

TZ-Sektorvorhaben 'Ecological Sanitation' PN 94.2255.1-031.03  
und  
TZ Projekt 'Verbesserung des kommunalen Managements der  
Wasser- und Abfallwirtschaft Koulikoro, Mali' PN 94.2209.8

## **Studie zur technischen und sozioökonomischen Machbarkeit eines nachhaltigen ökologischen Sanitärkonzeptes für Koulikoro, Mali**

### **Schlussbericht**

Juni 2001

Gutachterteam: Kerstin Bark  
Martin Oldenburg  
Ralf Otterpohl  
Jana Schlick

Ansprechpartnerin vor Ort: Waltraud Keipp  
Lokale Mitarbeiter: Balla Drabo



## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Einleitung - Rahmenbedingungen</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1      | Hintergrund und Ziele der Studien - Phase A (Vorstudie) und Phase B (Studie zur Machbarkeit)                 | 4         |
| 2.2      | Ablauf der Phase B   | 7         |
| 2.3      | Aufbau der vorliegenden Studie   | 7         |
| <b>3</b> | <b>Ausgangssituation und Problemanalyse</b>  | <b>9</b>  |
| 3.1      | Randbedingungen Koulikoro  | 9         |
| 3.1.1    | Lage und Topographie   | 9         |
| 3.1.2    | Klima  | 9         |
| 3.1.3    | Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur  | 10        |
| 3.1.4    | Finanzen und wirtschaftliche Situation   | 13        |
| 3.1.5    | Gesundheitszustand der Bevölkerung   | 15        |
| 3.1.6    | Struktur der Administration im Entsorgungsbereich  | 16        |
| 3.2      | Wasserverbrauch und Trinkwasserversorgung in Koulikoro   | 17        |
| 3.3      | Abwasser- und Abfallsituation Koulikoro - Hygienische Aspekte der aktuellen Fäkalien- und Abwasserentsorgung | 19        |
| 3.4      | Gesetzliche Grundlagen im Entsorgungsbereich   | 24        |
| 3.5      | Zusammenstellung der Planungsgrundlagen  | 26        |
| <b>4</b> | <b>Gegenüberstellung möglicher Lösungsansätze</b>  | <b>27</b> |
| 4.1      | Vergleich möglicher zentraler Lösungsansätze   | 29        |
| 4.1.1    | Schwemmkanalisation mit Belebungsanlage  | 29        |
| 4.1.2    | Schwemmkanalisation mit Teichkläranlage  | 30        |
| 4.1.3    | Condominial-System   | 30        |
| 4.1.4    | Small-bore-Sewer-System  | 31        |
| 4.1.5    | Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf zentrale Systeme  | 31        |
| 4.2      | Vergleich möglicher konventioneller dezentraler Lösungsansätze   | 32        |
| 4.2.1    | 'Fosse septique'   | 32        |
| 4.2.2    | Traditionelle malische Latrine und puisard   | 33        |
| 4.2.3    | VIP-Latrine und puisard  | 34        |
| 4.2.4    | Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf konventionelle dezentrale Systeme                             | 35        |
| 4.3      | ECOSAN als nachhaltige Alternative   | 35        |
| 4.3.1    | Einführung   | 35        |
| 4.3.2    | Nachhaltige Sanitärsysteme als Lösung  | 37        |
| 4.3.3    | Vergleich möglicher nachhaltiger Verfahren für Koulikoro   | 40        |
| 4.4      | ECOSAN - Alternative dezentrale Sanitäranlage  | 41        |
| 4.4.1    | EcoSan Versuchsanlage in Koulikoro   | 41        |
| 4.4.2    | Mögliches Anlagen-Upgrade  | 44        |
| 4.4.3    | Nicht separierendes (Fertigteil)trocknungssystem   | 45        |
| 4.4.4    | Separierendes (Fertigteil)trocknungssystem   | 45        |
| 4.4.5    | Komposttoilette  | 45        |
| 4.4.6    | Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf die EcoSan Sanitäranlage                                      | 46        |
| 4.5      | ERGÄNZENDE SEMI-ZENTRALE LÖSUNGSANSÄTZE  | 47        |
| 4.5.1    | Semizentrale Fäkalbehandlung   | 47        |
| 4.5.2    | Semizentrale Urinbehandlung  | 48        |
| 4.5.3    | Semizentrale Grauwasserbehandlung  | 50        |
| 4.5.4    | Biogasanlage   | 51        |
| 4.5.5    | Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf semi-zentrale Systeme   | 51        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>5</b> | <b>BETRACHTUNG NACHHALTIGER SANITÄRSYSTEM AUS AGRONOMISCHER SICHT -<br/>LANDWIRTSCHAFTLICHE VERWERTBARKEIT DER NÄHRSTOFFE</b> | <b>53</b> |
| 5.1      | LANDWIRTSCHAFT IN UND UM KOULIKORO  | 53        |
| 5.1.1    | Bodenqualität in der Region   | 53        |
| 5.1.2    | Angebaute Kulturen in und um Koulikoro  | 54        |
| 5.1.3    | Sorgho und Mil als vorherrschende Trockenkulturen   | 55        |
| 5.1.4    | Art der Bewirtschaftung   | 55        |
| 5.2      | AKTUELL VERWENDETE DÜNGEMITTEL  | 57        |
| 5.3      | SICHERE ANWENDUNG DER GEWONNENEN NÄHRSTOFFE   | 58        |
| 5.3.1    | Von Fäkalien ausgehende Risiken für menschliche Gesundheit und Umwelt   | 59        |
| 5.3.2    | Hygienische Qualitätsanforderungen  | 62        |
| 5.3.3    | Überlebensbedingungen pathogener Mikroorganismen  | 62        |
| 5.3.4    | Untersuchungen zur Hygiene als Voraussetzung für breiteren Einsatz  | 64        |
| 5.3.5    | Grundsätzliche Hygieneaufklärung  | 64        |
| 5.4      | POTENTIAL AN NÄHRSTOFFEN MENSCHLICHER HERKUNFT IN KOULIKORO   | 65        |
| 5.4.1    | Haushaltsgröße und Bevölkerungsstruktur in Koulikoro  | 65        |
| 5.4.2    | Nährstoffmenge pro Person   | 65        |
| 5.4.3    | Nährstoffbedarf der Böden in Koulikoro  | 68        |
| 5.5      | VERSUCHE ZUR WIRKSAMKEIT DER GEWONNENEN NÄHRSTOFFE  | 71        |
| 5.5.1    | Mineralische Dünger und Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen  | 71        |
| 5.5.2    | Versuchsprogramm an der IPR   | 72        |
| <b>6</b> | <b>BETRACHTUNG VON ECOSAN-SANITÄRSYSTEMEN AUS SOZIO-ÖKONOMISCHER,<br/>RECHTLICHER UND INSTITUTIONELLER SICHT</b>              | <b>74</b> |
| 6.1      | VERWALTUNG, BEHÖRDEN UND GESETZLICHE GRUNDLAGEN IN MALI   | 74        |
| 6.2      | ASPEKTE SOZIO-KULTURELLER AKZEPTANZ   | 74        |
| 6.2.1    | Akzeptanz durch die Bevölkerung   | 74        |
| 6.2.2    | Akzeptanz in der Verwaltung   | 74        |
| 6.3      | SENSIBILISIERUNG VON BEVÖLKERUNG UND ENTSCHEIDUNGSTRÄGERN   | 75        |
| 6.4      | MÖGLICHE BETRIEBSTRUKTUREN  | 75        |
| 6.4.1    | Eigennutzung der gewonnenen Nährstoffe  | 75        |
| 6.4.2    | Betrieb durch kommunale Strukturen  | 76        |
| 6.4.3    | Groupements d'Intérêt Economique als mögliche Betreiberorganisationen   | 77        |
| 6.5      | VERWERTUNG / VERMARKTUNG DER GEWONNEN NÄHRSTOFFE  | 81        |
| 6.5.1    | Unterstützung durch Behörden / Gesetzgeber  | 82        |
| 6.6      | BEDARF AN AUS- UND FORTBILDUNG  | 82        |
| 6.6.1    | Lokale Bauunternehmen / Handwerker  | 82        |
| 6.6.2    | Haushalte als Nutzer der Anlagen  | 83        |
| 6.6.3    | Mögliche externe Betreiberorganisationen  | 83        |
| <b>7</b> | <b>PLANUNG UND BAU VON ECOSAN-VERSUCHSANLAGEN</b>   | <b>84</b> |
| 7.1      | AUSWAHL UND BESCHREIBUNG DER STANDORTE  | 84        |
| 7.1.1    | Standortauswahl dezentrale Anlagen  | 85        |
| 7.1.2    | Standortauswahl Semi-zentrale Anlagen   | 86        |
| 7.2      | PLANUNG UND REALISIERUNG DEZENTRALER ECOSAN-VERSUCHSANLAGEN   | 87        |
| 7.2.1    | Prototyp einer als machbar angesehenen dezentralen EcoSan-Sanitäranlage   | 87        |
| 7.2.2    | Adaptierte Planung für den Haushalt Traore in Koulikoro   | 92        |
| 7.2.3    | Adaptierte Planung für den Haushalt Keita in Koulikoro  | 92        |
| 7.2.4    | Erfahrungen beim Bau  | 93        |
| 7.2.5    | Erfahrungen beim Betrieb  | 94        |
| 7.3      | PLANUNG UND REALISIERUNG SEMIZENTRALER GRAUWASSERBEHANDLUNGSANLAGEN   | 96        |
| 7.3.1    | Grundsatzplanung für straßenbegleitende Grauwasserfilter  | 96        |
| 7.3.2    | Adaptierter Realisierungsvorschlag für den Standort Koulikoro-Bas   | 97        |
| 7.4      | PLANUNG UND REALISIERUNG SEMIZENTRALER FÄKALIENBEHANDLUNGSANLAGEN   | 97        |
| 7.4.1    | Planung eines Trockenbeetes in Koulikoro  | 97        |
| 7.4.2    | Erfahrungen beim Bau und Betrieb  | 99        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>8</b>  | <b>WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG VON ECOSAN-SANITÄRSYSTEMEN</b> | <b>101</b> |
| 8.1       | METHODE  | 101        |
| 8.1.1     | Gesamtwirtschaftliche und einzelwirtschaftliche Betrachtung      | 101        |
| 8.1.2     | Annahmen für das Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘          | 102        |
| 8.1.3     | Annahmen für das Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘          | 104        |
| 8.2       | GESAMTWIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG                                | 105        |
| 8.2.1     | Kosten   | 105        |
| 8.2.2     | Volkswirtschaftliche Aspekte                                     | 108        |
| 8.2.3     | Schlussfolgerungen   | 109        |
| 8.3       | EINZELWIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG DER ECOSAN-SANITÄRSYSTEME      | 109        |
| 8.3.1     | Modell Eigennutzung / Selbstabholung                             | 109        |
| 8.3.2     | Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘                           | 120        |
| 8.4       | ZUSAMMENFASSUNG  | 128        |
| <b>9</b>  | <b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</b>                       | <b>130</b> |
| 9.1       | AUS TECHNISCHER SICHT  | 130        |
| 9.2       | AUS ÖKOLOGISCHER SICHT   | 130        |
| 9.3       | AUS SOZIO-KULTURELLER SICHT                                      | 131        |
| 9.4       | AUS WIRTSCHAFTLICHER SICHT                                       | 131        |
| 9.5       | SCHLUSSFOLGERUNG   | 132        |
| <b>10</b> | <b>LITERATUR</b>   | <b>133</b> |
| <b>11</b> | <b>ANNEX</b>   | <b>136</b> |



## 1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden am Standort Koulikoro in Mali modellhafte Lösungsansätze für ein nachhaltiges ökologisches EcoSan-Sanitärkonzept in Hinblick auf ihre technische, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Machbarkeit untersucht.

