, benachteiligt werden.

Nach dem Grundsatz „Der Verschmutzer zahlt“ könnten je nach Sanitärsystem angepasste Fördersummen bereitgestellt werden. Alternative Sanitärsysteme, welche die Aufgaben der „Abwasserreinigung“ i.d.R. miterfüllen und niedrige bis gar keine externen Kosten verursachen, werden entsprechend stärker gefördert, als konventionelle Systeme. Die nicht an die öffentliche Versorgung angeschlossenen Haushalte könnten sich dann für ein ihren Bedürfnissen und Möglichkeiten am besten angepasstes System entscheiden. Kreditprogramme sollten helfen, auch den Ärmsten Zugang zu Sanitärversorgung zu gewährleisten. Damit wäre ein Markt geschaffen, das heißt private Unternehmer hätten einen Anreiz diese „Produkte“ (alternativen Abwassersysteme) bekannt zu machen, zu vertreiben, weiterzuentwickeln und an die Bedürfnisse der Bewohner der AHs anzupassen.

Die Beispiele von Cenca zeigen, dass die Haushalte nach ausreichender Information und Nachfragestimulierung bereit waren, bis zu US\$ 400 für die Verbesserung ihrer Sanitärversorgung durch Ökotoiletten zu bezahlen, und die S./ 2675 (ca. US\$ 836) teuren Systeme von SER & Rotoplas (Vgl. Kapitel 5.4.2) werden sogar von den Nutzern komplett selbst finanziert.

Kredite spielen bei der Finanzierung aber eine entscheidende Rolle. Das Gemeinschaftsprojekt der NRO SER und der Firma Rotoplas wurde für sein innovatives Geschäftsmodell mit zwei Preisen prämiert (Coca Cola Ecoeficiencia, UPC Creatividad Empresarial). Durch Informationskampagnen zur Stimulierung der Nachfrage und einen Rotationskredit, welcher die Nutzer über eine Laufzeit von 5 Jahren mit wöchentlich S./ 11 belastet, wurde das System für viele Haushalte zugänglich. Durch das Projekt wurde ein lokales Managementkomitee (*Comité de gestion*) formiert, das die Zahlungen verwaltet und aus den Rückzahlungen neue Kredite vergibt. Da in den AHs von Lima wie überhaupt in vielen Teilen Lateinamerikas die Zahlungsmoral oftmals sehr schlecht ist („*No hay cultura de pago.*“) (persönliche Mitteilung: Pittman, SER 15.02.2007), unterstützen Anreize, wie z.B. eine monatlichen Verlosung von einfachen Haushaltsgeräten und der Erlass einer Wochenrate pro Monat bei pünktlicher Bezahlung die Tilgung. Dieser Kredit war aber nur durch die Unterstützung in Höhe von US\$ 50.000 als Startkreditkapital des Fondo de las Americas möglich.

Private Banken und Finanzdienstleister sind bei der Vergabe von Mikrokrediten an arme Haushalte sehr zurückhaltend. Ausnahme bildet z.B. die Baumarktkette „Hipermercado Ceramica“ im Distrikt Villa el Salvador, die über Mikrokredite von Credifácil, einem privaten Finanzdienstleister, den Kauf von Sanitärinstallationen zu einfachen Konditionen, einem Zinssatz von 5% und einer Laufzeit zwischen 6 und 12 Monaten vergibt (COSUDE; WSP 2006).

Kredite sind wichtig, können Subventionen jedoch nicht vollständig ersetzen. Bei dem Projekt von SER & Rotoplas konnten von 150 interessierten Familien lediglich 71 als kreditwürdig anerkannt werden (bei sehr einfachen Kriterien da kein kommerzieller Kredit), was die Notwendigkeit von Subventionen für eine flächendeckende Sanitärversorgung verdeutlicht (persönliche Mitteilung: Pittman 15.02.2007).

Die Berechnung der Abwasserentsorgung (bzw. der externen Kosten für die Umweltverschmutzung) und ein gerechter Wasserpreis würde letztendlich auch die von einigen Nutzern als zu hoch empfundenen Betriebskosten für Ökotrockentoiletten (Kosten für Kalk) (Vgl. Tab. 5-13) relativieren und Systemen zur Wiedernutzung von Wasser und Nährstoffen einen messbaren finanziellen Vorteil gegenüber konventioneller Sanitärversorgung verschaffen. Dies wäre das überzeugendste Argument gegen die in der vorliegenden Arbeit analysierte Präferenz für die Spültoiletten in den AHs (Vgl. Kapitel 5.3.1), wie auch die aus Bequemlichkeit abgelehnte Wiedernutzung von Grauwasser zur Beregung öffentlicher Parkanlagen (Vgl. Kapitel 5.4.1) und somit der wirkungsvollste Beitrag zum nachhaltigeren und gerechteren Umgang mit Wasser in Lima.

#### ***6.4 Die Rolle der Stakeholder und ihr Einfluss auf Ecosan-Projekte***

Wie gezeigt, sind die meisten alternativen Sanitärsysteme noch sehr problembehaftet. Bei gutem Projektdesign, funktionierendem Betreibermodell und stimmigen Rahmenbedingungen bieten sie jedoch ein großes Potential, um die mit der Wasser- und Sanitärversorgung verbundenen Probleme der Stadt zu reduzieren. Einen signifikanten Einfluss können sie jedoch nur erreichen, wenn sie über das Stadium der punktuellen Pilotprojekte hinauskämen. Wichtig für die entsprechende Umsetzung sind die sogenannten Stakeholder. Unter diesem Begriff werden generell Personen und Organisationen zusammengefasst, die ein Interesse am Ausgang eines Prozesses haben. Relevante Stakeholder für Ecosan-Projekte sind laut UNESCO-IHP & GTZ (2006):

- Potentielle Nutzer der Toiletten
- Potentielle Nutzer der Ecosan-Produkte
- Nachbarschaftsorganisationen und andere lokale Selbsthilfegruppen
- NROs
- Politische Autoritäten (Lokalverwaltung, Regierungen, Ministerien, etc.)
- Dienstleister (Ver- und Entsorgungsunternehmen)
- Entwickler und Investoren
- Finanzinstitutionen und andere Geldgeber
- Bildungs- und Forschungsinstitutionen

Um die Rahmenbedingungen für eine massive Verbreitung der Ecosan-Systeme zu analysieren, wurden mit ausgewählten Stakeholdern Interviews durchgeführt und an Versammlungen, Seminaren und Workshops teilgenommen. Die im folgenden dargestellten Informationen ba-

sieren allerdings größtenteils auf individuellen Aussagen von Vertretern der jeweiligen Institution (i.d.R. den entsprechenden Experten für Sanitärversorgung o.ä.) und sind nicht notwendigerweise repräsentativ für die öffentliche Meinung der Institution, sondern spiegeln die persönlichen Einstellungen und Erfahrungen der Befragten wider.

#### **6.4.1 Potentielle Nutzer der Toiletten**

Wie Gespräche mit Einwohnern und Führern (*Dirigentes*) der AHs bestätigen, besteht ohne Zweifel ein hoher Bedarf an adäquaten Sanitäreinrichtungen in den Marginalsiedlungen von Lima. Bei der Frage nach den größten stadtökologischen Problemen wurde auch oft der Mangel an Grünflächen beklagt (Versammlung mit *Dirigentes* in San Juan de Lurigancho, persönliche Mitteilung: Anwohner in Villa Maria de Triunfo, San Juan de Miraflores, Ventanilla) (Vgl. Abb. 6-3).

Die Ecosan-Systeme könnten Lösungen für beide Probleme bieten. Besonders an Standorten, die auf absehbare Zeit keine Perspektive auf einen Anschluss ans Kanalisationssystem haben, und davon gibt es in Lima viele, wäre es möglich, die Menschen von den Vorteilen der Ecosan-Systeme zu überzeugen. Nicht selten wurden die Nutzer der Ökotoiletten von Familienangehörigen und Bekannten gefragt, wie man ein solches System auch bei ihnen installieren könnte.



**Abb. 6-3: Diskussion mit Stadtteilführern (*Dirigentes*) in San Juan de Lurigancho**

Die meisten Bewohner der AHs sind über die Möglichkeiten und Vorteile von Ecosan-Systemen nicht informiert. Um eine Nachfrage zu erzeugen, müssen die Menschen von den Vorteilen überzeugt, Vorurteile und kulturelle Barrieren beseitigt sowie angepasste Finanzierungsmechanismen gefunden werden.

#### **6.4.2 Potentielle Nutzer der Ecosan-Produkte**

Im Gegensatz zum ländlichen Raum haben die Nutzer der Ökotoiletten im urbanen Raum oftmals keinen individuellen Bedarf für Kompost, Dünger und gereinigtes Grauwasser. Allerdings gibt es überall sowohl öffentliche als auch private Nutzungsmöglichkeiten. So nutzen schon heute einige Munizipien gereinigtes Abwasser, um urbane Grünflächen zu erhalten, und es besteht ein hohes Interesse diesen Anteil auszubauen. Auch in der urbanen Landwirtschaft, die für die Versorgung der Stadt notwendig und angesichts des Wüstenklimas auf Bewässerung angewiesen ist, wäre die Nutzung des Abwassers vorteilhaft. Obwohl Lima seit 1935 über 70% seiner landwirtschaftlichen Nutzflächen verloren hat (Vgl. Tab. 6-1) und da-



**Abb. 6-4: Wurmkompostherstellung bei "Kompost Real" (Pachacamac)**

von auszugehen ist, dass sich dieser Trend in Zukunft fortsetzen wird, ist der Bedarf für Düngemittel groß. Die intensive Produktionsweise der urbanen Landwirtschaft in Lima bedingt es, dass die entnommenen Nährstoffe ersetzt werden müssen. In Nievería werden z.B. pro Hektar und Jahr etwa S./ 2.500 (US\$ 800) für künstlichen Harnstoff, Phosphor und Hühnerguano ausgegeben (persönliche Mitteilung: Bauern in Nievería 15.04.2007). Schon heute gibt es zahlreiche Unternehmen, die sich der Kompostproduktion widmen. Sie kaufen zum Teil Kuh- und Pferdedung, welcher auch durch die Exkremente der Ökotoiletten ersetzt werden könnte (persönliche Mitteilung: Mitarbeiter der Firma Kompost Real, Pachacamac 28.02.2007) (Vgl. Abb. 6-4). Aber

auch landwirtschaftliche Betriebe im näheren und mittleren Umland kommen als Nutzer infrage. Schon heute kaufen Bauern, die ihre Felder in über 100 km Entfernung von Lima haben, Schweinemist zur Düngung ihrer Felder in Lima ein (persönliche Mitteilung: Schweinezüchter in Parque Porcino, Ventanilla 24.10.2006).

**Tabelle 6-1: Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche in Lima und Callao 1935-2001 (nach CONAM et al. 2005)**

	Landwirtschaftliche Nutzfläche ( in Hektar)	
	1935	2001
<b>Lurintal</b>	6.000	5.000
<b>Chillontal</b>	18.500	5.000
<b>Rimactal</b>	15.500	1.500
<b>Total</b>	40.000	11.500

### 6.4.3 Nachbarschaftsorganisationen

Nachbarschaftsorganisationen spielen für die Entwicklung in den AHs eine wichtige Rolle. Eine Invasion kann nur als AH deklariert und damit legalisiert werden, wenn zuvor eine Nachbarschaftsorganisation (CBO) gegründet und ein Führer gewählt wurde. Auch später sind es oftmals diese Organisationen, welche sich, von der Kommunalverwaltung oftmals ignoriert oder vernachlässigt, neben sozialen Diensten u.a. auch für die Basisversorgung mit Trinkwasser, Strom, Straßen, Legalisierung der Grundstücke und auch für die Verbesserung der Sanitärversorgung einsetzen. Obwohl sie i.d.R. kaum über eigene Mittel verfügen, haben sie durch ihre Mitentscheidungsgewalt am Bürgerhaushalt (*Presupuesto Participativo*) und über ihre Möglichkeit der Mobilisierung der Bevölkerung die Möglichkeit, Einfluss auf die Sanitärversorgung in ihrem Einflussgebiet auszuüben. Im Februar 2007 wurde außerdem

der Versuch unternommen, ihnen durch die Gründung der Förderung der Nachbarschaftsorganisationen von Lima und Callao (FOVELIC) (FOVELIC 2007b) eine einheitlichere und damit stärkere Stimme zu geben, wodurch sie ihren Druck auf Politik und Entscheidungsträger erhöhen könnten. In Artikel 6 des Statuts sind die Ziele von FOVELIC definiert, zu denen im Absatz A unter anderem auch die Verbesserung der Sanitärbedingungen in den AHs erwähnt wird (FOVELIC 2007a, FOVELIC 2007b).

Damit sich diese Stakeholder für Ecosan-Systeme einsetzen und nicht wie bisher nur konventionelle Sanitärversorgung fordern, sind auch hier zunächst Informations- und Aufklärungsarbeit erforderlich. Positive Erfahrungen mit den so genannten COVAPs, lokale Komitees, welche die Verteilung von Wasser über öffentliche Zapfstellen verwalten, zeigen, dass es durchaus möglich ist, solche Dienstleistungsstrukturen dauerhaft in den AHs zu etablieren. Denkbar wäre es, dass sich ein durch ein Ecosan-Projekt entwickelte CBO letztendlich zum Dienstleister/Service Provider entwickelt.

#### **6.4.4 NROs**

In Lima gibt es eine kaum überschaubare Anzahl von NROs bzw. Unternehmen, welche unter der Bezeichnung NRO in den AHs aktiv sind. Viele engagieren sich im Bereich Wasser- und Sanitärversorgung. Ihr Wissen, ihre Erfahrungen und Kontakte machen sie zu wichtigen Akteuren bei der Realisierung von Projekten in den AHs und oftmals sind sie die einzigen, die sich für die Verbesserung der Wasser- und Sanitärproblematik in den Zonen engagieren, in denen Sedapal die Versorgung nicht gewährleistet. Bei der Umsetzung innovativer Ideen und Technologien, meist durch Gelder aus dem Ausland finanziert und oft in Form von Pilotprojekten umgesetzt, sind sie zweifellos die Vorreiter. Bei ihnen besteht verglichen mit allen anderen Stakeholdern die festeste Einsicht, dass alternative Sanitärtechnologien einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Wasser- und Sanitärkrise Limas leisten können. Es besteht großes Interesse und eine hohe Bereitschaft, die Finanzierung vorausgesetzt, alternative Technologien der Sanitärversorgung einzusetzen. Besonders bezüglich der Wiedernutzung von Wasser (u.a. für Bewässerungszwecke) wird von NROs ein hohes Potential gesehen. So wird im Moment von den NROs Cenca, Foro Ciudades para la Vida und Grupo Gea an einem Projektvorschlag Barrio Ecoeficiente (Ökoeffizienter Stadtteil) gearbeitet, um im Distrikt Pachacamac einen AH durch ein integriertes Projekt mit Modulen aus Ökotoiletten, Recycling, Grünanlagen etc. in einen Ökostadtteil umzuwandeln (persönliche Mitteilung: Rosas, Foro Ciudades para la Vida, 04.04.2007).

Allerdings ist das tatsächliche Wissen über alternative Sanitärsysteme auch bei den NROs sehr gering. Lediglich bei den NROs Cenca und Alternativa ließen sich Personen mit fundierteren Kenntnissen diesbezüglich finden. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass viele NROs Ecosan-Systeme nur als Übergangslösung für die Marginalsiedlungen Limas betrachten und sie leider auch entsprechend unter der Bevölkerung proklamieren.

Im ländlichen Raum werden den Ecosan-Systemen von den NROs deutlich bessere Er-

folgsaussichten zugeschrieben, nicht zuletzt weil dort ein Kanalisationssystem i.d.R. kaum realisierbar ist. Zudem sind die Menschen dort eher bereit, Zeit und Aufwand in den Erhalt der Systeme zu investieren und sehen ein größeres Nutzungspotential für die Ecosan-Produkte. NROs wie Cesal und Grupo Gea denken zum Beispiel über den Einsatz von Ökotoiletten in ländlichen Gemeinden im Regenwaldgebiet und für einen touristischen Wanderweg im Gebirge nach.

#### **6.4.5 Politische und administrative Autoritäten**

Wichtig für eine signifikante und nachhaltige Verbreitung von Ecosan- Sanitärtechnologien ist deren Unterstützung durch die Politik (Mukherjee; van Wijk 2003). Auf lokaler Ebene sind die Distriktverwaltungen durch ihre Budgethoheit und damit der Möglichkeit, eigene Projekte durchzuführen bzw. Geld für den Betrieb und Erhalt von Anlagen bereitzustellen, aber auch Baugenehmigungen zu erteilen, äußerst wichtige Akteure. Ihre Kooperation ist für ein erfolgreiches Sanitärprojekt wichtig, zumal sie ohnehin für Aspekte der Basisversorgung wie Abfallmanagement und die Pflege der Grünanlagen verantwortlich sind.

Gerade für die stark multidisziplinären Ecosan-Projekte (Vgl. Kap. 3.2.3) ist die Kooperation mit den Munizipien wichtig. Sinnvoll für die Nachhaltigkeit ist zudem deren finanzielle und/oder personelle Beteiligung. Bei den bisher in Lima realisierten Ecosan-Systemen haben die Munizipien eine eher passive Haltung eingenommen, d.h. lediglich Genehmigungen erteilt und mit Informationen (Pläne, etc.) geholfen. Eine weitergehende Unterstützung der Lokalregierung (*gobierno local*) fand nicht statt.

In Sejura in der Region Piura in Peru ist es hingegen mit der (u.a. finanziellen) Unterstützung der Gemeinde gelungen, ein Ecosan-System mit Ökotoiletten und Bewässerung eines Parks zu realisieren (persönliche Mitteilung: Calizaya, Cenca, 12.12.2006). Allerdings machen die politischen Strukturen (z.B. Klientelismus, Korruption, Austausch eines Großteils der Angestellten bei Wechsel des Bürgermeisters) die Munizipien zu sehr unzuverlässigen Partnern. Exemplarisch für diese Situation ist ein Ecosan Projekt der Firma GTA S.C. in Xochimilco, México DF, in der die Lokalregierung für die Unterstützung eines Ecosan-Projektes gewonnen worden war, jedoch durch einen neuen Bürgermeister, der das Projekt nicht unterstützte, die Erfolge schon nach 3 Jahren zunichte gemacht wurden (persönliche Mitteilung: Menabraham, GTA 17.03.2007).

Um eine möglichst nachhaltige Stadtentwicklung und den effizienten Einsatz von Investitionen zu erreichen, ist insbesondere bei großen Agglomerationen und Megastädten eine koordinierte und integrierte Stadtplanung wichtig. In Lima sind i.d.R. die Distriktverwaltungen für die Entwicklung ihres Gebiets verantwortlich. Es gibt jedoch keine übergeordnete Raumplanungsbehörde für die gesamte Metropole, und die Kompetenzen der einzelnen Fachbehörden sind nur ungenau definiert und überschneiden sich häufig. Die Metropolregierung (*Gobierno Metropolitano*) hat kaum Kompetenzen und ist nicht für die 6 Distrikte Callaos zuständig. Die Pläne des Raumplanungsinstituts Instituto Metropolitana de Planificación

(IMP) werden in der Praxis kaum beachtet (persönliche Mitteilung: Gina Chambi, IMP 05.03.2007).

Ein ungeplanter, meist horizontaler Urbanisierungsprozess ist die Folge. Dadurch kann es schwierig sein, Flächen für Parkanlagen, Pflanzenkläranlagen, Kompoststationen etc. freizuhalten was für Ecosan-Projekte hilfreich wäre. Die Munizipien hätten bei der nachträglichen Neuordnung der Invasionen die Möglichkeit, solche Aspekte zu beachten. Dafür müssten sie aber erst von Ecosan-Systemen überzeugt werden. Politische Maßnahmen, welche die Nützlichkeit der Ecosan-Systeme anerkennen und zu deren Förderung beitragen, würden einen maßgeblichen Beitrag zu deren Verbreitung geben.

In Peru und besonders in Lima hat das Wasser- und Sanitärproblem eine hohe politische Brisanz, und derzeit besteht der politische Wille, sich diesem Problem anzunehmen (Vgl. Kapitel 4.2.2) (MVCS 2006). Mit erheblichen Finanzmitteln ausgestattete Programme wie PAC, PROMESAL, Proredes und Agua para Todos sollen einen Beitrag dazu leisten, bis 2015 das Versorgungsdefizit mit sicherem Trinkwasser und adäquater Sanitärversorgung in Lima signifikant zu reduzieren. Obwohl das größte Programm „Agua para Todos“ explizit alternative Technologien berücksichtigen soll, basieren alle bisher genehmigten neun Projekte des Programms letztendlich auf (teil-) zentralisierten Leitungssystemen (i.d.R. Condominialsysteme), und die Reinigung der Abwässer ist durch große kostenintensive Klärwerke vorgesehen, deren Finanzierung bis heute nicht abgesichert ist (persönliche Mitteilung: Cantuarias, Sedapal 30.01.2007).