In Koulikoro wurde im Rahmen der finanziellen Zusammenarbeit in den siebziger Jahren eine zentrale Trinkwasserversorgung installiert, für die aufgrund zusätzlichen Bevölkerungswachstums, mangelnden Wasserdrucks, Defekten am Leitungssystem und an den öffentlichen Zapfstellen seit 1993 eine Erweiterung mit einem Aufwand von ca. 8,5 Mio. DM geplant wurde, die im Sommer 2000 in Betrieb gehen sollte. Der mit dem technischen Ausbau der Wasserversorgung verbundene höhere Wasserverbrauch hat zu einem nochmals erhöhten Abwasseraufkommen geführt, dessen Probleme nunmehr im Rahmen der technischen Zusammenarbeit gelöst werden sollen / müssen.

Die Stadt verfügt über keine öffentlichen Infrastruktureinrichtungen (Kanalisation / Kläranlagen) im Bereich der Abwasserentsorgung. Dezentrale Lösungen in Form von Latrinen sind derzeit die Regel, eine ordentliche Behandlung der übrigen Abwässer ist praktisch nicht vorhanden. Der überwiegende Teil der vorhandenen Anlagen ist aus hygienischer Sicht als sehr problematisch anzusehen.

Eine zentrale Abwasserentsorgung mit Schwemmkanalisation nach westlichem Vorbild ist in Koulikoro schon aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar. Aufgrund der schwierigen Untergrundverhältnisse (Felsboden) in einem großen Teil Koulikoros wären nach einer groben Kostenschätzung Investitionen für ein zentrales Kanalnetz mit Abwasserklärteichen für einen Planungshorizont von 15 Jahren (2015) in Höhe von ca. 63 Mio. DM erforderlich. Die jährlichen Betriebskosten können mit ca. 332.000,- DM abgeschätzt werden. Hinzu käme ein deutlich erhöhter Wasserverbrauch und der erfahrungsgemäß aufwendige und meist problematische Betrieb der Schwemmkanalisation, der für ein arides Sub-Sahara Land wie Mali nicht tragbar ist. Außerdem findet ein kontinuierlicher Nährstoffverlust statt, da die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe nicht genutzt werden können. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden verschiedene Varianten der möglichen Abwasserentsorgung und -behandlung für Koulikoro sowohl auf zentraler als auch auf semi-zentraler und dezentraler Lösungsebene gegenübergestellt und ökonomisch und ökologisch bewertet. Hierbei weisen die dezentralen Lösungen deutliche Vorteile Investitions- und Betriebskosten auf und ermöglichen eine Rückführung von Nährstoffen. Eine kostengünstige Variante für die ordnungsgemäße könnte ein alternatives dezentrales (haushaltsbezogenes) EcoSan-Sanitärsystem sein, das die Stoffströme Fäkalien, Urin und Grauwasser getrennt erfasst und behandelt. Ein derartiges System hat große Vorteile gegenüber herkömmlichen Latrinensystemen, da es sowohl eine hygienisch unbedenklich Verwertung von Bodenverbesserungsmitteln (aus Fäkalien), Nährstoffen (aus Urin) und gereinigtem Grauwasser erlaubt und damit einen wichtigen Beitrag zur Schonung der Ressourcen Boden und Wasser liefert.

Es wurde für die Randbedingungen in Koulikoro ein angepasstes Sanitärsystem mit Fäkalientrocknung, Urinentrennung und Grauwasserbehandlung entworfen, dass sich weitgehend an den lokalen Traditionen der Analhygiene orientiert und keine wesentlichen Verhaltensänderungen von Seiten der Nutzer verlangt.

Die theoretischen Betrachtungen werden durch die praktischen Erfahrungen aus dem Bau von zwei Versuchsanlagen durch das lokale TZ-Projekt untermauert. Hierbei wird sehr viel Wert auf die differenzierte Darstellung der verschiedenen dezentralen oder semi-zentralen Behandlungsmöglichkeiten gelegt, so dass aufgrund des modularen Charakters des vorgeschlagenen EcoSan-Sanitärkonzepts eine optimale Anpassung an lokale Randbedingungen möglich ist.

Die Degradation von Böden bis hin zur Desertifikation ist ein schwerwiegendes und sich ständig verschärfendes Problem in Mali. Die Abnahme der natürlichen Fruchtbarkeit der Böden wird vor allem durch landwirtschaftliche Übernutzung und eine unzureichende Rückführung von Nährstoffen verursacht.

Mineralische Düngemittel sind für die meisten Landwirte zu teuer und führen außerdem mittelfristig zu einer Verschlechterung der Bodenqualität. Menschliche Fäkalien und Urin können bei zuverlässiger Hygienisierung, die durch die vorgeschlagenen Sanitäranlagen bei ordnungsgemäßer Nutzung erreicht werden kann, einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der landwirtschaftlich genutzten Böden liefern. Aus vorliegenden Schätzungen / Berechnungen ergibt sich, dass mit den behandelten Ausscheidungen einer erwachsenen Person in Koulikoro ca. 400 bis 550 m<sup>2</sup> landwirtschaftliche Anbaufläche mit hygienisch unbedenklichen Nährstoffen versorgt werden können.

Die Vermarktung / Promotion der Nährstoffe aus Fäkalien und Urin sollte durch regelmäßige Analysen in Bezug auf Hygiene (Belastung mit Krankheitserregern wie Wurmeiern, und Bakterien) und Nährstoffgehalt unterstützt werden. Diese sollten vor allem zu Beginn der Anwendung durchgeführt werden und können - bei Vorliegen gesicherter Erkenntnisse - im weiteren Verlauf deutlich reduziert bzw. aufgegeben werden.

Die mögliche Zusammenarbeit mit der über die Grenzen Malis hinaus bedeutsamen landwirtschaftlichen Universität IPR könnte einen wichtigen Beitrag zur Promotion der Anwendung von hygienisch unbedenklichen Nährstoffen aus menschlichen Fäkalien in der Landwirtschaft liefern.

Das vorgeschlagene alternative dezentrale Abwasserentsorgungssystem ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht jeder zentralen Alternative eindeutig überlegen. Es beansprucht deutlich geringere ökonomische (volkswirtschaftliche) Ressourcen und weist bei gleichem hygienischen Nutzen bedeutende Vorteile in Hinblick auf die Nutzung natürlicher Ressourcen auf (geringerer Wasser- und Ressourcenverbrauch, langfristige Verbesserung der Bodenstruktur und damit Verminderung von Erosion und Desertifikation). Darüber hinaus weist es positive gesamtwirtschaftliche Effekte durch die Nutzung der Nährstoffe in der Landwirtschaft auf.

Im Vergleich der Kennzahlen für verschiedene Lösungsvarianten, liegen sowohl für die Investitions- als auch die jährlichen Betriebskosten für dezentrale Latrinensysteme um Größenordnungen unter denen für eine zentrale Abwasserentsorgung.

Unter den dezentralen Lösungsvarianten liegt die alternative EcoSan-Versuchsanlage in den geschätzten Gesamtinvestitionskosten mit ca. 3,6 Mio. DM für ganz Koulikoro höher als traditionelle (ca. 1,6 Mio. DM) oder VIP Latrinen (ca. 2,1 Mio. DM). Die Betriebskosten für die EcoSan-Versuchsanlagen unterscheiden sich nicht wesentlich gegenüber den Betriebskosten für eine herkömmliche Latrine, lassen sich bei Eigennutzung der Nährstoffe allerdings auf ein Drittel reduzieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die traditionellen Latrinen aus hygienischer Sicht keine vertretbare Variante darstellen und im Falle der VIP Latrine nur die Fäkalien ordnungsgemäß behandelt werden, da durch 'puisards' keine ausreichende Behandlung des Grauwassers erreicht wird. Beide Varianten sind zudem nicht geeignet, um eine effiziente und sichere Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft zu gewährleisten.

Die sowohl aus ökologischer und gesundheitspolitischer Sicht favorisierte Lösungsvariante 'alternative haushaltsbezogene EcoSan-Sanitäranlage' wurde einer detaillierten einzelwirtschaftlichen Betrachtung unterworfen.

Da es in Koulikoro keine klassische Trägerstruktur für ein Abwasserentsorgungssystem gibt, macht im Rahmen dieser Untersuchung die übliche Rentabilitäts- und Liquiditätsanalyse wenig Sinn. Die daher für die vorgeschlagene Lösungsvariante durchgeführte einzelwirtschaftliche

Betrachtung legt den Schwerpunkt auf eine Finanzanalyse (Einnahmen- / Ausgabenrechnung) für die betroffenen Haushalte / Anlagenbetreiber, um zu einer Einschätzung der finanzwirtschaftlichen Machbarkeit (z.B. 'ability to pay') zu kommen. In diesem Zusammenhang werden zwei unterschiedliche Betreibermodelle untersucht, Betrieb durch die Haushalte, d. h. Eigennutzung der Nährstoffe bzw. Abgabe der Nährstoffe an Selbstabholer und Betrieb durch eine externe Organisation zur Abholung und Vermarktung der Nährstoffe.

Aus einzelwirtschaftlicher Sicht ergibt ein Vergleich der beiden Modelle ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ und ‚Externe Betreiberorganisation‘, dass eine externe Betreiberorganisation unter den spezifischen aktuellen Bedingungen in Koulikoro wenig bis keine Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg hat.

Das Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ kann bei einer Verwertung der getrockneten Nährstoffe für Haushalte, die eigene Landwirtschaft betreiben, finanzwirtschaftlich machbar sein. In diesem Fall decken die Einnahmen / Einsparungen (durch geringeren Trinkwasserverbrauch, keine Kosten für die Latrinenleerung und höhere Erträge in der Landwirtschaft) die zusätzlichen Mehrausgaben für den Bau und Betrieb von EcoSan Anlagen. Da die finanzwirtschaftliche Machbarkeit jedoch nicht unter allen Randbedingungen gegeben ist (z.B. im Fall der Nicht-Landwirte) und ein Teil der Haushalte in Koulikoro auch bei nachgewiesener mittelfristiger finanzwirtschaftlicher Machbarkeit nicht in der Lage sein wird, das notwendige Anfangs-Investitionskapital aufzubringen, ist eine finanzielle Unterstützung zumindest der einkommensschwachen Haushalte vermutlich unumgänglich.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass konventionelle Abwasserentsorgungssysteme in der Regel nicht nach einzelwirtschaftlichen Kriterien beurteilt werden, sondern in Entwicklungsländern im Regelfall im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit oder aus dem Staatshaushalt finanziert werden.

Die Einführung eines flächendeckendes EcoSan Systems in Koulikoro sollte auf zwei Weisen finanziell unterstützt werden. Zum einen durch die Gewährung zinsloser Darlehen, die den Bau für den größten Teil der Haushalte Koulikoros finanzwirtschaftlich tragbar machen würden. Zum anderen durch direkte Baukostenzuschüsse - insbesondere für finanzschwache Haushalte.

Wie in den Kapiteln zur technischen Machbarkeit ausführlich beschrieben, kann das vorgeschlagene neuartige Sanitärsystem nur mit intensiver externer technischer Beratung und Begleitung erfolgreich eingeführt werden. Diese müsste neben der theoretischen Schulung lokaler Handwerksbetriebe auch intensive ‚training on the job‘ Maßnahmen umfassen.

Des Weiteren ist für eine erfolgreiche Implementierung des vorgeschlagenen dezentralen Entsorgungssystems eine begleitende umfassende Aufklärungs- und Sensibilisierungskampagne unbedingt notwendig, um auch die Bevölkerung von den Vorteilen der neuartigen Anlagen in Bezug auf:

- Stadtbild / Sauberkeit
- Gesundheit
- Bodenverbesserung / höhere landwirtschaftliche Erträge
- mittel- und langfristige Wirtschaftlichkeit

zu überzeugen.

## 2 Einleitung - Rahmenbedingungen

Seit Anfang der sechziger Jahre werden im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit Wasserversorgungsprojekte in verschiedenen Mittelstädten Malis durch die KfW-Kreditanstalt für Wiederaufbau - finanziert. Die Gesamtzusagen hierfür lagen bis Anfang 1997 bei 80 Mio. DM, von denen bis zu diesem Zeitpunkt 82 % ausgezahlt wurden (KfW Arbeitshilfen, 1997). Zu diesen Mittelstädten gehört auch die Stadt Koulikoro in der zweiten Region, die Gegenstand der vorliegenden Studie ist.