Alternative Sanitärsysteme für Lima haben bis heute keine Beachtung in Strategiepapieren und Förderprogrammen erhalten, und im Interview mit dem Ministerium für Wohnen, Bau und Sanitärversorgung, das u.a. für die Formulierung von Strategiepapieren und Programmen verantwortlich sind, kam zum Ausdruck, dass sich dies auch in nächster Zukunft wahrscheinlich nicht ändern wird. Zwar ist man sehr an der Ausweitung der Grünflächen interessiert, hat aber noch kein Konzept für deren Bewässerung. Außerdem wird es als Schwierigkeit gesehen, das Ökotoiletten-System in die nationalen Gesetze einzupassen. Obwohl die Notwendigkeit für alternative Systeme anerkannt wird, ist solange keine staatliche Förderung vorgesehen, wie nicht ein alternatives System ohne große Probleme funktioniert. Eine Ausnahme könnte das Pilotprojekt Barrio Ecoeficiente darstellen, welches im Rahmen des Programms MiVivienda des MVCS gefördert werden könnte. Auch bietet das Programm Agua para Todos mit dem

- **Aktionsprogramm 1** – Erhöhung der Einnahmen der ärmsten Bevölkerung unter der Strategie 3 - Einführung von bedingter Unterstützung – und dem
- **Aktionsprogramm 2** – Nachhaltige Arbeitsplatzbeschaffung für die weniger Begünstigten – unter der Strategie 3 – Entsorgung als innovatives Geschäft

theoretisch Ansätze, welche einem nachhaltigen Betriebssystem der Ökotoiletten entgegenkommen könnten (Salazar 2006).

#### **6.4.6 Ver- und Entsorgungsunternehmen**

Sedapal hat die Aufgabe, die Trinkwasser- und Sanitärversorgung für die Einwohner der Metropole Lima sicherzustellen (Sedapal 2007b), was das Unternehmen zu einem extrem wichtigen Stakeholder in der Umsetzung alternativer Sanitärsysteme machen könnte. Allerdings basieren alle von Sedapal bisher entwickelten Projekte und Strategien auf leitungsgebundenen Systemen (Kanalisation mit zentralisierten Klärwerken), und es erscheint sehr unwahrscheinlich, dass sich Sedapal in nächster Zukunft für alternative Sanitärsysteme einsetzen könnte (persönliche Mitteilung: Cantuarias, Sedapal 30.01.2007). Bisher hat man sich bei Sedapal nicht mit Ecosan-Systemen auseinandergesetzt. Fehlendes Know-How und interner Widerstand gegen Veränderungen wurden als Gründe genannt. Schon die Akzeptanz von Condominialsystemen hat sehr viel Überzeugungsarbeit gekostet. Eine Unterstützung von Ecosan-Systemen, welche einen Paradigmenwechsel darstellen, eine noch größere Partizipation der Bevölkerung erfordern, dafür aber geringere Infrastrukturmaßnahmen bedeuten (d.h. weniger Geld kann „umgeleitet“ werden) ist im Moment schwer vorstellbar, zumal konventionelle Sanitärsysteme eine starke und einflussreiche Expertenlobby zu haben scheinen (persönliche Mitteilung: Acevedo, FOVIDA 23.01.2007, Cáseres 29.01.2007, Alternativa, Cantuarias, Sedapal 30.01.2007).

Dass es möglich ist, auch städtische Wasserver- und Entsorger für die Unterstützung von Ecosan-Systemen zu gewinnen zeigt ETAPA, der Wasser- und Sanitärversorger von Cuenca. Nach Überzeugungsarbeit und dem Erhalt von Fördergeldern unterstützt der Versorger Haushalte im Einzugsgebiet des Flusses Tomebamba, die eine Ökotoilette bauen möchten, mit etwa US\$ 1200, was etwa 85% der Konstruktionskosten deckt. Neben der Versorgung der Familien mit einer adäquaten Sanitärinfrastruktur wird der für die Trinkwasserversorgung der Stadt dienende Fluss weniger stark kontaminiert, was wiederum zu Kosteneinsparungen bei der Wasseraufbereitung für ETAPA führt. Der Imagegewinn für ETAPA ist ein weiterer positiver Nebeneffekt (persönliche Mitteilung: Aguirre, ETAPA 16.03.2007).

Aber auch Kleinst-, Klein und mittelständige Unternehmen können eine wichtige Rolle spielen, v.a. was Vermarktung, Bau, Betrieb und Wartung der Ecosan-Systeme betrifft. Die in Lima verwendeten (speziellen) Urin-Trenntoilettensitze werden in Húascar im Distrikt San Juan de Lurigancho von lokalen Handwerkern hergestellt, die im Rahmen des ersten Projektes von Cenca dafür geschult wurden. Angesichts des hohen Niveaus an Unterbeschäftigung in den AHs wäre es nicht schwierig, engagierte Menschen zu finden, die sich durch Betrieb und Wartung der Systeme ihren Lebensunterhalt verdienen wollen, eine angemessene Bezahlung vorausgesetzt (persönliche Mitteilung: Calizaya, Cenca 12.12.2006). Eine Ausweitung auf andere Dienstleistungen bietet sich bei höherer Bestandsdichte an.

#### **6.4.7 Entwickler und Investoren**

Private oder öffentliche Investoren könnten über ihr Engagement im Wohnungsbau Einfluss auf die Verbreitung von Ecosan-Systemen nehmen. Da die Besiedlung der marginalen Stand-

orte aber häufig durch Invasion und Eigenbau verläuft, haben private Investoren hier keine große Bedeutung. In anderen Teilen der Stadt, beispielsweise den Strandsiedlungen im Süden Limas, welche durch sehr hohe Wasserpreise (Versorgung durch Tanklaster) und die Kontamination der Strände betroffen sind, könnten Ecosan-Systeme eine sehr sinnvolle Alternative darstellen.

Projekte des sozialen Wohnungsbaus, Core-housing-Projekte oder Stadtteilaufwertungsmaßnahmen, welche in den AHs oft durch Programme der MVCS realisiert werden, bieten weitere Möglichkeiten, Ecosan-Projekte gezielt zu integrieren, anzupassen und weiter zu entwickeln. Durch das Verlegen separater Leitungen für die verschiedenen Stoffströme schon beim Bau der Häuser und Siedlungen, was nur minimale Mehrkosten verursacht, lässt sich Grauwasser nachträglich einfach z.B. über Pflanzenkläranlagen reinigen und zur lokalen Bewässerung einsetzen. Realisiert wurde dies z.B. beim Projekt Ecoriego im AH Oasis in Villa el Salvador, wo die NRO Ecociudad in Kooperation mit dem staatlichen Programm Mi-Barrio neben Trinkwasser- und Abwasserleitung eine separate Leitung für Grauwasser verlegen ließ.

Einen Schritt weiter geht eines der weltweit bisher größten urbanen Ecosan-Projekte. In Erdos, Innere Mongolei (China) werden schon beim Bau von Häusern für etwa 7.000 Personen in dem staatlich entwickelten Stadtteil „Eco-town“ Urin-Trenntoiletten installiert, und bei der Architektur der Gebäude wurden Aspekte berücksichtigt, die den Betrieb und die Wartung der Systeme erleichtern (UNESCO-IHP; GTZ 2006).

#### **6.4.8 Finanzinstitutionen und andere Geldgeber**

Bevor es nicht ein klares politisches Zeichen für Ecosan-Systeme in Lima gibt, wird es auch keine Kredite von Finanzinstitutionen geben. Auch Organisationen der Internationalen Entwicklungszusammenarbeit wie die GTZ, weltweit eine der stärksten Promotoren für Ecosan und bei dem Projekt ProAgua in Peru aktiv, äußerten sich skeptisch bezüglich Ecosan als Lösung für das Sanitärproblem in den Marginalsiedlungen von Lima. Erklärer Entwicklungsschwerpunkt der GTZ sind im Sinne der Dezentralisierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt ländliche und städtische Regionen außerhalb von Lima, die ebenfalls einen erheblichen Investitionsbedarf aufweisen und zugunsten des politischen Zentrums Lima lange vernachlässigt wurden. Letztendlich soll mit der Verbesserung der Lebenssituation in diesen Gebieten auch die Abwanderung nach Lima begrenzt werden, was in den letzten Jahren bereits gelungen zu sein scheint.

Insofern stehen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur Gelder für kleine Ecosan-Projekte bzw. Pilotprojekte zur Verfügung. Mit Geldern des Fondo de las Americas werden zum Beispiel das Ecosan-Projekt in San Francisco (35 Ökotoiletten und ein öffentlicher Park) sowie der Aufbau einer Mirkofirma mit der dazugehörigen Ökostation in Nievería finanziert.

#### **6.4.9 Bildungs- und Forschungseinrichtungen**

Ein großes Hindernis für die erfolgreiche Verbreitung von Ecosan-Systemen in den AHs von Lima ist der geringe Bekanntheitsgrad und der Mangel an Fachwissen zu diesen alternativen Sanitärsystemen, insbesondere bei Entscheidungsträgern und Sanitärexperten. Dies ist bei allen Interviews überaus deutlich geworden. Kenntnisse beruhen i.d.R. nur auf „Hören-Sagen“. Eine Ursache dafür ist das Bildungssystem. So werden an der Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), mit der Ausnahme der kleinen Universität in Huascár die einzige Universität Perus an der Sanitäringenieure ausgebildet werden, alternative Sanitärsysteme kaum erwähnt und Ecosan kommt in den Lehrplänen nicht vor (persönliche Mitteilung: Silupú, ADRA 15.02.2007).

Ein weiteres Problem ist das geringe Vertrauen in die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Ecosan-Systemen. Interviews mit CEPIS/WHO und dem Water and Sanitation Program der Weltbank zeigten die diesbezügliche Skepsis und abwartende Haltung, wobei man sich selbst nicht in der Verantwortung für entsprechende Untersuchungen sieht, die ja bei den vorhandenen Systemen inzwischen durchaus möglich wären.

Typisch für diese Haltung ist, dass für Pflanzenkläranlagen, deren Technologie im internationalen Maßstab als anerkannt gilt, durchaus ein sehr großes Potential gesehen wird, auch wenn die Realität der wenigen Anlagen in Lima nicht unbedingt von der Anwendung der internationalen Erfahrungen zeugt (vgl. Kapitel 5.4.1) und auch deren Ablaufwerte kaum jemals einer eigenen Prüfung unterzogen werden. Auch das System von Rotoplas (Fosaplas), das als „Anaerobreaktor“ verkauft und damit international „anerkannt“ wird, der Funktionsweise nach jedoch eventuell nicht mehr als eine klassische Ausfallgrube ist, wird als potentiell Erfolg versprechend betrachtet. Untersuchungen lassen auch hier lange auf sich warten.

Die Ursachen für diese Passivität sind sicherlich vielfältiger Natur und sollen hier nicht analysiert werden. Die Tatsachen zeigen jedoch, dass von peruanischen Bildungs- und Forschungseinrichtungen bisher keine Vorreiterrolle bezüglich Ecosan ausgeht.

### ***6.5 Konsequenzen zu Perspektiven von Ecosan-Systemen in Lima***

Schlussfolgernd aus den Lehren und Verbesserungsvorschlägen, der Rolle von Betriebs- und Finanzierungsmodellen sowie der Bedeutung der Stakeholder kristallisieren sich zwei grundlegende Schlussfolgerungen heraus. Erstens zeigen die vorliegenden Auswertungen, dass bestimmte Gebiete in Lima für den Einsatz von Ecosan-Systemen geradezu prädestiniert sind, wenn auch einige Bedingungen zu beachten sind. Zweitens liegt in der Schulung, Aufklärung und Weiterbildung von potentiellen Nutzern, Fachkräften, Politikern und anderen Entscheidungsträgern die entscheidende Grundlage für die Durchsetzung dieser Projekte. Die abschließende Betrachtung systematisiert die Problematik Trockentoiletten in Lima zusammenfassend.

### 6.5.1 Lokale Bedingungen und Lösungsvarianten

Durch ihr einfaches und anpassbares Design (z.B. im Haus oder separate Konstruktion) und ihren dezentralen Charakter sind die Ökotoiletten-Systeme einfach zu errichten, können sehr flexibel umgesetzt werden und sind von den physisch-geographischen Bedingungen weitgehend unabhängig. Damit könnten sie technisch gesehen in nahezu allen Marginalsiedlungen Limas (ausreichend Fläche für die Grauwasserbehandlung vorausgesetzt), egal ob Sandwüste, Felshänge oder Flussterrassen, umgesetzt werden.

Ihr größtes Potential haben sie aber sicherlich in Zonen, welche in absehbarer Zukunft nicht oder nur unter hohem Kostenaufwand an das Trinkwasser- und Kanalisationsnetz angeschlossen werden können. Dies sind vor allem zentrumsferne Lagen, felsige Berghänge und Zonen mit verhältnismäßig niedrigen Bevölkerungsdichten, die noch nicht stark konsolidiert sind (Vgl. Abb. 6-5). Dort finden Trockentoiletten als kostengünstige, dezentrale und kein Spülwasser erfordernde Lösung den sinnvollsten Einsatz. Angesichts der Flächenknappheit für die künftige Expansion Limas wird ein Großteil der zukünftigen AHs wie schon in den letzten 15 Jahren insbesondere an solchen marginalen Standorten entstehen. Zwar ist man bestrebt, durch Verdichtung und Expansion in die Vertikale den horizontalen Urbanisierungsprozess abzuschwächen, dennoch wird sich die Ausbreitung der Stadt in der Horizontalen in immer marginalere Lagen hinein fortsetzen (Tokeshi 2007).

In den (marginalen) Zonen in denen eine kostengünstige Wasserversorgung gesichert ist, könnten Spültoiletten mit dezentralen Reinigungssystemen (z.B. Ableitung im Condominialsystem und Pflanzenkläranlagen) eine von der Bevölkerung eher akzeptierte Lösung darstellen. Die Kosten sollten jedoch unter denen eines zentralen Anschlusses liegen, um mehr Menschen den Zugang zu adäquater Sanitärversorgung zu verschaffen und Ressourcen (v.a. Wasser durch Wiedernutzung für Bewässerung) zu schützen. Daneben gibt es zahlreiche andere Lösungen, die unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten geeignete Al-



Abb. 6-5: Landnutzung in Lima 2004 (eigene Erarbeitung, Daten- und Kartengrundlage: IMP 2007)

alternativen zu konventionellen Systemen darstellen: Kompostierung der Fäkalien bzw. Rottebehälter, verschiedene Arten von Biogasreaktoren mit Biogasnutzung, Co-Fermentierung mit organischen Abfällen usw.

Solange jedoch zentralisierte, konventionelle Abwassersysteme mit bzw. ohne nachgeschaltete Kläranlage unverhältnismäßig stark subventioniert werden (Vgl. Kapitel 6.3.2), und die Kosten für Trinkwasser nicht die realen Kosten widerspiegeln bzw. keine staatliche Unterstützung erfolgt, werden alternative Sanitärsysteme in Lima, egal an welchen Standorten, kaum eine Chance haben.

### **6.5.2 Aufklärung, Schulung und Weiterbildung**

Die Interviews mit den verschiedenen Stakeholdern haben eines klar gezeigt: Es besteht ein eklatanter Mangel an Wissen über alternative Sanitärsysteme, der oftmals zu Vorurteilen und Fehlannahmen bezüglich Ecosan-Systemen führt. Eines der häufigsten Argumente gegen Ökotoiletten sind Gesundheitsrisiken, welche aber durch richtige Benutzung und organisierten Umgang mit den Zwischenprodukten (z.B. durch geschultes Personal einer Betreiberfirma) gar nicht gegeben sind. Üblich ist auch der Vergleich von Dehydrierungstoiletten mit Latrinen, anstatt sie als adäquate „Endlösung“ zu betrachten. Dementsprechend wird Kritik an den Kosten geübt. Neben den tatsächlichen Mängeln in der Ausführung sind dies wichtige Gründe für die bisher geringfügige Bedeutung dieser Sanitärlösungen in Lima.

Um Ecosan-Systeme in signifikantem Umfang in Lima umzusetzen, erscheint es deshalb unabdingbar, alle relevanten Stakeholder zu schulen, sie von den Vorteilen der Systeme zu überzeugen, sie in die Verantwortung für die Untersuchung und Integration in bestehende Gesetze zu nehmen, und die Notwendigkeit deutlich zu machen, dass diese Systeme für die potentiellen (oft ärmsten) Nutzer finanzierbar sein müssen.

Die Aufnahme von alternativen Sanitärsystemen in die Lehrpläne relevanter Studiengänge ist eine extrem wichtige Aufgabe. Aber auch die Information und Schulung von Sanitätsexperten und Entscheidungsträgern sowie die Schaffung eines Netzwerkes, das die für Lima, Peru und Lateinamerika relativ neue Technologie fördert, erscheint sehr wichtig. Fortbildungsprogramme, (Internationale) Konferenzen und Expertentreffen wie die in Brasilien für 2007 geplante Veranstaltung „Internationale Konferenz Ecosan - Wasser und Ernährungssicherung für Lateinamerika“ können dabei helfen (EcosanLAC 2007).

Aber vor allem müssen die potentiellen Nutzer über die Möglichkeiten von Ecosan-Systemen aufgeklärt werden, damit sie sich informiert für ein System entscheiden können. Erfolgreich umgesetzte Demonstrationsprojekte können eine wichtige Rolle dabei spielen, die Systeme bekannt zu machen, Vorurteile abzubauen, die potentiellen Nutzer und Förderer von den Vorteilen zu überzeugen und kulturelle Vorbehalte abzubauen. Selbst die nur eingeschränkt funktionierenden Projekte in Lima haben das Interesse der Nachbarn geweckt. Jedoch haben die beschriebenen Probleme, wie zu hohe Kosten und fehlende Unterstützung, oft die weitere Verbreitung verhindert. Eine interessante Möglichkeit der Verbreitung der Information ist die

Installation von Ökotoiletten in Schulen. Kinder haben deutlich weniger Vorbehalte gegenüber neuen Technologien. Ausreichend Schulung der Kinder und ein Konzept zum Betrieb der Ökotoilette (Sauberhaltung, Nutzung der Produkte) vorausgesetzt, können die Kinder dadurch zu Multiplikatoren dieser Systeme werden. Das bereits erwähnte Kompostmodell der Firma EcoAlke (Vgl. Kapitel 6.2.3) hat mit Schulen in Lima bereits interessante Projekte zur Begrünung entwickelt die als Multiplikatoren wirkten. Andere Beispiele dafür gibt es etwa in Singapur (Happy Toilet Program) und in Cuenca, Ecuador (Vgl. Abb. 6-6) (persönliche Mitteilung: Kumar, World Toilet Organisation 10.08.2006).



**Abb. 6-6: Ökotoilette und „Nutzer“ in einer Schule in der Siedlung Buenos Aires, Cuenca (Ecuador)**

Die Finanzierung kann durch Stimulierung von Angebot und Nachfrage, (gerechte) Subventionen, eine Tarifstruktur, welche nachhaltige Technologien bevorzugt, und Finanzinstrumente, die an die Zahlungsmöglichkeiten der Bewohner der AHs angepasst sind, realisiert werden.

### **6.5.3 Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Ökotoiletten**

Die Untersuchung der allgemeinen Wasser- und Sanitärsituation Limas, der Ecosan-Systeme in Lima und die Interviews mit verschiedenen Stakeholdern haben gezeigt, dass die Systeme der Trockentoiletten prinzipiell ein großes Potential gerade für die Lösung der dringendsten Sanitärprobleme des ärmsten Teils der Bevölkerung aufweisen. Die Rahmenbedingungen für eine massive Verbreitung sind jedoch nicht optimal, und die Schwächen des Systems lassen es an vielen Standorten derzeit als nicht realisierbar erscheinen.

Im Folgenden werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken bzgl. der Realisierung von Ökotoiletten in den AHs von Lima zusammengefasst.