Für Koulikoro wurde u.a. wegen mangelnden Wasserdrucks, Defekten der bestehenden öffentlichen Zapfstellen und Bevölkerungswachstums seit 1993 eine Erweiterung der Wasserversorgung für 8,5 Mio. DM geplant, die im Sommer 2000 in Betrieb gehen soll. Projektträger hierfür ist die EDM (Energie Du Mali). Dieses Netz soll neben weiteren öffentlichen Zapfstellen die Ausstattung eines Großteils der Haushalte mit (von den Nutzern zu zahlenden, aber von der EDM subventionierten) Hausanschlüssen ermöglichen.

Begleitend hierzu wurde 1995 das TZ-Projekt 'Verbesserung des kommunalen Managements der Wasser- und Abfallwirtschaft Koulikoro / Mali' PN 94.2209.8 (im weiteren Text lokales TZ Projekt 'genannt) eingerichtet, das mit einem Aufwand von 6,5 Mio. DM durch Beratung der Kommune zur Lösung der drängendsten - und sich mit wachsender Versorgung verschärfenden - Probleme im bislang völlig unorganisierten Abwasser- und Abfallbereich beitragen soll. Projektträger ist dementsprechend die Gemeinde Koulikoro, vertreten durch den Bürgermeister.

Das lokale TZ-Vorhaben unterstützt damit neben dem Umweltschutz auch die Demokratisierungs- und Dezentralisierungspolitik Malis, in deren Rahmen u.a. Kommunen als selbstverwaltete Körperschaften eingerichtet und Sektorministerien dezentriert wurden. Deren Handlungsfähigkeit ist aber angesichts chronischen Finanzdefizits und teilweise mangelnder Qualifikation und Initiative von Personal und Entscheidungsträgern nicht sichergestellt.

Auf der Grundlage der Sektorkonzepte 'Umweltgerechte Kommunal- und Stadtentwicklung', 'Siedlungswasserwirtschaft' und 'Abfallwirtschaft' des BMZ werden die kommunalen Entscheidungsträger durch das Projekt praktisch unterstützt bei:

- der kommunalen Investitionsplanung, Verwaltungsorganisation und Konzeptfindung für angepasste Lösungen im Bereich Wasser- und Abwasser- sowie Abfallwirtschaft
- Personalaus- und -fortbildung, Aufbau leistungsfähiger kommunaler Dienste
- der Entwicklung kommunaler Verordnungen und Richtlinien
- Hygieneaufklärung und Mobilisierung der Bevölkerung,

so dass letztlich auch die erweiterte Wasserversorgung hygienisch unbedenklich genutzt werden kann, was bei den derzeitigen Zuständen als unmöglich angesehen werden muß.

### 2.1 Hintergrund und Ziele der Studien - Phase A (Vorstudie) und Phase B (Studie zur Machbarkeit)

Eines der größten Umweltprobleme unserer Zeit ist die weltweite Verknappung der zur Verfügung stehenden nutzbaren Wasserressourcen. Zum einen steigt der Wasserbedarf aufgrund des Bevölkerungswachstums und dem damit verbundenen erhöhten Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten (Bewässerungslandwirtschaft) ständig. Zum anderen werden die vorhandenen Oberflächen- und Grundwässer zunehmend durch anthropogene Aktivitäten, wie den Eintrag von häuslichen / industriellen Abwässern und Nähr- und Schadstoffen aus der Landwirtschaft, belastet.

Diese Problematik wird durch die Einführung zentraler Wasserversorgungssysteme im Rahmen der internationalen Entwicklungszusammenarbeit in der Regel noch verschärft, da sich der individuelle Wasserverbrauch durch den leichteren Zugang erhöht und damit auch die produzierte Abwassermenge zunimmt. Aspekte der Abwasserentsorgung wurden in der Vergangenheit nicht immer adäquat bei der Planung von Trinkwasserversorgungssystemen berücksichtigt.

Konventionelle zentrale Verfahren zur Abwassererfassung und -reinigung, wie die in den westlichen Industriestaaten verbreitete Schwemmkanalisation mit nachgeschalteten biologischen Kläranlagen kommen u.a. aufgrund der damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten, Wartungsaufwand und Störungsanfälligkeit und auch des hohen Wasserverbrauchs nicht als flächendeckende Lösung für Entwicklungsländer in Frage.

Auch konventionelle dezentrale Systeme, wie Latrinen und Sickergruben stoßen in vielen Teilen der Welt auf Probleme und führen z.B. in dichter besiedelten Gebieten zu erheblichen Grundwasserbelastungen, bei felsigem Untergrund oder hohem Grundwasserstand sind sie z.T. auch gar nicht realisierbar.

Diese Problemanalyse war der Anlaß für das sich in Vorbereitung befindliche überregionale Sektorvorhaben 'Ecological Sanitation' der GTZ Eschborn in Kooperation mit dem lokalen TZ-Projekt 'Verbesserung des kommunalen Managements der Wasser- und Abfallwirtschaft Koulikoro / Mali' (PN 94.2209.8) eine Vorstudie zur Realisierbarkeit nachhaltiger differenzierender Sanitärsysteme in einem beispielhaften Entwicklungsland in Auftrag zu geben. Die Finanzierung dieser Vorstudie erfolgt vorerst aus Restmitteln des Projektes Anaerobtechnologie in der Abwasserentsorgung, PN 94.2255.1-031.03.

Nachhaltige differenzierende Sanitärsysteme, im folgenden auch als Ecological Sanitation (EcoSan) Konzepte bezeichnet, können einen Beitrag zur Lösung der oben geschilderten Problematik liefern, da sie neben einer Verringerung der Schmutz- und Keimfracht im Abwasser und einem geringeren Wasserverbrauch, die direkte Nutzung von Nährstoffen aus menschlichen Ausscheidungen in der Landwirtschaft ermöglichen. Die grundsätzlichen Prinzipien werden in Kapitel 4.3 näher beschrieben.

Als Standort für die Sammlung erster Erfahrungen wurde die Stadt Koulikoro in Mali gewählt und in Kooperation mit dem TZ Projekt 'Verbesserung des kommunalen Managements der Wasser- und Abfallwirtschaft in Koulikoro, Mali' das Gutachterteam mit Ziel beauftragt, die Möglichkeiten für nachhaltige Sanitärkonzepte in Koulikoro zu untersuchen.

Koulikoro ist eine mittlere Stadt mit für semi-aride Entwicklungsländer typischen Wasser- und Abwasserproblemen. Wie bereits dargestellt, wird zur Zeit die zentrale Wasserversorgung erweitert, was erfahrungsgemäß zu einer Steigerung des Wasserverbrauchs der Bevölkerung und damit einhergehend zu einer Verschärfung der bereits vorher unbefriedigenden Abwasserentsorgung führt. Die aktuelle Situation im Abwasser / Abfallsektor Koulikoros läßt sich in Kürze folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Abwasserentsorgung ist nicht organisiert. Das in den Haushalten entstehende Schmutzwasser wird aus den Grundstücken mehr oder weniger direkt auf die öffentlichen Straßen geleitet und bildet überall faulige Lachen und schlammige Gassen.
2. Eine Regenwasserableitung ist lediglich rudimentär in Form von offenen Kanälen und Gräben in desolatem Zustand entlang der Hauptwegführungen, die in den Niger entwässern (sollen), vorhanden .
3. Das abfließende Wasser der größtenteils am Hang gelegene Stadt verursacht vor allem zur Regenzeit große Erosionsschäden in der Stadt und im Bereich des Nigerufers. Als Abtransportmedium für jegliche Art von Abfällen genutzt, überschwemmt es dann zudem vor allem die unteren Stadtviertel mit einer Müll- und Abwasserflut.

4. Eine organisierte städtische Abfallentsorgung besteht nicht, lediglich eine private Initiative ist mit der Sammlung von Haushaltsabfällen befaßt. Das Stadtbild ist infolgedessen flächen-deckend von wilden Müllablagerungen geprägt.
5. Diese hygienischen Mißstände führen zur Ausbreitung von Krankheiten in der Bevölkerung.

Da Abwasserentsorgungssysteme nach westlichem Vorbild mit zentraler Schwemmkanalisation und Kläranlage zu immens hohen Investitionskosten führen und aufgrund der Deposition von Abfällen und Straßenkehricht mit außerordentlich hohen Betriebs- und Unterhaltungskosten verbunden sind, ist dies unter den gegebenen Umständen ein nur schwer zu realisierender Ansatz.

Die vorliegende Studie soll die sanitäre Situation in Koulikoro in Hinblick auf die mögliche Verwirklichung alternativer nachhaltiger differenzierender Abwasserentsorgungssysteme (EcoSan-Systeme) hin untersuchen und anhand der in Koulikoro beispielhaft gewonnenen Erfahrungen mit nachhaltigen differenzierenden Sanitärsystemen zur praktischen Entwicklung allgemein anwendbarer nachhaltiger Konzepte beitragen, die einen grundsätzlichen Beitrag zur Lösung der Wasser- und Abwasserproblematik in Ländern des Südens liefern können und damit auch der Erreichung der Ziele Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Umweltschutz in der Entwicklungszusammenarbeit näherkommen.

Die gesamte Machbarkeitsstudie untergliedert sich in zwei Phasen. In der Phase A als Vorstudienphase wurde auf Basis der während der Mission im November / Dezember 1999 gewonnenen Erkenntnisse werden konkrete Vorschläge für technisch angepaßte, wirtschaftlich machbare und kulturell akzeptable Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, die das lokale TZ-Projekt bei der Bearbeitung der Abwasserproblematik technisch unterstützen sollen. Die in Diskussionen mit den Partnern und Zielgruppen durch das lokale TZ-Projekt und das Gutachterteam identifizierten Lösungsansätze wurden im Rahmen des Projektberichts zur Phase A - unter Berücksichtigung von Erfahrungen in anderen Ländern - im Zusammenhang dargestellt und diskutiert. In dem Bericht zur Projektphase A sind die Grundlagen sehr ausführlich dargestellt, daher wird für eine Vertiefung an mehreren Stellen auf diesen Bericht verwiesen.

Zu dem Gutachterteam gehören:

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Dr.-Ing. Kerstin Bark         | OtterWasser GmbH, Lübeck |
| Dr.-Ing. Martin Oldenburg     | OtterWasser GmbH, Lübeck |
| Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl | OtterWasser GmbH, Lübeck |
| Dipl.-Ing. Jana Schlick       | gtz, Eschborn            |

Dieses Gutachterteam wurde durch die Mitarbeiter des lokalen TZ-Projekts unterstützt, dem unter anderem angehören:

Waltraud Keipp  
Ibrahim Dembele  
Balla Drabo

In einer weiteren Projektphase (Phase B) wurden technische und sozio-ökonomische modellhafte Lösungsansätze, einschließlich ihrer finanziellen Bewertung, im Detail ausgearbeitet. Die Ausarbeitung umfaßt neben der theoretischen Betrachtung auch die Realisierung von zwei on-plot EcoSan-Versuchsanlagen und die Durchführung zusätzlicher Versuche, mit denen erste praktische Erfahrungen hinsichtlich der Einführung von EcoSan-Sanitärkonzepten gewonnen werden konnten.