**Tabelle 6-2: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) für die Umsetzung von Ökotoiletten-Ecosan-Systemen in den Marginalsiedlungen Limas (eigene Erarbeitung)**

<b>Stärken</b>
<p>Kostengünstige adäquate Sanitärversorgung</p> <p>Flexibel und dezentral einsetzbar, weitgehend unabhängig von topographischen Bedingungen</p> <p>Einsparung von kostbarem Trinkwasser</p> <p>Wiedernutzung von Wasser und Nährstoffen</p> <p>Vermeidung der Kontamination der Umwelt</p> <p>Förderung der lokalen Wirtschaft (Nutzung lokaler Materialien, Herstellung durch lokale Handwerker, Betrieb und Wartung durch lokale angelernte Kräfte möglich)</p> <p>Relativ hohe Nutzerzufriedenheit (nach ausreichender Sensibilisierung und Schulung)</p> <p>Gut in urbanes Umfeld integrierbar (Toilette auch im Haus mögl., Bodenfilter als urbane Grünfläche)</p>
<b>Schwächen</b>
<p>Geringerer Komfort und Akzeptanz im Vergleich zum WC</p> <p>Benötigt ausreichend Fläche</p> <p>Notwendigkeit eines Betreibermodells</p> <p>Gegenwärtig noch relativ hohe Kosten für Nutzer (Investition, Trockenmaterial, Wartung)</p> <p>Intensive Sensibilisierung, Bewusstseinsbildung und Schulung der Nutzer notwendig</p> <p>Nationale Gesetze noch nicht an diese Technologie angepasst</p>
<b>Chancen</b>
<p>Hoher Bedarf an kostengünstiger adäquater Sanitärversorgung</p> <p>Hoher und wachsender Bedarf an wassersparenden Technologien</p> <p>Wachsender Bedarf und steigende Preise für Dünger</p> <p>Politischer Wille zur Nutzung alternativer Technologien und zur nachhaltigen Entwicklung</p> <p>Verfügbarkeit von Finanzmitteln für Wasser- und Sanitärsysteme durch günstige wirtschaftliche Entwicklung Perus und Zugang zu internationalen Krediten</p> <p>Notwendigkeit der Anpassung des Trinkwassertarifs</p> <p>Hoher Bedarf an urbanen Grünflächen</p> <p>Geringe Vorbehalte bzgl. der Nutzung der Fäkalien als Dünger</p> <p>Erfahrungen mit Ecosan-Systemen in Lima</p>
<b>Risiken</b>
<p>Starke Lobby konventioneller Sanitärtechnik</p> <p>Geringe staatliche, politische Unterstützung</p> <p>Keine Unterstützung durch Sedapal</p> <p>Geringe Zahlungsfähigkeit der Menschen in den AHs</p> <p>Unstabile politische Strukturen und häufiger Wechsel von Personal und Entscheidungsträgern</p> <p>Wird i.d.R. als Übergangslösung gesehen</p> <p>Geringes Know-How insbesondere bei Technikern und Entscheidungsträgern</p> <p>Geringer Bekanntheitsgrad der Systeme</p> <p>Noch nicht ausgereifte Technologie</p> <p>Schlecht durchgeführte Ecosan-Projekte hinterlassen „verbrannte Erde“</p>

## 7 Schlussfolgerungen

Ziel der Diplomarbeit war es, am Beispiel der Metropole Lima zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen ecosan-Systeme, im Speziellen Ecosan-Trockentoilettensysteme, eine nachhaltige Lösung für die Sanitärprobleme in Marginalvierteln lateinamerikanischer Großstädte darstellen können. Hierzu wurde nach einer allgemeinen Grundlagenerhebung eine Analyse und Systematisierung aller verfügbaren Daten zu den bisher in Lima installierten Sanitärlösungen vorgenommen, die den Grundgedanken von Ecosan entsprechen. Dies schloss den Besuch jedes Projektstandortes ebenso ein, wie Nutzerbefragungen, Experteninterviews mit Stakeholdern, Teilnahme an relevanten Veranstaltungen und Projekttreffen sowie ergänzenden Literaturanalysen.

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Wasser- und Sanitärkrise Limas eines der größten Probleme für die zukünftige Entwicklung der Stadt darstellt und schon heute Dimensionen erreicht hat, die dringendes Handeln notwendig machen (Vgl. Kapitel 4.2). Anhaltendes Bevölkerungswachstum wird Lima bald zu einer Megastadt mit über 10 Millionen Einwohnern anwachsen lassen, für deren Versorgung definitiv nicht ausreichend Trinkwasser zur Verfügung stehen wird, sollte sich der Umgang mit der Ressource Wasser nicht entscheidend verändern.

Tatsächlich stellt die im globalen Maßstab bereits zu beobachtende zunehmende Verknappung der Ressource Wasser gerade für die Entwicklung einer Wüstenstadt wie Lima bereits heute eine existenzieller Bedrohung dar und birgt ein großes Vulnerabilitätspotential (Vgl. Kapitel 4.2). Die derzeitige öffentliche Trinkwasserversorgung durch Sedapal von ca. 6,8 Mio. Einwohnern ist bereits von Wasserengpässen gekennzeichnet (durchschnittliche Versorgungsdauer 18 Stunden), die allerdings auch durch technische Ursachen bedingt ist (z.B. Verluste durch marodes Leitungssystem von über 40%). Mit wachsender Bevölkerung und steigendem Wohlstand bzw. fortschreitender Entwicklung wird jedoch auch der Bedarf an (Trink-)wasser steigen.

Die Tatsache, dass sich ein Großteil des Wachstums auf marginale Standorte in immer weiter abgelegenen Stadtrandgebieten konzentriert, erschwert eine weitere Erschließung mit sanitären Einrichtungen erheblich. Das aktuelle und zukünftige Versorgungsdefizit bei Wasser- und Sanitäreinrichtungen konzentriert sich vor allem auf topographisch schwieriges Gelände und/oder Standorte in großer Entfernung vom existierenden Leitungsnetz (Vgl. Kapitel 4.1). Diese Gebiete sind zudem besonders von sozialen Problemen wie Arbeitslosigkeit, Armut, Bildungsmangel und unzureichende medizinische Versorgung betroffen.

Die Studie zeigt, dass gegenwärtig bereits 1,3 Mio. Menschen in Lima nicht mit konventioneller Sanitärtechnik versorgt werden können. Das Ziel, die Versorgung bis 2015 für nahezu die gesamte Bevölkerung sicherzustellen und eine vollständige Reinigung des Abwassers zu erreichen (MVCS 2006), erscheint unter den gegebenen Rahmenbedingungen mit konventioneller Sanitärtechnik kaum erreichbar.

Obwohl es offensichtlich ist, dass konventionelle Sanitärsysteme gerade für die Marginalsiedlungen in Lima in vielen Fällen keine angepasste und schon gar keine nachhaltige Lösung (nach SEI 2005) darstellen (Vgl. Kapitel 5.3), wurde bei der Identifikation alternativer Sanitärsysteme deutlich, dass bisher nur sehr wenige Versuche unternommen wurden, dezentrale oder gar alternative Sanitärsysteme umzusetzen, welche der Ecosan-Idee (Vgl. Kapitel 3.2) zumindest teilweise entsprechen (Vgl. Kapitel 5.1. und Kapitel 5.4). Die Mehrzahl dieser Ansätze beruht auf privaten Initiativen bzw. Initiativen von NGOs, während die staatlichen Behörden sehr bürokratisch arbeiten, häufig starren Richtlinien folgen und für neue Ansätze i.d.R. wenig offen sind.

Obwohl die der Ecosan-Idee am weitestgehend entsprechenden und in der Studie vertieft untersuchten Trockentoiletten-Systeme bisher in Lima kaum Verbreitung gefunden haben und ihr Einfluss auf die Sanitärsituation unsignifikant ist, konnte gezeigt werden, dass sie neben anderen Ecosan-Lösungen ein großes Potential für die Marginalsiedlungen von Lima besitzen. Langfristig und vor allem im Gesamtzusammenhang der zukünftigen Stadtentwicklung betrachtet, stellen sie vielleicht sogar die einzige sinnvolle bzw. einzig mögliche Lösung, zumindest für viele der Problemgebiete von Lima Metropolitana dar.

Allerdings hat die Studie auch gezeigt, dass es große Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung des Ecosan-Konzepts gibt. Alle installierten Systeme weisen mäßige bis schwerwiegende Probleme auf, die in nicht wenigen Fällen sogar zur vollständigen Nutzungsaufgabe führten. Diese Probleme sind aber weniger auf das Ecosan-Konzept selbst zurückzuführen, sondern finden ihre Ursachen in einer Vielzahl von Fehlern bei der Durchführung der Projekte. Folgende Hauptursachen wurden herausgearbeitet: fehlende bzw. unzureichende Einbeziehung und/ oder Partizipation der Nutzer, Mängel bei der technischen Ausführung der Installationen und allgemeine Rahmenbedingungen, die konventionelle Sanitärsysteme bevorzugen. Am wichtigsten erwies sich jedoch das in fast allen Fällen mangelhafte Betriebskonzept (Vgl. Kapitel 5.3).

Die Bevorzugung eines Spülklosetts durch die Nutzer (Vgl. Kapitel 5.3.1) stellt in den Befragungen zwar scheinbar den entscheidenden Grund für die Aufgabe der Nutzung der Ökotoiletten dar, jedoch ist dies nur die Konsequenz aus den oben aufgeführten Problemen. Solange Trockentoiletten nicht richtig funktionieren, die Bewohner der AHs mit deren Bewirtschaftung und der Entsorgung der Produkte allein gelassen werden und auch finanziell nicht profitieren (z.B. Kosteneinsparung durch geringeren Wasserverbrauch bei hohen Wassertarifen), haftet ihnen das Stigma der „primitiven“ Notlösung an, und ihr Einsatz limitiert sich konsequenterweise auf Zonen ohne alternative Versorgung, d.h. Gebiete, welche nicht an das öffentliche Kanalnetz angeschlossen werden können.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass der korrekte Betrieb und die Wartung der Systeme sowie die Nutzung der Ecosan-Produkte einige der Hauptprobleme für die langfristige Funktionalität der Systeme darstellen und es unbedingt eines an den urbanen Lebensstil der

Bewohner angepasstes Betriebskonzeptes bedarf, welches den Nutzer von der Verantwortung für einen Teil des Systems entlastet (Vgl. Kap. 6.2) und die Nutzung Ecosan-Produkte erleichtert.

Für eine signifikante Verbreitung von Ecosan-Systemen in Lima müssen sich aber auch übergeordnete Rahmenbedingungen ändern. Gerechte Subventionen, an die Bedürfnisse der Menschen angepasste Finanzierungsmechanismen (Vgl. Kapitel 6.3) sowie Unterstützung insbesondere durch Forschungseinrichtungen, die Politik und durch öffentlichen Institutionen wie z.B. durch Sedapal, MVCS und die Munizipien wären wünschenswert. Nicht zuletzt erwies sich das mangelhafte bzw. fehlende Wissen über Ecosan bei Ingenieuren, Entscheidungsträgern und potentiellen Nutzern als ein weiterer wichtiger Grund für fehlgeschlagene Projekte und vor allem als entscheidendes Hemmnis für die weitere Verbreitung von Ecosan-Systemen. Bildungs- und Forschungseinrichtungen sind hier in der Pflicht und Öffentlichkeitsarbeit wäre notwendig (Vgl. Kapitel 6.5.2).

Die Dringlichkeit des Wasser- und Sanitärproblems in Lima macht es allerdings notwendig, nachhaltige Sanitärlösungen möglichst schnell zu verbreiten. Die Studie zeigt, dass trotz der in Lima aufgetretenen Probleme Ecosan gerade für die Marginalsiedlungen Limas und wahrscheinlich auch für viele andere Städte in Lateinamerika und der Welt mit ähnlichen Problemen ein nachhaltiges Konzept darstellt. Unter Beachtung der in dieser Studie gegebenen Vorschläge und Hinweise könnte es möglich sein, mit Ecosan-Systemen einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Wasser- und Sanitärprobleme gerade der benachteiligten Bevölkerungsgruppen zu leisten, die Umwelt zu schützen, neue lokale Arbeitsplätze zu schaffen und die lokale Wirtschaft zu stärken. Damit würden die Lebensbedingungen der Menschen verbessert und soziale Gerechtigkeit gefördert. (Vgl. Kapitel 6.2.3). Weiterhin könnten wertvolle Ressourcen geschont werden (Vgl. Kapitel 3.2.2) und für zukünftige Generationen erhalten bleiben. Letztendlich wäre dies ein lokaler Beitrag zur globalen nachhaltigen Entwicklung.

Ob Ecosan-Konzepte letztendlich in der Realität urbaner Marginalsiedlungen Limas und Lateinamerikas tatsächlich als nachhaltige Sanitärsysteme umgesetzt werden, wird von sehr vielen äußeren Faktoren abhängen, welche neben den technischen vor allem politische, soziale, ökonomische und physisch-geographische Aspekte des Landes bzw. der Region betreffen.

Die Studie zeigt, dass das Potential für Ecosan gerade in Lima sehr groß ist, und die Erfolgsaussichten für ein Ecosan-Programm oder ein großes, gut geplantes Pilotprojekt in einem Stadtteil Limas positiv zu bewerten sind. Besonders wichtig wäre es dabei, eine genügend große Anzahl an Haushalten z.B. in den AHs mit Ecosan-Systemen auszustatten, zum einen um eine kritische Masse an Nutzern zu versammeln, die z.B. die Gründung einer Mikro-Betreiberfirma ermöglicht, sowie Schulungen und Erfahrungsaustausch wirtschaftlicher werden lässt, und zum anderen, um einen signifikanten Einfluss auf die Wasser- und Sanitärsituation von Lima ausüben zu können, verallgemeinerbare Erfahrungen in größerem Maßstab mit Ecosan im urbanen Raum zu sammeln, Skeptiker von den Vorteilen von Ecosan zu überzeugen und letztendlich, um ein Modell in der Hand zu haben, welches flexibel auf

andere Stadtteile Limas, andere Städte Perus oder sogar Lateinamerikas übertragen werden könnte.

Es bleibt zu hoffen, dass sich Entscheidungsträger finden, die den Mut haben sich für gute Ideen und Konzepte einzusetzen und dass die Potentiale und sich bietenden Chancen nicht ungenutzt bleiben.

## Literatur

- Alegre, M. et. al. (2002):** *El Medio Ambiente en el Perú, Año 2001*. Instituto Cuánto, Lima, Peru.
- Alternativa (2003):** *Agua y salud en Nuevo Pachacutec: Sistematización de una experiencia*. Centro de investigación social y educación popular. Alternativa, Lima, Peru.
- Belaunde, D. G. (2007):** *La descentralización en el Perú actual - Antecedentes, desarrollo y perspectivas*. URL: <http://www.bibliojuridica.org/libros/4/1640/19.pdf> (Abruf am 02.02.2007).
- BMZ (2007):** *Millenniumentwicklungsziele – Zahlen und Fakten – MDG 7*. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. URL: <http://www.bmz.de/de/zahlen/millenniumsentwicklungsziele/mdg7.html> (Abruf am 01.12.2007).
- Salazar Barrantes, J. E. (2006):** *Agua para todos: Enfoque conceptual*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Peru.
- Borghetto, E. E. (2006):** *Wasserknappheit in Lima: Notwendigkeit eines Integrierten und Nachhaltigen Managements der Wasserressource*. Diplomarbeit an der Fakultät 4 – Energie- und Recycling-Management an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Deutschland.
- Calizaya Luna, J. C. (2001):** *Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos*. In: Experiencias alternativas de saneamiento rural y periurbano en Latinoamérica. S. 29-38, Cenca und Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- Calizaya Luna, J. C. (2005):** *The integrated micro system of alternative sanitation ECODESS, a tool for ecological sanitation management in Lima, Peru*. In: Ecological sanitation: a sustainable, integrated solution – Conference Documentation 3<sup>rd</sup> International Ecological Sanitation Conference, S. 343-349, Durban, Südafrika.
- Cenca (2002):** *Propuesta innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos – Documento de Sistematización*. Programa APGEP-SENREM, Convenio USAID-CONAM, Lima, Peru.

- CIA (2007):** *CIA – The World Factbook – Peru*. Central Intelligence Agency. URL: <https://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/pe.html> (Abruf am 26.01.2007).
- CONAM et al. (2005):** *GEO Lima y Callao – Perspectivas del medio ambiente urbano*. Consejo Nacional del Ambiente, Lima, Peru.
- Cordero, Y. (2005):** *Various Aspects of Ecological Sanitation in El Salvador and several countries in Latin American*. In: *Ecological sanitation: a sustainable, integrated solution – Conference Documentation 3<sup>rd</sup> International Ecological Sanitation Conference*, S. 25-31, Durban, Südafrika.
- COSUDE, WSP (2006):** *Soluciones no convencionales para las zonas periurbanas*. In: *El saneamiento como negocio. Enfoques para políticas basadas en la demanda*. S. 30-33. Cooperación Suiza de Desarrollo und Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- FOVELIC (2007a):** *Estatutos. Federación de Organizaciones Vecinales de Lima y Callao*. Federación de Organizaciones Vecinales de Lima y Callao, Lima, Peru.
- FOVELIC (2007b):** *Saludamos a todos pueblos participantes del I congreso metropolitano de fovelic*. In: *Mundo Popular*, Januar 2007, Nr. 2., S. 1. Federación de Organizaciones Vecinales de Lima y Callao, Lima, Peru.
- Garau, P. et al (2005):** *A home in the city – Achieving the Millennium Development Goals*. The UN Millennium Project, Earthscan Publications, London, Sterling VA, UK, USA.
- GTZ (2007a):** *GTZ - Ecosan – Ecological Sanitation*. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. URL: <http://www2.gtz.de/Ecosan/> (Abruf am 10.01.2007).
- GTZ (2007b):** *GTZ-Themen Wasser - Ecosan - ecological sanitation*. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. URL: <http://www.gtz.de/de/themen/umweltinfrastruktur/wasser/8524.htm> (Abruf am 12.01.2007).
- GTZ (2007c):** *Ecosan-newsletter Nr.12, 5/2004, deutsch*. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. URL: <http://www.gtz.de/Ecosan/download/nl12dt.pdf> (Abruf am 26.02.2007).
- EcosanLAC (2007):** *Saneamiento Sustentable - Conferencia Internacional "Agua y Seguridad Alimentaria para América Latina"*. Saneamiento Ecológico en Latinoamérica y Caribe. URL: <http://www.ecosanlac.org/> (Abruf am 10.06.2007)

- Heeb, J. et al. (2006):** *Ecosan Examples from around the world*. EcoSan Curriculum. URL: <http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/cb/en-m-5-ecosan-case-studies-2006.pdf> (Abruf am 01.10.2006).
- Hordijk, M. (2000):** *Of Dreams and Deeds – The role of local initiatives for community based environmental management in Lima, Peru*. Thela Thesis, Amsterdam, Holland.
- IDRC (2007):** *Integral System for Recycling Organic Waste (Mexico)*. International Development Research Centre. URL: [http://www.idrc.ca/en/ev-4314-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/en/ev-4314-201-1-DO_TOPIC.html) (Abruf am 12.03.2007).
- IMP (2007):** *Atlas Ambiental de Lima 2006*. Instituto Metropolitano de Planificación, Lima, Peru.
- INEI (2007a):** *Perú en cifras*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. URL: <http://www.inei.gob.pe/home1.asp> (Abruf am 02.02.2007).
- INEI (2007b):** *Censos Nacionales 2005*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. URL: <http://www.inei.gob.pe/home1.asp> (Abruf am 02.02.2007).
- IPS (2007):** *Proyectos de agua y saneamiento en Perú*. URL: <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=38780>. [http://www.jbic.org.pe/proyectos\\_ultramar\\_01.html](http://www.jbic.org.pe/proyectos_ultramar_01.html) (Abruf am 12.01.2007).
- Jackson, B., Knapp, A. (2005):** *Lessons from a Multi-Country Review of Ecosan Experience in East and Southern Africa*. In: Ecological sanitation: a sustainable, integrated solution – Conference Documentation 3<sup>rd</sup> International Ecological Sanitation Conference. S. 95-101, Durban, Südafrika.
- Jenssen, P., et al. (2006):** *Closing the loop between Sanitation and Agriculture*. EcoSan Curriculum. URL: [www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/cb/en-m22-closing-the-loop-lecture-2006.pdf](http://www2.gtz.de/dokumente/oe44/ecosan/cb/en-m22-closing-the-loop-lecture-2006.pdf) (Abruf am 01.10.2006).
- Lampoglia, T. (2004):** *Experiencias en la Aplicación de Sistemas Condominiales de Alcantarillado Sanitario*. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit / PROAGUA, Lima, Peru.
- LiWa (2007):** *Lima Water – Wasser und Abwasser in Megastädten von morgen - Konzepte für Lima Metropolitana (Perú)*. Lima Water. URL: <http://www.lima-water.de/> (Abruf am 28.12.2006).