## 2.2 Ablauf der Phase B

Die Phase B unterteilt sich in zwei Missionen im April (01.-12.04.2001) und September 2000 (08.-14.09.2000). In der ersten Mission war vorgesehen, die erforderlichen Grundlagen für die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie zu ermitteln und die in Phase A gewonnenen Erkenntnisse durch den Bau von zwei modellhaften dezentralen EcoSan-Versuchsanlagen eine Detailplanung auf sichere Füße zu stellen und möglichst praxisnah auszuarbeiten. Diese Sanitäreinrichtungen wurden durch das lokale TZ-Projekt vor Ort erstellt, wobei die Bauarbeiten anfänglich vom Gutachterteam im Rahmen seiner Mission im März 2000 begleitet und noch für einige Zeit (2 - 3 Monate) von einem Hospitanten der GTZ beobachtet wurden. Das lokale TZ-Projekt und seine Partner vor Ort sollten die nachhaltige Implementierung der alternativen Lösungsansätze im häuslichen Sanitätsbereich gewährleisten. Die nächsten Schritte in Form einer Sensibilisierungskampagne sollten erst nach Vorliegen der ersten Erfahrungen mit den EcoSan-Versuchsanlagen durch das lokale Projekt durchgeführt werden.

In der zweiten Mission der Phase B im September 2000 wurden die errichteten beiden Versuchsanlagen nochmals einer kritischen Begutachtung unterzogen und danach konstruktive Änderungsvorschläge hinsichtlich Bau und Betrieb erarbeitet. Weiterhin wurden die ersten Erfahrungen mit den bestehenden Anlagen analysiert und gemeinsam mit dem lokalen Projekt das weitere Untersuchungsprogramm, in das die national und international bedeutsame IPR (Institut Polytechnique Rural, früher Ecole Normale Rurale) eingebunden wurde.

Die in Koulikoro beispielhaft gewonnenen Erfahrungen mit nachhaltigen, differenzierenden Sanitärsystemen sollen somit mit Abschluß der Machbarkeitsstudie zur praktischen Entwicklung allgemein anwendbarer nachhaltiger Konzepte beitragen, die einen grundsätzlichen Beitrag zur Lösung der Wasser- und Abwasserproblematik in Ländern des Südens liefern können und damit auch zur Erreichung der Ziele Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Umweltschutz in der Entwicklungszusammenarbeit beitragen.

## 2.3 Aufbau der vorliegenden Studie

Nach der Beschreibung der Ausgangssituation und der Problemanalyse in Hinblick auf die Randbedingungen des lokalen Projektes, werden verschiedene mögliche Lösungsansätze, die sowohl konventionelle zentrale und dezentrale Abwasserentsorgungstechnik als auch alternative dezentrale und semi-zentrale Ansätze umfassen, auf ihre Eignung unter den spezifischen lokalen Bedingungen in Koulikoro hin untersucht. Einen besonderen Schwerpunkt bildet dabei der Ansatz 'nachhaltiges differenzierendes Sanitärkonzept - EcoSan -', das entsprechend ausführlich dargestellt und diskutiert wird.

Einen Schwerpunkt bildet die Betrachtung der Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Verwertung von Fäkalien und Urin (einschließlich der damit verbundenen hygienischen Aspekte) vor Ort, die eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung von EcoSan Systemen darstellt.

Des Weiteren werden die alternativen differenzierenden oder EcoSan Sanitärsysteme in Hinblick auf sozio-kulturelle, rechtliche und institutionelle Aspekte hin betrachtet, da diese bei der Einführung und langfristigen Implementierung alternativer Verfahren eine entscheidende Rolle spielen.

Im Rahmen der Phase B der vorliegenden Studie wurden zusätzlich zu den theoretischen Untersuchungen / Betrachtungen auch praktische Baumaßnahmen vor Ort durchgeführt. Die anhand der praktischen Erfahrungen aus dem Bau und Betrieb der EcoSan-Versuchsanlagen gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen tragen wesentlich zur Belastbarkeit der in der vorliegenden Studie getroffenen Feststellungen bei.

Ein wesentliche Entscheidungskriterium für die Einführung eines Sanitärkonzepts stellen die wirtschaftlichen Aspekte, d. h. die damit verbundenen Investitions- und Betriebskosten dar. Es werden daher die verschiedenen möglichen Lösungsansätze im Rahmen einer groben und vereinfachten Kostenschätzung anhand von Kennzahlen miteinander verglichen, da bereits zu dem Zeitpunkt eines sehr vereinfachten und groben Planungsrasters die finanzielle Position der verschiedenen Lösungsansätze erkennbar ist und Aussagen bezüglich einer Wirtschaftlichkeit getroffen werden können.

Der EcoSan Ansatz - das alternative differenzierende Sanitärsystem - wird zudem einer detaillierten einzelwirtschaftlichen Betrachtung unterworfen, mit dem Ziel seine finanzwirtschaftliche Machbarkeit ('ability to pay') durch die lokalen Nutzer und Betreiber zu untersuchen. Eine derartige Betrachtung ist für die Einschätzung der mittel- und langfristigen Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit unabdingbar.

Aus den vorliegenden Ergebnissen werden dann Empfehlungen für das weitere Vorgehen zur Lösung der Abwasserproblematik in Koulikoro formuliert.

### 3 Ausgangssituation und Problemanalyse

#### 3.1 Randbedingungen Koulikoro

Die Stadt wurde Anfang des Jahrhunderts von der französischen Kolonialverwaltung als Verkehrsknotenpunkt mit Anbindung an die Eisenbahnstrecke nach Dakar einerseits und dem Hafen für die Nigerschiffahrt andererseits aufgebaut. Diese Verkehrsanbindungen werden noch genutzt und verleihen Koulikoro eine gewisse Dynamik. Allerdings ist der Zugverkehr sehr unregelmäßig und die Nigerschiffahrt durch die zunehmende Versandung des Flusses zunehmend eingeschränkt (derzeit ist der Fluß ca. 4 Monate pro Jahr befahrbar).

Die französische Kolonialmacht hat außerdem das Camp Militaire und die Ecole Normale Rurale (heute IPR = Institut Polytechnique Rural) eingerichtet, die noch heute bestehen. Nach der Unabhängigkeit wurden (für Mali große) Industriebetriebe mit insgesamt ca. 700 Beschäftigten aufgebaut.

Die Industrien HUICOMA und COMANAV wurden nach der Unabhängigkeit (1960) gegründet.

1966 erhielt Koulikoro den Status als Kommune und ist seit 1977 Hauptstadt der 2. Region (CAN 2002, 1998) und Sitz aller regionalen Fachbehörden.

##### 3.1.1 Lage und Topographie

Die Stadt liegt 326 m über dem Meeresspiegel, ca. 60 km östlich von Bamako in der Nähe des 13ten Breitengrads. Sie erstreckt sich über ca. 14 km entlang der R 14 zwischen Nigerufer und den Bergen Monts Manding. Aufgrund dieser topographischen Lage ist eine Ausdehnung der Stadt einzig in einem maximal 1,5 km tiefen Streifen von Ost nach West möglich, wobei eine ebene Zone entlang des Flusses und die angrenzenden Felsplateaus in Richtung der Berge besiedelt sind.

Probeprobungen im Rahmen der Planung der Trinkwasserversorgung zeigten das Vorhandensein eines teilweise gespannten Grundwasserleiters in Katibougou in einer Kiesterasse des Niger. Die obere Kante des Kieses findet sich zwischen 10 und 15 m Tiefe und die Kiesschicht hat eine Dicke von 6 bis 10 Metern.

Der Untergrund ist in Nähe des Ufers am Niger entlang sandig/lehmig bzw. am Fuß der Berge felsig und kann für einzelnen Stadtvierteln folgendermaßen beschrieben werden (IGIP - Hydroplan, 1997):

- Locker in Souban, Koulikoro Centre und Katibougou
- Locker mit felsigen Bereichen in Kalebougou und Koulikoro Ba
- Felsig in Plateau I, II und III

Eine Übersichtsplan von Koulikoro ist im Annex 1 und ein Stadtteilschemata ist im Annex 2 zu finden.

##### 3.1.2 Klima

Das Klima in der Nigerregion um Bamako und damit auch in Koulikoro ist charakterisiert durch den Wechsel von Regen- und Trockenzeiten.

Die durchschnittlichen Niederschläge in der von Ende Mai bis Oktober dauernden Regenzeit machen mit zusammen 763 mm ca. 99 % der Gesamtjahres-Regenmenge von durchschnittlich 768,9 mm aus. Der regenreichste Monat ist der August mit durchschnittlich 235,4 mm Niederschlag (entspricht ca. 30 % der Jahresmenge). Bei den Niederschlägen handelt es sich um kurze heftige Regenereignisse, die täglich stattfinden und von sonnigen Abschnitten unterbrochen werden.

Die Trockenzeit besteht aus einer kühlen Phase von November bis Februar, die für die Vegetation von entscheidender Bedeutung ist. In der heißen Zeit von März bis Mai kann es hin und wieder zu minimalen Niederschlägen kommen.

Die kühlest Monate sind November bis Februar mit durchschnittlichen Minimaltemperaturen von ca. 15 °C und Maximaltemperaturen von ca. 35 °C. Die heißesten Monate März bis Mai weisen durchschnittliche Minimaltemperaturen von ca. 23 °C und Maximaltemperaturen von ca. 40 °C im Durchschnitt auf (CAN 2002, 1998). Die Durchschnittswerte der tabellarischen Zusammenfassung im Annex 3 wurden in den Jahren 1993 bis 1997 im Rahmen der Klimabeobachtung in Katibougou ermittelt. Die bislang gemessenen Tiefsttemperaturen liegen bei 12 °C und die Höchstwerte können 45 °C (im Schatten) erreichen (Etude du Milieu de la ville de Koulikoro, 1996).

Die gemessenen Werte der durchschnittlichen realen Evaporation sind ebenfalls in Annex 3 angegeben. Sie reichen von 2 bis 12 mm/d. Für die Weiterführung des Projekts sind genauere Auswertungen und Messungen vorzunehmen; hierbei ist insbesondere der Einfluß von Wind als hoch einzuschätzen.

### **3.1.3 Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur**

#### **3.1.3.1 Siedlungsstruktur**

Nach seinem Stadtbild und verschiedenen Bevölkerungs- und wirtschaftlichen Indikatoren bietet Koulikoro eine recht ländliche Situation. Die neun verschiedenen, an die Durchgangsstraße nach Bamako angrenzenden Stadtviertel haben größtenteils einen sehr dörflichen Charakter.

Die Gesamtfläche beträgt 759 ha, davon gehören 500 ha zum unmittelbaren Stadtgebiet, wovon nur 337 ha bebaut sind. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte ist mit ca. 80 Einwohnern pro ha im Stadtgebiet niedrig, in den einzigen, für malische Verhältnisse eher städtischen Vierteln Koulikoro Ba und Centre mit ca. 150 Einwohnern pro ha jedoch wesentlich höher (Ebert und Körner, 1998).

Auffallend ist der Widerspruch zwischen den sehr geordnet wirkenden Katasterplänen und reellem Stadtbild, der sich u.a. durch folgende Faktoren erklärt:

Die besiedelten Bereiche Koulikoros sind weit auseinandergezogen, einige Quartiers (Stadtviertel) sind über kilometerlange, un- bzw. nur straßenbegleitend besiedelte Landstraßenabschnitte verbunden. Die R14 ist auch die einzige asphaltierte Straße, die übrigen Wege und Straßen haben die natürlichen Sand- oder Felsoberflächen mit mehr oder weniger starken Erosionsschäden und sind teilweise nur schwer befahr- bzw. gar erkennbar.

Zwar ausgewiesene, aber noch nicht oder nicht mehr bebaute Grundstücke und solche mit verfallenden oder unfertigen Gebäuden reißen teilweise erhebliche Lücken in das Siedlungsbild. Oft wird - dies ist für Afrika generell typisch - je nach den finanziellen Möglichkeiten der in anderen Stadtteilen oder auch in Bamako lebenden Eigentümer über viele Jahre sukzessive an den Häusern gebaut.

Die ohnehin meist recht großzügigen, 300 - 400 m<sup>2</sup> großen 'concessions' (Grundstücke) werden gelegentlich auch zusammengelegt, so dass sich sehr weitläufige Parzellen ergeben. Da diese nur mit kleinsten Einzelgebäuden bebaut werden, ergibt sich nur schwerlich ein geschlossenes Siedlungsbild. Ein Straßenbild entsteht eigentlich vor allem durch die typische, umlaufende mannshohe Umfassungsmauer der Grundstücke, die sich jedoch vor allem in den ohnehin dichter besiedelten Vierteln findet.