- Mack, P. (2006):** *Assessment of Appropriate Sanitation Technologies in a Development Context. Case Study Tangkae, Timor-Leste.* Bachelorarbeit an der School of Environmental Systems Engineering, The University of Western Australia, Perth, Australien.
- Medilanski, E., et al. (2006):** *Wastewater management in Kunming, China - a stakeholder perspective on measures at the source.* In: Environment and Urbanization, Band 18, Nr. 2, S. 353-368, London, UK.
- Mukherjee, N, van Wijk, C. (2003):** *Sustainability, Planning and Monitoring in Community Water Supply and Sanitation. - A Guide on the Methodology for Participatory Assessment (MPA) for Community-Driven Development Programs.* International Water and Sanitation Centre, Delft, Holland.
- Müller, F.-A. (2006):** *Taking Care of Water - Rural Water Supply Schemes in Northern and Eastern Ethiopia.* Master-Arbeit am Institut für Geographie, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.
- MVCS (2006):** *Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 – “Agua es Vida”.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Peru.
- Neder, K.D. (2003):** *Guía de Implantación de la Teconolgia Condominial por una Empresa de Saneamiento – Sistema Alternativo de Bajo Costo de Alcantarillado Sanitario.* Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit / PROAGUA, Lima, Peru.
- Ordoñez, J. J., Héctor, V. A. (2006):** *La crisis del agua.* In: Agua – Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento, Water and Sanitation Program, Nr. 21, S. 36-40, Lima, Peru.
- Peasey, A. (2000):** *Health Aspects of Dry Sanitation with Waste Reuse.* London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, UK.
- Petters, D. J., et al. (2006):** *Ecological Sanitation and Reuse of Wastewater – A Thinkpiece on Ecological Sanitation.* The Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norwegen.
- PWC (2007):** *Highlights of Peru – A wrap-up of 2005 and a forecast for 2006.* PriceWaterHouseCoopers.  
 URL: [http://www.pwc.com/pe/spa/pdf/highlights\\_peru\\_2005.pdf](http://www.pwc.com/pe/spa/pdf/highlights_peru_2005.pdf) (Abruf am 28.04.2007).
- Rotoplas (2007):** *Sistema Fosaplas autolimpiable - Guia de instalación y mantenimiento.* Rotoplas S.C. URL: <http://www.tuboplus.com/rotoplas07/guias/fosa.pdf> (Abruf am 03.03.2007).

- Sawyer, R., et al. (2003):** *Recommendations for decision-making on basic sanitation and municipal wastewater services in Latin America and the Caribbean.* United Nations Environmental Program - Regional Office for Latin America and the Caribbean, Mexiko Stadt, Mexiko.
- Sedapal (1998):** *Plan Maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado de Lima y Callao – Resumen Ejecutivo.* Band 1. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, Lima, Peru.
- Sedapal (2007a):** *Plan Estratégico Institucional 2004 – 2008.* Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. URL: <http://www.sedapal.com.pe/contenido/00008158.pdf> (Abruf am 10.02.2007).
- Sedapal (2007b):** *Plan Operativo 2006.* Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. URL: <http://ofi.mef.gob.pe/fonafe/wfPlanOpe.aspx?strEntidad=015> (Abruf am 10.02.2007).
- Sedapal (2007c):** *Estructura Tarifaria.* Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. URL: [http://www.sedapal.com.pe/servicios/tarifa\\_agua.pdf](http://www.sedapal.com.pe/servicios/tarifa_agua.pdf) (Abruf am 16.02.2007).
- SEI (2005):** *Sustainable Pathways to Attain the Millennium Development Goals - Assessing the Role of Water, Energy and Sanitation.* Stockholm Environment Institute, Stockholm, Schweden.
- Shapira, G.-L., Ivarez, S. (2006):** *Evaluación de dos Proyectos implementados en una zona peri-urbana de Lima. El Caso de Nievería, Huachipa.* Polytechnische Universität Zürich, Zürich, Schweiz.
- Smith, R. S. (2002):** *Sanitation - Controlling problems at source.* World Health Organisation, Genf, Schweiz.
- Snel, M., Smet, J. (2006):** *The Value of Environmental Sanitation – Case studies.* International Sanitation Centre. Delft, Holland.
- Tokeshi, J. (2007):** *¿Como debe crecer Lima? Una apuesta por la densificación habitacional. – Los barrios populares miran el cielo de la ciudad.* Primera Consulta Ambiental Urbana de Lima y Callao, Lima, Peru.
- UN-DESA (2006):** *World Urbanisation Prospects - The 2005 Revision.* United Nations – Department of Economic and Social Affairs United Nations Publication, New York NY, USA.

**UNDP (2006):** *Human Development Report 2006 - Beyond scarcity - Power, poverty and the global water crisis*. United Nations Development Programme, New York NY, USA.

**UNESCO-IHP; GTZ (2006):** *Capacity building for ecological sanitation - concepts for ecologically sustainable sanitation in formal and continuing education*. International Hydrological Programme of the United Nations Education, Scientific and Cultural Organisation und Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Paris, Eschborn, Frankreich, Deutschland.

**UNESCO-WWAP (2006):** *Water, a shared responsibility - The 2<sup>nd</sup> UN World Water Development Report 2*. World Water Assessment Programme of the United Nations Education, Scientific and Cultural Organisation, Berghahn Books, New York NY, USA.

**UNICEF (2007):** *Unicef statistics – Sanitation*. United Nations International Children's Emergency Fund. URL: <http://www.childinfo.org/areas/sanitation/status.php> (Abruf am 12.02.2007).

**UN-Habitat (2003):** *The Challenge of Slums - Global Report on Human Settlements 2003*. United Nations Human Settlement Programme, Earthscan Publications. London, UK.

**Vasquez, M.R. et al. (2006):** *Sistematización de las Experiencias Construcción y Operación del ECORRIEGO: Tratamiento Natural de Aguas Residuales A.H. Oasis, Grupo 3 Villa el Salvador*. Asociación Ecociudad, Lima, Peru.

**WBCSD (2005):** *Water Facts and Trends - Water*. World Business Council for Sustainable Development.  
URL: [http://www.wbcd.ch/web/publications/Water\\_facts\\_and\\_trends.pdf](http://www.wbcd.ch/web/publications/Water_facts_and_trends.pdf) (Abruf am 18.02.2007).

**WCED (1987):** *Our Common Future („Brundtland Report“)*. World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, UK.

**WHO (2004):** *Water, Sanitation and Hygiene Links to Health Facts and Figures - \*updated March 2004*. World Health Organisation.  
URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/factsfigures04.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/en/factsfigures04.pdf) (Abruf am 04.03.2007).

**WHO (2006a):** *WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1 – Policy and Regulatory Aspects*. World Health Organization, Genf, Schweiz.

- WHO (2006b):** *WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4 – Excreta and Greywater use in agriculture.* World Health Organization, Genf, Schweiz.
- Winblad (1998):** *Ecological Sanitation.* Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Schweden.
- Winblad et al. (2004):** *Ecological Sanitation – Revised and Enlarged Edition.* Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Schweden.
- WSP (2004a):** *Prácticas de higiene de la población periurbana de Lima Metropolitana – Percepciones desde las familias.* Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- WSP (2004b):** *Tecnologías alternativas para la provisión de servicios de agua y saneamiento en pequeñas localidades.* Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- WSP (2006a):** *Agua para las zonas periurbanas de Lima Metropolitana – Lecciones aprendidas y recomendaciones.* Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- WSP (2006b):** *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.* Water and Sanitation Program, Tegucigalpa, Honduras.
- WSP, Cenca, UNEP (2006):** *Saneamiento Ecológico – Lecciones aprendidas en zonas periurbanas de Lima.* Water and Sanitation Program, Lima, Peru.
- Zimbelmann, M. (2006):** *2<sup>nd</sup> International Dry Toilet Conference – Tagungsbericht.* In: Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis Nr. 3, 15 Jg., S. 108-112, Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland.

# Anhänge

## Anhang 1: Landkarte Peru mit Flächenverteilung



Quelle: Inrena ([http://www.inrena.gob.pe/biblioteca/data\\_de\\_biblioteca/docs/mapas\\_peru\\_ambiental/biblidigital\\_0101.htm](http://www.inrena.gob.pe/biblioteca/data_de_biblioteca/docs/mapas_peru_ambiental/biblidigital_0101.htm), Abruf am 07.08.2007)

## *Anhang 2: Durchgeführte Interviews mit Schlüsselinformanten*

<b>Datum</b>	<b>Interviewpartner</b>	<b>Position und Institution</b>
12.10.2007	Juan Carlos Calizaya	Leiter des Programms AguaEcosan Peru, Cenca
12.12.2006	Anita Arrascue Lino	Mitarbeiterin im Programm AguaEcosan Peru, Cenca
10.01.2007	Carmen Felipe-Morales B.	Geschäftsführerin von Ökofarm "Bioagricultura Casa Blanca"
12.01.2007	Luis Cortez Leandro	Direktor der NRO Ecociudad, Ecociudad
14.01.2007	Eduardo Gomez	Führer der Nachbarschaftsorganisation "Asociación de Vivienda Los Topacios" im AH Nievería
17.01.2007	Liliana Miranda	Direktorin des Forums Foro Ciudades para la Vida
22.01.2007	Martin Gauss	Sanitärexperte, Water and Sanitation Programm der Weltbank – Lateinamerika und Karibik
22.01.2007	Carlos Stoll Arias	Berater bei der GTZ, Projekt PROAGUA
23.01.2007	Ana María Acevedo Tovar	Direktorin des Programms Salud para el Desarrollo Local, FOVIDA
24.01.2007	Ana Karina Huamán C.	Sachverständige für Wasser- und Sanitärprojekte, CESAL
25.01.2007	Jorge Sulem Chu Jon, Cecilia Villa García	Ministerium für Wohnen, Bau und Sanitärversorgung, Abteilung Sanitärversorgung
29.01.2007	Oswaldo Cáceres Loyola	Experte für Wasser- und Sanitärversorgung, Alternativa
30.01.2007	Francisco Felipe Cantuarias Landa	Manager Abteilung „Proyectos y Obras“, Sepapal
30.01.2007	Josué Céspedes Alarcón	Manager der Abteilung Spezialprojekte, Sedapal
31.01.2007	Jaime Salcedo	Manager des Projektes PAC, Sedapal
05.02.2007	Luis Valencia	Technischer Berater, OPS/SDE/CEPIS – COSUDE
15.02.2007	Roger Agüero Pittman	Koordinator des Programms Agua y Saneamiento, SER
23.02.2007	Verónica Rondón Rodrigues	Koordinatorin im Bereich Stadtentwicklung und Umwelt, Asociación Aynimundo
26.02.2007	Samuel Yañez Torres	Direktor von CIDAP, Experte zum Thema urbane Armut und Entwicklung, CIDAP
02.03.2007	Sara Edith Silupú Alvarado	Projektsupervisor, Adventist Development and Relief Agency
05.03.2007	Gina Chambi Echegaray	Abteilung Studien und Projekte, Instituto Metropolitano de Planificación