Von der Hauptstadt aus Westen kommend erreicht man nach dem Dorf Kayo, das 'vorstädtische', eher locker besiedelte Souban, das oberhalb der Landstraße von der Bahntrasse durchschnitten wird.

Die Bebauung ist recht heterogen. Neben Häusern in traditioneller Banco-Bauweise (Lehmziegel) mit flachen oder flach geneigten Lehm- oder Wellblechdächern finden sich auch Hütten aus Holzskeletten (Äste, dünne Baumstämme), deren Wände und teilweise Dächer aus Grasflechtmatten oder Strohbindeln bestehen (Zeltbauweise der Nomadenvölker des Sahel).

Nach einem etwa 2 km langen Straßenabschnitt schließt sich Koulebougou, vor allem Standort der Industriebetriebe, an. Die größte Öl- und Seifenfabrik Malis, HUICOMA und der Stahlverarbeiter COMANAV mit ihren gemauerten bzw. Stahlhallen dehnen sich hier am Ufer des Nigers aus. Auf die HUICOMA weisen bereits vor der Stadt, aber auch neben der Straße, Halden ausgepresster Baumwollkerne, Abfälle der Ölproduktion, die u.a. als Dünger und Futter für die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt werden, hin. Ein intensiver fauliger Geruch liegt über dem Stadtviertel. Hier befindet sich dennoch das einzige Hotel / Restaurant Koulikoros, das zu HUICOMA gehört.

Die angrenzenden Stadtbereiche Plateau I, II und III sind vor allem Wohngebiete. Sie liegen, wie ihre Namen widerspiegeln, in der felsigen Hangzone - wobei es sich nicht um jeweils ein durchgehendes Plateau o.ä., sondern vielmehr um lockere Stufen- und Gefällebereiche handelt - und passen sich daher in der Bebauungsstruktur in besonderem Maße den topografischen Verhältnissen an. Die in den Katasterplänen so geordneten, vor allem auf Plateau II und III schachbrettartig angelegten Grundstücke und Wegeführungen lassen sich vor Ort nur schwer erkennen. Es bilden sich durch die o.g. aufgelöste Bebauungsstruktur und den oft schwer bebaubaren Untergrund allenthalben alternative Pfade und teils große Freiflächen.

Wie allgemein in Koulikoro üblich, findet sich auch hier (nach Auskunft der Anwohner) eine bunt gemischte Bevölkerungsstruktur. Es existiert keine räumliche Abgrenzung zwischen mehr oder weniger armen Einwohnergruppen. Grundstücksgrößen von ca. 15-20 \* 25 m gelten als typisch, Wohlstandsunterschiede lassen sich für den Betrachter am ehesten am Zustand der Bausubstanz erahnen.

Neben der Banco-Bauweise finden sich - vor allem auf Plateau III - zahlreiche Häuser mit gemauerten Bruchsteinsockeln aus örtlichem Sandstein und auch aus gebrannten Ziegeln oder industriell gefertigten Zementsteinen mit Stahlbetonskeletten. Die meisten Häuser haben Lehm- oder Wellblechdächer. Im Bereich des Plateau III befindet sich auch eine stark frequentierte natürliche Quelle, weshalb dieser Bereich bisher nicht an die Wasserversorgung angeschlossen war. Das grosse, regionale neue Lyzeum liegt ebenfalls am Rande dieses quartiers auf dem Hügel.

Im oberen Bereich des Plateau I wird langsam ein verstreut bebautes Neubaugebiet erschlossen, das derzeit fast ausschließlich unfertige, aber verhältnismäßig hochwertige Wohnhäuser aufweist.

Das im unteren Stadtbereich benachbarte, in Flußnähe gelegene Koulikoro Centre oder Gare (Abfahrtsbahnhof nach Dakar über Bamako, Binnenhafen, Schifffahrt bis Gao) vermittelt entlang der asphaltierten, von informellen, kleinen Läden und Werkstätten gesäumten Hauptdurchgangsstraße einen gewissen kleinstädtischen Eindruck. Hier und im wiederum ca. 2 km entfernten Koulikoro-Ba befinden sich die Märkte der Stadt und die dichteste Besiedlung.

Es dominieren verputzte Banco- und vereinzelt Gebäude aus Beton-/Maurerkonstruktionen. Beliebt sind Vordächer vor dem Haus aus primitiven Holz- / Grasmatten- oder Blechkonstruktionen, die den eigentlichen 'Gehweg'-Bereich als Arbeits- und Verkaufsfläche miterschließen. Es finden sich auch ebenso konstruierte freistehende Pavillons als Verkaufsstände.

Die Abwasserprobleme in Koulikoro Centre werden vor allem durch den schlechten Zustand und die Disfunktionalität der Regenwasserkanäle verursacht. Die bei starken Regen entstehenden Wassermassen können zu einem nicht geordnet abfließen und führen daher zu Erosionsschäden an Straßen und Häusern. Diese starken Regenfälle werden zum anderen vielfach dazu genutzt, Abfälle fester und flüssiger Natur (u. a. die Inhalte von Latrinengruben) zu entsorgen, was durch die mangelnde Kontrolle des Bürgermeisteramtes erleichtert wird.

Koulikoro-Ba 1 und 2 sind historisch gewachsene Viertel mit teilweise schmalen und engen Gassen, die noch nicht vollständig katastermäßig erfasst sind. In Koulikoro Ba 1 lebt die Gründerfamilie der Stadt. Die Bebauungscharakteristik entspricht den vorgenannten Vierteln. Durch die KfW wurde in diesem Stadtteil in den letzten Jahren ein neuer, sehr ansehnlicher Markt, größtenteils aus Bruchstein, finanziert, der jedoch bisher angesichts seiner abgelegenen Lage und aus verschiedenen anderen Gründen nicht genutzt wird. Zwischen Koulikoro-Ba und dem Zentrum liegt die Militärakademie, die quasi als autonome Einheit existiert.

An dieses alte Quartier schließt sich das Gouvernorat an, wo die Regionalverwaltungen der malischen Ministerien mit größeren, auch zweigeschossigen Verwaltungs- und Unterkunftsgebäuden in Massivbauweise ihren Sitz haben.

Das östliche Ende Koulikoros bildet Katibougou mit dem sehr weitläufigen Gelände des IPR, einer internationalen Universität, ebenfalls mit eigenen Wohn- und Verwaltungsgebäuden etc. In diesem Bereich liegen am Nigerufer die neuen Entnahmestellen für das Uferfiltrat zur Erweiterung der Trinkwasserversorgung (FZ-Projekt) und z.B. Versuchsfelder für landwirtschaftliche Forschung, die von auf dem Gelände ansässigen Bauern bestellt werden.

### 3.1.3.2 Bevölkerungsstruktur

In Koulikoro leben die Ethnien Bambara, Peul, Touareg, Boso, Dogon, Senoufo und Kassonké zusammen, wobei die Bambara die große Mehrheit stellen. Die Umgangssprache ist Bambara (Etude du Milieu de la ville de Koulikoro, 1996). Die praktizierten Religionen sind Islam, Naturreligionen (Animismus) und Christentum.

Die Datenlage bzgl. der Bevölkerungsstruktur und insbesondere der durchschnittlichen Haushaltsgröße in Koulikoro stellt sich etwas unübersichtlich dar. Wie in ganz Mali ist die Beschaffung präziser Daten ein großes Problem. Im folgenden werden die unterschiedlichen Informationen zusammengestellt und daraus eine durchschnittliche Rechengröße abgeleitet.

Das Bevölkerungswachstum der Stadt liegt weit unter dem Durchschnitt anderer Städte Malis (2,2 % gegenüber 5 %). Dies liegt auch am hohen Anteil von Pensionären, die sich in Koulikoro mit bescheidenem, aber regelmäßigem Einkommen niedergelassen haben. Die Einwohnerzahl stieg in den letzten zwanzig Jahren von ca. 16.000 auf 26.820 Einwohner im Jahr 1998, davon 12.044 unter 15 Jahren (CAN 2002, 1998).

Die Volkszählung von Dezember 1999 ergab 25.976 Einwohner und 3.074 Familien in Koulikoro, was rechnerisch zu einer durchschnittlichen Familiengröße von ca. 8,5 Personen pro Familie führt (Quelle: persönliche Mitteilung Yacouba Diarra, Mitarbeiter der lokalen TZ Projektes nach Recherchen im Bürgermeisteramt).

In Mali wird grundsätzlich unterschieden zwischen:

- Ménage:  
Ehepaar (oft mehrere Ehefrauen) mit Kindern
- Familie:  
Familie mit Familienoberhaupt (Großeltern, Eltern, Kinder etc.), wobei jeweils die Söhne mit ihrer ‚ménage‘ der Familie zugerechnet werden
- Concession:  
im Regelfall von einer Familie, aber auch von mehreren Familien bewohntes Grundstück. Die Anzahl der Personen, die ein Grundstück bewohnen, kann von ca. 5 bis zu ca. 40 variieren.

Ein Grundstück (concession) verfügt in der Regel über eine Sanitäranlage, die von allen Familienmitgliedern benutzt wird. Einige Familienoberhäupter verfügen über eine eigene Sanitäranlage zu ihrem ausschließlichen Gebrauch.

In unserem Zusammenhang interessiert lediglich, wieviel Personen im Durchschnitt eine Sanitäranlage benutzen und wieviel Nährstoffe im Durchschnitt pro Sanitäranlage, d.h. im Regelfall Grundstück / Familie produziert werden.

Im Rahmen einer Bestandsaufnahme durch das lokale TZ Projekt Ende 1998 wurden 2.567 Grundstücke in Koulikoro erfasst. Dies spricht dafür, dass ein Teil der Grundstücke von mehreren Familien bewohnt wird, was von den lokalen Mitarbeitern bestätigt wurde. Auf dieser Grundlage kommt man zu einer durchschnittlichen Zahl von ca. 10 Personen pro Grundstück und damit pro Sanitäranlage.

Nach dem Bericht CAN 2002 (1998) wird der Anteil der Kinder unter 14 Jahren an der Bevölkerung auf ca. 45 % geschätzt.

Da Kinder einen geringeren Stoffwechsel haben und damit weniger Nährstoffe (Fäkalien und Urin) ausscheiden als Erwachsene, wird pro Grundstück / Sanitäranlage mit einem Äquivalent von Ausscheidungen gerechnet, das ca. 8 erwachsenen Personen entspricht. Diese Zahl wird im folgenden als Rechengröße zugrunde gelegt.

### **3.1.4 Finanzen und wirtschaftliche Situation**

#### Mali

Die Situation der Gemeinden in Mali ist - wie die des gesamten staatlichen Apparates - durch einen chronischen finanziellen Mangel gekennzeichnet. Die wichtigsten Einkommensquellen der Kommunen sind die Gewerbesteuer, die Gebühren für Märkte und andere Einrichtungen mit speziellen wirtschaftlichen Aktivitäten gekoppelten Abgaben. Rein gesetzlich sind schon heute sehr viel höhere als die tatsächlich eingezogenen Steuern und Gebühren vorgesehen, sie werden jedoch i. d. R. nicht durchgesetzt (dies wird gängigerweise mit ‚incivisme (Ungehorsam / Nicht Vollzug) fiscale‘ beklagt) (Ebert und Körner, 1998).

#### Koulikoro

Die Wirtschaft der Stadt beruht auf der Landwirtschaft, den Handelswegen (Eisenbahn, Fluß) und vor allem der Industrie, in der fast 700 Personen fest und ca. 400 saisonal beschäftigt sind. HUICOMA ist die einzige Öl- und Seifenfabrik Malis mit ca. 500 fest angestellten Mitarbeitern. COMANAV ist ein Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie / Schiffbau, mit ca. 200 fest angestellten Mitarbeitern. Außerdem ist die Getreidemühle ‚Grand Moulin du Mali‘ in Koulikoro ansässig.

Koulikoro ist eine Universitäts-, Industrie- und Hafenstadt mit folgenden hauptsächlichen Erwerbszweigen:

- Fischfang: keine Zahlen über Mengen; Fische werden frisch oder getrocknet in Koulikoro und Bamako verkauft
- Gemüseanbau und peri-urbane Landwirtschaft: am linken und am rechten Flußufer; Produkte gehen hauptsächlich nach Bamako
- Sand- und Kiesgewinnung aus dem Bett des Niger: hauptsächlich im Winter; sehr lukrativ
- Zwei große permanente Märkte
- Kunsthandwerkliche Färberei und Seifenherstellung
- Steinbrüche: Abbau von Bausteinen für Straßen- und Gebäudebau

Außerdem haben folgende Verwaltungen und Institutionen ihren Sitz in Koulikoro (IGIP - Hydroplan, 1997):

- IPR - Institut Polytechnique Rural de Katibougou mit ca. 1.500 Studenten
- Camp Militaire (EMIA - Ecole Militaire Inter-Arme, Ecole Militaire d'Administration, Ecole d'Etat-Major)
- Gouvernorat
- Régie des Chemins de Fer du Mali
- Hôpital Régional
- Mairie
- Jumelage
- Divers Directions Régionales
- Office de la Haute Vallée du Niger

Durch die Anwesenheit der Fabrik, des Hafens, der Endstation der Eisenbahn und verschiedener Verwaltungseinrichtungen ist Koulikoro eine für malische Verhältnisse keineswegs ‚arme‘ Stadt (CAN 2002, 1998).

### Einnahmen der Kommune Koulikoro und Pro-Kopfeinkommen der Bevölkerung

Der städtische Haushalt wird vollständig aus lokalem Steueraufkommen bzw. Einnahmen aus Gebühren und Landverkauf gedeckt. Das Haushaltsvolumen lag 1993 - 1996 bei jeweils ca. 80 Mio. FCFA<sup>1</sup> (= ca. 280.000 DM), davon wurden durchschnittlich 75 % für laufende Ausgaben verwendet. Die laufenden Einnahmen stiegen im Zeitraum von 1993 - 1996 von 41 Mio. FCFA auf 71 Mio. FCFA. Ein großer Teil der laufenden Einnahmen kommt von den Gewerbebetrieben; die fünf größten trugen im Jahre 1995 43 % zu den städtischen Einnahmen bei. Die tatsächliche Belastung der Privathaushalte und des Handels mit Steuern und Gebühren ist sehr gering und bewegt sich in der Größenordnung von 2000 FCFA (= ca. 7 DM) / Jahr und Kopf. Demgegenüber steht ein durchschnittliches Pro-Kopf-Einkommen von 129.000 FCFA (= ca. 450 DM) /Jahr im Jahr 1995 (Ebert und Körner, 1998).

### Unterhaltung der städtischen Infrastruktur

Wie andere Städte Malis war auch Koulikoro bislang nicht in der Lage, den Unterhalt der städtischen Infrastruktur zu gewährleisten. Im Rahmen der von der Weltbank finanzierten ‚Projets Urbains‘ PU III wurde ein trilateraler Vertrag zwischen der Koordinierungseinheit des Projektes (CCP), AGETIPE (der nationalen, privatrechtlich organisierte Beschäftigungsgesellschaft) und der

---

<sup>1</sup> 100 FCFA entsprechen 1 FF, ca. 0,35 DM, ca. 0,18 €

Stadt Koulikoro abgeschlossen (contrat de ville). In ihm sind mit einer Laufzeit von 1997 - 2002 56 Mio. FCFA für Unterhaltungsmaßnahmen vorgesehen. Die Stadt ist zu einer Beteiligung am Unterhaltsfonds verpflichtet, die Einzahlung soll von 1 Mio. FCFA im Jahre 1997 bis auf 5 Mio. FCFA 2002 und 2003 steigen. Das entspräche im Jahre 2002 einer zusätzlichen Steuerlast von 1000 FCFA (= ca. 3,50 DM) / Haushalt / Jahr (Ebert und Körner, 1998).

U. Springorum schildert in seinem Bericht vom Dezember 1997 die wirtschaftliche Situation in Koulikoro als wenig hoffnungsvoll:

“Engagierte und erfolgversprechende Ansätze und Initiativen zur wirtschaftlichen Belebung sind nur in Anfängen zu erkennen. Dies kann auch kaum verwundern, wenn man weiß, dass in Koulikoro 40 % der Haushaltungen von Pensionären geführt werden, die ein geringes, aber relativ festes Einkommen haben. Neue wirtschaftliche Aktivitäten sind in einem solchen Umfeld schwer zu entwickeln. Das Potential zur wirtschaftlichen Belebung ist zwar vorhanden, in Koulikoro gibt man sich aber nur zu gerne unrealistischen Träumereien hin, ohne sich um näherliegende Grundprobleme zu kümmern. Dies gilt auch für die bisherige Führungsmannschaft in der Mairie. Deutlich angesprochen wird dies in der Behörde des Gouverneurs, wo man der Auffassung ist, dass sich die Kommunalverwaltung ausschließlich auf den Verkauf von Grundstücken beschränkt und keine neuen wirtschaftlichen Aktivitäten unterstützt hat.“ (Zitat Springorum, 12/97, S. 19 nach Ebert und Körner, 1998)

### Private Initiativen in Koulikoro

Belange der Entsorgung sowohl flüssiger als auch fester Abfälle nehmen in Mali in erster Linie private Initiativen, sog. GIE'S (groupements d'intérêt économique) war. Ihre Entstehung und Arbeit wird vom Staat vor allem durch Steuererleichterungen und Subventionen gefördert, um so zur Bekämpfung der hohen Arbeitslosigkeit beizutragen.

In Koulikoro existieren nach Ebert und Körner (1998) allerdings praktisch weder funktionierende Selbsthilfeinitiativen noch privatwirtschaftliche Zusammenschlüsse (GIE's). Lediglich die Gruppe Sanuya organisiert eine Müllabfuhr mittels Eselskarren. Die Gruppe ist von der Bürgermeisterei und der französischen EZ erstausgestattet worden. Sie ist nicht konsequent betriebswirtschaftlich ausgerichtet, sondern hat nach den Worten ihres Gründers in erster Linie das Ziel zur Reinhaltung der Stadt beizutragen.

### 3.1.5 Gesundheitszustand der Bevölkerung

In den Jahren 1993 bis 1997 wurden folgende hauptsächliche Krankheitsbilder im Krankenhaus bzw. in Krankenstationen von Koulikoro diagnostiziert:

| Krankheiten                 | 1993  |      | 1994  |      | 1995  |      | 1996  |      | 1997  |      |
|-----------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|                             | Fälle | Tode | Fälle | Tode | Fälle | Tode | Fälle | Tode | Fälle | Tode |
| <b>Diarrhö</b>              | 533   | 1    | 484   | 4    | 429   | 5    | 564   | 2    | 950   | 4    |
| <b>Malaria</b>              | 4.273 | 3    | 5.197 | 5    | 2.188 | 12   | 3.506 | 27   | 4.975 | 19   |
| <b>Atemwegserkrankungen</b> | 1.140 | 1    | 1.306 | 4    | 575   | 1    | 520   | 2    | 1.207 | 13   |

|                      |       |   |       |   |     |   |     |   |       |   |
|----------------------|-------|---|-------|---|-----|---|-----|---|-------|---|
| <b>Verbrennungen</b> | 1.747 | 2 | 1.730 | 0 | 709 | 1 | 864 | 0 | 1.242 | 1 |
| <b>Bilharziose</b>   | 346   | 0 | 249   | 0 | 53  | 0 | 135 | 0 | 174   | 0 |

In den letzten fünf Jahren sind keine Cholera Fälle in Koulikoro aufgetreten (CAN 2002, 1998).

Unter Diarrhö sind Krankheitsbilder wie Darmwürmer, Amöbenruhr, bakteriell bedingte Dysentrien etc. zusammengefasst. Derartige Erkrankungen sind direkte Folge ungenügend hygienischer Lebensbedingungen und in erster Linie auf mit Parasiten / Bakterien verunreinigtes Wasser (über Ausscheidungen Infizierter) und Nahrungsmittel aus mit nicht hygienisierten Fäkalien gedüngter Landwirtschaft zurückzuführen.

Die verfügbaren Statistiken beruhen auf erfassten Fällen der Hospitäler und Gesundheitsstationen. Diese machen nach Schätzungen in anderen Quellen nur etwa 15 % der tatsächlich auftretenden Krankheitsfälle aus, während der Rest der Fälle traditionell oder gar nicht behandelt wird (KfW Arbeitshilfen, 1997). Es ist also davon auszugehen, dass die Zahl an Diarrhö erkrankter Menschen in Koulikoro um ein vielfaches höher liegt, da das Krankenhaus nur in schwerwiegenden bzw. Notfällen aufgesucht wird.

### 3.1.6 Struktur der Administration im Entsorgungsbereich

#### Geschichte

Seit 1904 bildete Mali unter dem Namen Sudan (Soudan) eine eigene Verwaltungseinheit als Teil von Französisch - Westafrika, 1946 wurde es Überseeterritorium der Französischen Republik. 1959 - 60 bildete es mit Senegal die Mali - Föderation, die 1960 die Unabhängigkeit erhielt. Nach Auflösung der Föderation proklamierte M. Keita, der Führer der ‚Union Soudanaise‘, am 22. September 1960 die Republik Mali und übernahm das Amt des Staatspräsidenten. Er leitete eine sozialistisch orientierte Innenpolitik ein und suchte Wirtschaftshilfe bei kommunistischen Staaten. Jedoch blieb Mali auch mit Frankreich verbunden und mit der EWG assoziiert. Nach einem Militärputsch 1968 übernahm 1969 M. Traoré als Staatsherr die Macht. Seit 1968 leisteten vor allem auch die westlichen Industriestaaten Entwicklungshilfe (Brockhaus Lexikon, 1986).

1992 wurde Moussa Traoré entmachtet und der bis heute amtierende Präsident Alpha Oumar Konaré übernahm die Regierungsverantwortung. Er wurde in den Wahlen Sommer 1997 mit über 85 % der abgegebenen Stimmen wiedergewählt (CIA Factbook, 1999).

Die demokratische Regierung (gemäß Verfassung vom 12. Januar 1992) hat sich die politische und administrative Dezentralisierung zur Hauptaufgabe gemacht. Der gesetzliche Rahmen wurde in den Jahren bis 1996 geschaffen (Ebert und Körner, 1998).

#### Aufbau der Verwaltung

Mali ist in acht Regionen (Gao, Kayes, Kidal, Koulikoro, Mopti, Segou, Sikasso und Tombouctou) und einen Distrikt (Bamako) aufgeteilt. Zusätzlich zu den auf der alten kolonialen Struktur basierenden Kreisen, besteht Mali seit der Dezentralisierung aus 701 selbstverwalteten Kommunen. Diese Selbstverwaltung ist eine direkte Folge der Dezentralisierung.

Die Kommunen sind u. a. verantwortlich für Hygiene und Abfall- und Abwasserentsorgung in ihrer Gemeinde. Die Kommunen können Entsorgungsgebühren erheben. Deren Höhe ist mit Angabe der möglichen Bandbreiten im Gesetz zur Dezentralisierung geregelt (s. Loi N°96 - 051 déterminant les ressources fiscales des communes, chapitre III).

Nationale und regionale Fachbehörden sind für die Entwicklung der grundsätzlichen Entsorgungspolitik und deren regulierende Aspekte zuständig.