***Anhang 3: Durchgeführte Nutzerbefragungen und Gruppendiskussionen***

<b>Datum</b>	<b>Forschungsmethode</b>	<b>Projektstandort</b>
14.01.2007	Gruppendiskussion	Nievería
21. und 28.01.2007	standartisierte Interviews	Nievería
11. und 18.02. 2007	standartisierte Interviews	Nueva Pachacutec
21.02.2007	Gruppendiskussion	Húascar
25.02. und 04.03. 2007	standartisierte Interviews	Húascar

## Anhang 4: Fragebögen der Nutzerbefragungen

### Encuesta –Baños Ecológicos

Entrevistador:	Código de la encuesta: _____
Fecha: _____	Hora (desde): _____
Ubicación (Distrito, AA.HH., Zona, Manzana, Lote): _____	

#### DATOS SOCIALES

S1	¿Cuántos personas habiten la vivienda y que edad tienen?	Menores de 5 año	
		5 años y mayores	
S2	Lugar de procedencia	<input type="checkbox"/> Lima → distrito _____ <input type="checkbox"/> otro: _____ (provincia)	
S3	Tiempo que reside en Lima	_____ (años)	
S4	¿Hace cuando tiempo ud. vive en este lote?	_____ (año)	
S5	¿Su vivienda es?	<input type="checkbox"/> Alquilada <input type="checkbox"/> Propia, pagándola a plazas <input type="checkbox"/> Propia por invasión <input type="checkbox"/> Propia, totalmente pagada <input type="checkbox"/> Otro _____	
S6	La vivienda esta ocupada?	<input type="checkbox"/> si , la gente viven alla <input type="checkbox"/> no, la vivienda sirve mas por todos para dormir <input type="checkbox"/> no, la casa es despoblado	
S7	A que trabajo uds. se dedican?	<input type="checkbox"/> comerciante <input type="checkbox"/> obrero <input type="checkbox"/> maestro <input type="checkbox"/> ama de casa <input type="checkbox"/> otro: _____	
S8	Comentarios:		

#### SISTEMA Baño Ecológico

	Uso del baño ecológico	
U1	Que significa para ud. tener un baño?	<input type="checkbox"/> salud <input type="checkbox"/> higiene <input type="checkbox"/> dignidad <input type="checkbox"/> status <input type="checkbox"/> otros: _____
U2	¿Cuáles fueron los motivos para que ud. decida tener un baño ecológico?	
U3	¿Ud. sabe como usar corecto el baño ecológico?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> mas o menos <input type="checkbox"/> no

U4	¿Ud. todavía usa el baño ecológico?	( ) Si ( ) No
U5	¿Ud. todavía usa el jardín? (solo en Nueva Pachacutec)	( ) Si ( ) No
U6	¿Ud. todavía crían conejos? (solo en Nueva Pachacutec)	( ) Si ( ) No
U7	¿Antes del baño ecológico, que usaban?	( ) Rio/canal/acequia ( ) Silo ( ) Letrina ( ) Campo abierto ( ) Otro: _____
U8	Comentarios:	

<b>Formacion del proyecto</b>		
F1	¿Como fue la colaboración con las ONG?	My mala <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muy buena
F2	¿Que opina de la capacitación sobre el uso y mantenimiento del baño ecológico que ha recibido?	My mala <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muy buena ( ) no recibí capacitación
F3	¿Usted han recibido una capacitación sobre la hiegiene de la parte de los ONG's?	My mala <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muy buena ( ) no recibí capacitación
F4	Comentarios:	

**Baño ecológico NO MAS EN USO → solo si baño ecológico no está mas en uso**

N1	¿Que tipo del baño uds. usan ahora?	( ) arrastre hidráulico conectado con _____ ( ) Letrina ( ) Silo ( ) No tiene bano ( ) otro: _____
N2	¿Donde van las aguas de la ducha y cocina?	( ) en el baño ( ) calle ( ) Otro: _____ ( ) jardín → ( ) con ( ) sin fitotratamiento
N3	¿Hace cuando tiempo ud. no usa el baño ecológico?	Hace _____ meses ( ) nunca han usado
N4	Que aspectos del baño ecológico <b>gustaban</b> a ud.?	
N5	Que aspectos del baño ecológico <b>no gustaban</b> a ud.?	

N6	¿El baño ecológico presentaba malos olores?	<input type="checkbox"/> nunca <input type="checkbox"/> a veces <input type="checkbox"/> siempre
N7	¿Cuales fueran los motivos para no usar/para abandonar el baño ecológico?	<input type="checkbox"/> olores <input type="checkbox"/> aspectos del mantenimiento <input type="checkbox"/> confort <input type="checkbox"/> vergüenza/visitantes <input type="checkbox"/> costos <input type="checkbox"/> inconvenientes de usar Otro: _____
N8	¿Han intentado solucionar los problemas que habían?	
N9	Para que usan la caseta del baño ahora?	<input type="checkbox"/> baño <input type="checkbox"/> bodega <input type="checkbox"/> han destruido <input type="checkbox"/> otro _____
N10	¿Usted siente una diferencia entre el tiempo con el baño ecológico y el sistema que usan ahora?	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si → <input type="checkbox"/> olores <input type="checkbox"/> enfermedades <input type="checkbox"/> costos <input type="checkbox"/> tiempo usado para el mantenimiento <input type="checkbox"/> otros _____ Explique: peor / mejor
N11	¿Que han hecho con el "compost" del baño?	<input type="checkbox"/> utilizaba como fertilizante <input type="checkbox"/> enterrar <input type="checkbox"/> botar al monte <input type="checkbox"/> regalar a otra gente <input type="checkbox"/> otra: _____
N12	Cree usted que el sistema que usan ahora es más útil que el baño ecológico?	De ningun modo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absolutamente
N13	El mantenimiento era fácil por usted?	De ningun modo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absolutamente
N14	¿Cuanto gastaban al mes para el material secante?	S./ _____
N15	¿Usted cree que los costos de mantenimiento mensual eran adecuados?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> mas o menos <input type="checkbox"/> no
N16	¿Quien hace el mantenimiento?	<input type="checkbox"/> la misma familia <input type="checkbox"/> alguien pagado
N17	Cree usted que el baño ecológico era útil?	De ningun modo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absolutamente
N18	Si pueden regresar al baño ecológico si ningun costos harían?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> tal vez <input type="checkbox"/> no
N19	¿Comparado el baño ecológico al sistema de desagüe, que prefieres?	<input type="checkbox"/> baño ecológico <input type="checkbox"/> desagüe <input type="checkbox"/> igual

N20	Qué haría Ud. si llegara SEDAPAL con una conexión convencional de agua y saneamiento?	<input type="checkbox"/> Me conectaría pronto al desagüe <input type="checkbox"/> Continuaría con mi baño actual Porque: _____ _____
N21	Qué sugerencias plantearía para mejorar la gestión del sistema baño ecológico?	
N22	¿Qué sugerencias propondría para un planteamiento futuro proyecto de baños ecológicos en otra zona?	
N23	Comentarías:	

### RESIDUOS SOLIDOS Y MEDIO AMBIENTE

R1	Cuanto gastan al mes para	Agua: _____ S./ Luz: _____ S./ Gas: _____ S./ (para cocinar)
R2	¿Que hace con los residuos solidos?	<input type="checkbox"/> Relectado <input type="checkbox"/> Bota al monte <input type="checkbox"/> Entierra <input type="checkbox"/> Quemar <input type="checkbox"/> Reciclaje: _____ <input type="checkbox"/> Botar al baño <input type="checkbox"/> Otra: _____
R3	¿Desechan los residuos organicos de una manera diferente? (Compost: como, uso para,...)	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si → <input type="checkbox"/> Hacer compost <input type="checkbox"/> otro: _____
R4	Cuales son los problemas urbano-ambientales mas grandes en su zona? (no diga nada!)	<input type="checkbox"/> escasez de espacios verdes <input type="checkbox"/> basura <input type="checkbox"/> contaminación de aire <input type="checkbox"/> falta de agua portable <input type="checkbox"/> falta de servicio de saneamiento <input type="checkbox"/> falta da carreteras <input type="checkbox"/> falta de titulo de terreno <input type="checkbox"/> otro: _____
R5	Comentarios:	

**Baño ecológico en uso (solo si el baño todavía está en uso)**

A1	Que aspectos del baño ecológico <b>gustaban</b> a ud.?	
A2	Que aspectos del baño ecológico <b>no gustaban</b> a ud.?	
A3	¿Usted siente una diferencia entre antes y después de la construcción del baño ecológico?	( ) no ( ) si → ( ) olores ( ) enfermedades ( ) otros _____
A4	Cual problemas presentaba el baño?	
A5	¿El baño ecológico presenta malos olores?	( ) nunca ( ) a veces ( ) siempre
A6	El mantenimiento era fácil por usted?	De ningún modo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absolutamente
A7	Cuántas veces mantiene la atrapagrasa?	( ) más que una vez la semana ( ) 1x la semana ( ) quincenal ( ) mensual ( ) no limpia el atrapagrasa
A8	¿Cobertura del biofiltro con plantas?	( ) 100% ( ) > 75% ( ) > 50% ( ) > 25% ( ) menos ( ) ninguna planta ( ) filtro no más en uso
A9	¿Cuánto gastan al mes para el material secante?	S./ _____
A10	¿Usted cree que los costos de mantenimiento mensual son adecuados?	( ) si ( ) más o menos ( ) no
A11	¿Quién hace el mantenimiento?	( ) la misma familia ( ) alguien pagado
A12	Cree usted que el baño ecológico es útil?	De ningún modo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absolutamente
A13	¿Qué han hecho con el "compost" del baño?	( ) utilizaba como fertilizante ( ) enterrar ( ) botar al monte ( ) regalar a otra gente ( ) otra: _____

A14	¿Si ud. viviria en otra zona y no contarán con un baño, ud. instalaron un baño ecológico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
A15	¿Comparado el baño ecológico al sistema de desagüe, que prefieres?	<input type="checkbox"/> baño ecológico <input type="checkbox"/> desagüe <input type="checkbox"/> igual
A16	Qué haría Ud. si llegara SEDAPAL con una conexión convencional de agua y saneamiento?	<input type="checkbox"/> Me conectaría pronto al desagüe <input type="checkbox"/> Continuaría con mi baño actual <u>Porque:_____</u>
A17	Qué sugerencias plantearía para mejorar la <b>gestión</b> del sistema baño productivo?	
A18	¿Qué sugerencias propondría para un planteamiento futuro proyecto de baño ecológico en otra zona?	
A19	Comentarios:	