### Beteiligte Ministerien, Verwaltungen, Organisationen, Personen etc

Auf nationaler Ebene sind folgende sechs Ministerien mit Aufgaben im Bereich Entsorgung betraut:

- Ministère de la Santé, de la Solidarité et des Personnes Agées mit der Direction Nationale de la Santé Publique
- Ministère du Développement Rural et de l'Eau mit der Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH) und dem ‚Laboratoire de la Qualité des Eaux‘
- Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat mit der Direction Nationale de l'Urbanisme
- Ministère des Travaux Publics et des Transports mit der Direction Nationale des Travaux Publics
- Das erst Anfang 1998 gegründete Ministère de l'Environnement, mit der Direction Nationale d'Assainissement et de Contrôle des Pollutions et des Nuisances et ses Démembrements (DNACPN).

Die DNACPN wurde erst 1998 gegründet und hat Anfang 1999 ihre Arbeit aufgenommen. Innerhalb dieser Direktion gibt es eine Abteilung Entsorgung, die wiederum in Abteilungen für ‚flüssige‘ (Abwasser) und ‚feste‘ Abfälle aufgeteilt ist.

Die nationalen Direktionen haben ihre entsprechenden Einheiten auf regionaler Ebene. Für die zweite Region (Koulikoro und Kati) sind dies im Bereich Entsorgung:

- Direction Régionale de la Santé Publique
- Direction Régionale de l'Urbanisme
- Direction Régionale d'Assainissement et de Contrôle des Pollutions et des Nuisances et ses Démembrements (DRACPN)

Die Verantwortlichkeiten für Durchführung und Unterhaltung der Stadtentsorgung (Abwasser und Abfall) liegen auf kommunaler Ebene direkt bei den jeweiligen Bürgermeisterämtern.

## **3.2 Wasserverbrauch und Trinkwasserversorgung in Koulikoro**

### Trinkwasserversorgung

Die Trinkwassernachfrage ist in den Monaten März bis Juni (heiße Periode) am höchsten und liegt in dieser Zeit seit 1990 über dem Dargebot der Trinkwasseraufbereitungsanlage in Koulikoro

Das Wasserversorgungsnetz war 1995 46.586 m lang. Die tertiären Wasserleitungen (28.710 m) sind häufig undicht und führen so zu erheblichen Wasserverlusten. Im August 1996 gab es 1.029 Hausanschlüsse (branchements) mit einer durchschnittlichen Leitungslänge von 27,8 m. Diese hohe Länge ist auf den städtebaulichen Charakter (wenig dichte, weit verteilte Bebauung) zurückzuführen (s. Kap. 3.1.3).

In Koulikoro sind drei Gruppen von Wassernutzern zu unterscheiden:

- B.P. - Branchements Privés
- B.F.- Borne-Fontaine
- Industrie / Großverbraucher.

Die Tarife sind nach Verbrauch gestaffelt. Anzumerken ist, dass viele Wasserzähler defekt und die Rechnungen daher oft willkürlich sind.

Die IPR verfügt über eigene Brunnen (2) und versorgt sich weitgehend selbst - Wasser der EDM wird lediglich sporadisch in Anspruch genommen.

In der Studie von IGIP - Hydroplan (1997) wurden folgende Bedarfszahlen zugrunde gelegt:

- 60 l/Tag\*Einwohner für Hausanschlüsse (Projektion bis 2008)
- 15 l/Tag\*Einwohner für öffentliche Zapfstellen (Projektion bis 2008)

Die Haushalte bezahlen 60.000 FCFA für einen Hausanschluß. Die restlichen Baukosten werden durch die EDM subventioniert (Gesamtkosten ca. 120.000 bis 200.000 FCFA).

### Wasserverbrauch

Die Zahlen zum Wasserverbrauch in Koulikoro stellen sich je nach Datenquelle sehr unterschiedlich dar.

Nach Angaben der EDM (Energie du Mali) wurden 1999 658.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser an 1198 Abonnenten geliefert. Das entspricht rechnerisch 549 m<sup>3</sup> Wasserlieferung pro Abonnent und damit 1504 l/Tag\*Abonnent. Diese Zahlen beinhalten offensichtlich die Großverbraucher, da nach IGIP - Hydroplan (1997) der spezifische Verbrauch der Hausanschlüsse mit ca. 822 l/Tag\*Abonnent - in diesem Fall Haushalte - deutlich niedriger liegt.

Der tatsächliche Wasserverbrauch pro Einwohner ist nur schwer zu bestimmen, da es Widersprüche gibt in den Zahlen zum Verbrauch, der Anzahl der Abonnenten, den Bevölkerungszahlen etc. Es ist davon auszugehen, dass Wasseranschlüsse von nicht registrierten Nachbarn mitbenutzt werden. Bei einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von 9,2 Personen (Annahme IGIP - Hydroplan, 1997) und einem Wasserverbrauch der in etwa dem von 14 Personen (bei 58,7 l/Tag\*Person) entspricht, kann davon ausgegangen werden, dass ca. 1,5 Haushalte von einem Anschluß profitieren. Unklar ist bisher, in welchem Umfang sich Verluste aus undichten Leitungen auswirken.

Sowohl bezüglich der Haushaltsgröße als auch des individuellen Wasserverbrauches wurden von der Direction Régionale d'Urbanisme (persönliche Mitteilung M. H. Maiga) andere Zahlen genannt. So umfasse der durchschnittliche Haushalt 10 - 15 Personen und der Wasserverbrauch liege in Koulikoro bei maximal 40 - 50 Liter pro Person und Tag. Viele Haushalte füllen nur einmal am Tag eine Wassertonne (mit 200 bis maximal 300 Liter Fassungsvermögen), die dann für den ganzen Tag reicht. Das ergibt einen Wasserverbrauch von 15 bis maximal 30 Liter pro Person und Tag für diese Haushalte. Nach seiner Einschätzung wird sich auch durch die zusätzliche Trinkwasserversorgung an diesem Verbrauchsverhalten angesichts der relativ hohen Wasserpreise wenig ändern.

Nach Erfahrungswerten aus der FZ (KfW) liegt der Wasserverbrauch pro Person in Koulikoro noch deutlich niedriger, nämlich bei ca. 20 l / Kopf und Tag (10 l bei öffentlichen Zapfstellen). Über 40 Liter gehe er nie hinaus. Es wird angenommen, dass die hohen Verbräuche in Koulikoro u.a. durch das - nicht erfaßte und nicht zahlende - Militär verursacht werden.

Nach Erkenntnissen der KfW (KfW Arbeitshilfen ‚Sind städtische Wasserversorgungsprojekte in Mali nachhaltig wirksam?‘, 1997) sind in allen untersuchten Städten in Mali (Koulikoro, Kati, Ségou und Kita) Versorgungsgrad und Verbrauchsmengen niedriger als erwartet: ‚Die Verhal-

tensänderungen zugunsten des Verbrauchs gesundheitlich einwandfreien Wassers haben nur sehr langsam stattgefunden. Die geringe Kaufkraft der Bevölkerung hat den Konsum eingeschränkt, und die Zugangsbarrieren wurden weder von der Betreibergesellschaft EDM noch von den zuständigen Gemeinden konsequent abgebaut.'

Bei der in der zweiten Mission im April 2000 durchgeführten Befragung von vier Haushalten wurde ein Wasserverbrauch von 300 - 800 l / Grundstück und Tag festgestellt, dies entspricht einem mittleren Wasserverbrauch von 20 - 40 l / Kopf und Tag.

### **3.3 Abwasser- und Abfallsituation Koulikoro - Hygienische Aspekte der aktuellen Fäkalien- und Abwasserentsorgung**

In Mali werden Fäkalien traditionell von anderem Abwasser (Grauwasser und Urin) getrennt in Latrinengruben gesammelt. Dieses Verfahren ist prinzipiell vom hygienischen Standpunkt her als positiv zu bewerten. Die gesundheitlichen Probleme entstehen erst durch mangelhafte Einrichtungen und fehlerhaften Betrieb der Anlagen.

#### Fäkalien (Schwarzwasser)

„Moderne“ Wasserspültoiletten sind bislang selten in Mali. Selbst in Bamako sind nur etwa 3 % der Haushalte mit Wasserspültoiletten und Abwassersammelgruben (fosses septiques) ausgestattet.

Der Großteil der Bevölkerung benutzt traditionelle Systeme und ist geneigt, diese prinzipiell beizubehalten und zu verbessern. In traditionellen Latrinen werden Fäkalien getrennt von sonstigem anfallendem Abwasser (d.h. Dusch-, Spül- und Waschwasser) und Urin gesammelt.

Die Latrinen werden in der Regel von den Frauen des Haushalts sauber gehalten.

## Grauwasser und Urin (Gelbwasser)

In der Regel wird in den Latrinen oder in einer räumlich benachbarten Abtrennung geduscht (d. h. mit Wasser aus dem Eimer). Dieses Abwasser wird zusammen mit dem Urin aus der Latrine:

- durch ein Rohr in eine außerhalb des Grundstückes liegende offene Grube geleitet (z. B. in den ländlicheren Teilen Koulikoros)
- durch ein Rohr in ein gemauertes Bassin außerhalb des Grundstückes geleitet (z.B. bei felsigem Untergrund, wie in Plateau I - III Koulikoro)
- selten in einen auf dem Grundstück befindlichen Sickerbrunnen geleitet
- durch ein Rohr in einen - in der Regel nicht funktionstüchtigen - Regenwasserkanal geleitet (z. B. in eher städtischen Vierteln, wie Koulikoro Centre und Ba)
- durch ein Rohr direkt auf die Straße geleitet

## Spülwasser

Geschirr wird meist im Freien auf dem Grundstück gespült. Dieses Abwasser wird:

- direkt auf dem Hof ausgegossen (gegen Stauben)
- manchmal zum Bewässern genutzt
- wie das Duschwasser/Uringemisch abgeleitet (s. o.)
- Waschwasser

Viele Haushalte waschen ihre Wäsche am Fluß. Das doch auf dem Grundstück anfallende Waschwasser wird wie das Spülwasser abgeleitet.

Das entweder in einem gemauerten Becken zwischengespeicherte bzw. direkt auf die Straße oder in die nicht funktionstüchtigen Regenwasserkanäle abgeleitete Wasser/Uringemisch bahnt sich seinen Weg durch die Straßen und sammelt sich an vielen Stellen in stehenden Wasserpfützen, die wiederum einen idealen Brutplatz für Insektenlarven und Mikroorganismen abgeben.

Die Stadt verfügt über keine öffentlichen Infrastruktureinrichtungen (Kanalisation / Kläranlagen) im Bereich der Abwasserentsorgung. Die Ausstattung mit privater Infrastruktur ist je nach Stadtviertel unterschiedlich. Auf die gesamte Stadt bezogen verfügen ca. 25 % der Haushalte über einen Wasseranschluß, über eine Sickergrube bzw. ein gemauertes Abwassersammelbecken ca. 30 %, über eine Latrine fast 100 % und über einen Elektrizitätsanschluß ca. 36 % (Ebert und Körner, 1998).

Zur Zeit läuft eine Erfassung der vorhandenen Sanitäreinrichtungen in Koulikoro im Rahmen des lokalen TZ-Projektes, das zusammen mit der Brigade d'Hygiène entsprechende Daten bei Haushalten erhebt, die allerdings noch nicht vollständig ausgewertet sind.

Nach B. Kone (1999) - Brigade d'Hygiène - sind ca. 22 % der Haushalte in Koulikoro mit Sickergruben (puisards) bzw. Abwassersammelbecken ausgestattet. Von diesen puisards entsprechen ca. 37 % den Hygienennormen und ca. 63 % nicht. Ca. 80 % der puisards liegen außerhalb des Grundstückes und nur ca. 20 % innerhalb, wie vorgeschrieben.

Fäkalien werden grundsätzlich getrennt in Latrinengruben gesammelt. Die Sickergruben bzw. Abwassersammelbecken dienen in erster Linie dem Auffangen von Grauwasser gemischt mit Urin. In den Stadtvierteln mit lockerem Untergrund sind die Sickergruben (puisards) in den Boden gegraben, die in der Regenzeit aber nicht ausreichen und oft überlaufen (zu hoher Grundwasserstand in Flußnähe oder ungünstige Platzierung). In den auf Fels gebauten Stadtvierteln

handelt es um oberirdische gemauerte Abwasserbecken mit Ablaufrohr zur Straße hin, das in der Regel bei Bedarf geöffnet wird und das zuvor gesammelte Abwasser so direkt auf die Straße läuft.

In Koulikoro sind etwa 50 Haushalte (= ca. 2 %) mit ‚fosses septiques‘ (abflußlose meist unterirdische Abwassersammelgruben) ausgestattet, die z. T. durch Tankfahrzeuge aus Bamako geleert werden. Sowohl Bau als auch Unterhaltung sind für die meisten Bürger Koulikoros zu teuer. (persönliche Mitteilung B. Maiga). Die GTZ hat den Bau eines fosse septique in Koulikoro realisiert (Ebert, 1998).

Bei den traditionellen Latrinen handelt es sich grundsätzlich um Einkammersysteme.

Am neuen Markt von Koulikoro Centre steht eine öffentliche Latrine zur Verfügung (Entgelt: 25 FCFA pro Benutzung), die zwar von Besuchern gut angenommen wird, aber leider unzureichend gewartet und gepflegt wird.

Die HUICOMA als größte Industrie am Ort verfügt über eine unternehmenseigene Abwasseraufbereitungsanlage, die 1996 in Betrieb genommen wurde.

Zu den Sanitäreinrichtungen der öffentlichen Verwaltungen und des Militärs in Koulikoro liegen keine Daten vor.

Die Kosten für den Bau einer traditionelle Latrine belaufen sich auf 7.500 bis 20.000 FCFA<sup>2</sup>, für eine verbesserte (latrine améliorée) 35.000 bis 200.000 FCFA und für eine Wasserspültoilette mit Leitungsverlegung auf über 300.000 FCFA (Visker et Sissoko, 1998).

Wenn es der Untergrund erlaubt und ausreichend Platz vorhanden ist, werden gefüllte Latrinen-gruben geschlossen und an anderer Stelle neue Löcher gegraben. Wo dies nicht möglich ist, müssen die Latrinen regelmäßig geleert werden. Die Leerung erfolgt in der Regel manuell, ohne dass nennenswerte Sicherheitsvorkehrungen für die Arbeiter getroffen werden. Neben der hygienischen Problematik ist ein grundsätzliches Problem bei allen vorhandenen Latrinenformen die Verunreinigung mit Feststoffen, wie Binden, Präservative, Glas und andere Abfälle, die eine Gefahr für die Arbeiter bei der Entleerung der Latrinen darstellen und auch eine spätere Verwertung erschweren (persönliche Mitteilung GIE Sema Samiya, Kati).

Folgende Kosten entstehen für die Leerung einer Latrine bzw. Sammelgrube (Visker et Sissoko, 1998):

- mit Saugwagen (Spiros): 12.000 - 20.000 FCFA pro Fuhre, abhängig von der Größe der Grube (fosse septique) und der Entfernung (in Koulikoro ca. 20.000 FCFA (ca. 70 DM) zzgl. Fahrtkosten von 70.000 bis 100.000 FCFA (ca. 235 –350 DM) für die Anfahrt aus Bamako)
- manuelle Leerung: 10.000 - 350.000 FCFA, abhängig von der Größe der Latrine, dem Arbeitsaufwand und der Entfernung

Die abgesaugten Grubeninhalte aus den fosses septiques werden auf von der Gemeinde zugewiesene nicht weiter gekennzeichnete Plätze verbracht, wo sie in den Untergrund versickern, meist in der Nähe von ‚wilden‘ Hausmüllsammelstellen. Dies führt zu einer gesundheitlichen Gefährdung der an diesen Orten häufig anzutreffenden Müllsortierer / Sammler (oft Kinder).

Die eher festen / pastösen Inhalte der Latrinen werden zum Teil kurz (1 - 2 Monate) auf der Straße vorgetrocknet und dann praktisch unbehandelt auf die Felder verbracht. Diese Vorgehensweise ist aus hygienischer Sicht, insbesondere im Gemüseanbau, höchst problematisch.

<sup>2</sup> 100 FCFA entsprechen 1 FF, ca. 0,35 DM, ca. 0,18 €

Die gesundheitlichen Probleme bei den vorhandenen Anlagen der Abwasserentsorgung entstehen erst durch mangelhafte Einrichtungen und fehlerhaften Betrieb, wie:

- die Sammlung in nicht abgedichteten Gruben, was zu einem möglichen Eintrag von Krankheitserregern in das Grundwasser führt - besonders problematisch bei sandigen Böden und hohen Grundwasserständen
- der unsachgemäße Bau von Latrinengruben, der zu einer Flutung in der Regenzeit führt und damit zu einer Kontamination des Oberflächenwassers
- die Nicht-Behandlung der in den Gruben gesammelten Fäkalien, die sie unvermindert pathogen erhält
- mangelnde Sicherheitsvorkehrungen beim Leeren der Latrinengruben, die insbesondere für die Arbeiter eine Gefahr darstellen

Dazu kommt die unsachgemäße Zwischenlagerung der unbehandelten Fäkalien auf Straßen und anderen Plätzen, an denen Menschen (vor allem Kinder), Tiere und Krankheitsvektoren (wie Insekten) ungehindert Zugang haben.

Die klassischen Übertragungswege im häuslichen Bereich sind:

- direkter Kontakt mit pathogenem Material insbesondere bei der Leerung der Latrinen / Gruben - direkte Aufnahme von Krankheitserregern z. B. über Hautverletzungen oder Schleimhäute
- direkter Kontakt mit unbehandelten abgelagerten Fäkalien - auch indirekte Aufnahme über den oralen Weg (Essen mit der Hand, die entweder mit den Fäkalien selbst oder Gegenständen, die mit Fäkalien in Kontakt waren in Berührung gekommen ist)
- Übertragung von Krankheitserregern über Vektoren, wie Insekten (insbesondere Fliegen) - besonders problematisch bei offener Lagerung von Fäkalien
- Übertragung über Haus- und Nutztiere, die auf der Straße, den Zwischenlagern bzw. den Feldern mit den Fäkalien in Berührung kommen
- Eintrag von Krankheitserregern in Oberflächen- und Grundwasser (Auswaschung bzw. Versickerung), das dann zur Trinkwasserversorgung herangezogen wird.

In allen Fällen sind Kinder besonders gefährdet, da sie

- zum einen ein höheres Risiko laufen, mit Fäkalien in Berührung zu kommen (beim Spielen auf der Straße)
- im Regelfall weniger vorsichtig sind bei dem, was sie berühren, essen oder trinken
- über eine geringere Abwehrkraft gegenüber Krankheiten verfügen.

### Regenwasser

Entlang der befestigten Hauptstraße sind (fast vollständig) beidseitig offene Betonentwässerungsrinnen (caniveaux) mit einem Querschnitt von ca. 70/70 cm angelegt, die im Bereich der Hauseingänge mit einem Betondeckel o.ä. zum Überqueren abgedeckt werden. In den beiden Handelszentren Koulikoro Centre und - Ba sind auch Märkte und wenige Stichstraßen mit offenen Kanälen ausgestattet. Entlang einiger unbefestigter Straßen, v.a. in Nigernähe, sind ähnliche Rinnen gegraben worden. Oft werden Hauswände nur mit kleinen Gräben (teils nur ca. 30/30 cm) ohne geregelten Ablauf zu schützen versucht, oft existiert keinerlei Regenwasserableitung. Die caniveaux im Zentrumsbereich dienen als Sammler für die Regenwässer aus höhergelegenen Stadtteilen und sollen über Querkanäle in den Niger entwässern.

Dieses Entwässerungssystem soll nicht nur das abfließende Oberflächenwasser ableiten, auch die Hausdächer entwässern über jeweils zahlreiche Wasserspeier direkt in die caniveaux bzw. auf die Straße oder sogar das Grundstück.

Mit Ausnahme weniger kurzer Abschnitte ist festzustellen, dass das Caniveaunetz sehr unzureichend unterhalten wurde. Die Unterhaltung liegt grundsätzlich in der Zuständigkeit der Mairie, die ihre Aufgabe in der Vergangenheit nur unzureichend wahrnahm, bislang keine nennenswerten Mittel für solche Maßnahmen bereithielt und auch die Bevölkerung nicht in die Pflicht nahm. Die Arrêté N° 7 (s Annex 4) sieht eigentlich vor, dass die Anlieger der Kanäle diese sauberhalten.

Lange Abschnitte sind jedoch bis zur Straßenoberkante versandet und verstopft bzw. zusätzlich mit eingeschwemmtem oder hineingeworfenem Abfall gefüllt. Da die bestehenden Kanäle in ihrem aktuellen Zustand ihre Funktion der Regenwasserableitung nicht Weise erfüllen können, wird das Wasser bei starken Regenfällen direkt über die Straßen abgeleitet, wo es Bausubstanz (vor allem Banco) mit sich reißt. Die bei starken Niederschlagsereignissen entstehenden gebirgsbachartigen freien Wasserläufe, die mit Abfällen und Abwässern von den Plateaus in die niedriger gelegenen Stadtteile hinunter fließen, landen letztlich - dann noch zusätzlich mit einer erheblichen Sandfracht belastet - im Niger (Ebert und Körner, 1998). Die bestehenden Kanäle können in ihrem aktuellen Zustand ihre Funktion der Regenwasserableitung nicht in genügender Weise erfüllen.

### Aktuelle Verbesserungschancen

Im Juli 1999 wurde erstmalig eine seitens des lokalen TZ-Projektes initiierte gemeinsame Aktion mit Anliegern und Mairie zur Reinigung eines ca. 1,5 km langen Abschnitts der caniveaux durchgeführt (Rapport 'Opération Curage des Caniveaux à Koulikoro Centre', 1999). Die Arbeit in dieser Richtung soll fortgesetzt werden.

Für die nächsten Jahre ist eine Infrastrukturfinanzierung seitens der KfW im Rahmen des Dezentralisierungsprogrammes in Mali vorgesehen. Diese soll u.a. in Koulikoro für den Ausbau von Stadtstraßen mit entsprechendem Drainagesystem verwandt werden (persönliche Mitteilung B. Keller, C. Twerenbold, KfW, Nov. 1999).

### Mögliche Lösungsansätze

Die Verbesserung des bestehenden Regenwassersystems war angesichts ihrer Komplexität nicht eigenes Thema dieser Mission. Dennoch kann die Abwassersituation nicht ohne die Berücksichtigung des Regenwassers betrachtet werden, da das Abwasser derzeit ausschließlich gemeinsam mit dem Regenwasser oder mindestens auf die gleiche Weise abgeleitet wird.

Hier ist das Augenmerk neben der hygienischen Problematik des frei fließenden oder stehenden Abwassers und den Erosionsschäden an Wegen und Häusern vor allem auf die Vermeidung der Überflutungen der concessions zu richten.

Angesichts der Streusiedlungen in Koulikoro, der heterogenen Bebauung und oft ungeordneten Wegeführungen sowie des meist schwierigen Untergrunds (schwer zu bearbeitender Fels oder aber leicht abtrag- und abschwemmbarer Sandboden) ist es schwer, eine durchgehende und mit überschaubarem Arbeitsaufwand umzusetzende Konzeption oder gar Leitungsführungen zu definieren. In jedem Fall werden nachhaltige Verbesserungen in diesem Bereich mit lokal nicht finanzierbaren Kosten verbunden sein.

### Haushaltsabfälle

Koulikoro verfügt weder über eine ordentliche Mülldeponie noch über ein wirksames System zur Sammlung der Haushaltsabfälle. Das führt dazu, dass sich im gesamten Stadtgebiet ‚wilde‘, nicht gesicherte Sammelstellen finden, von denen aus der Müll durch Wind und Haustiere auf Straßen und Plätzen verteilt wird. Letztendlicher Hauptentsorgungsweg scheint der Fluß Niger zu sein, an dessen Ufern sich der meiste Müll der Stadt sammelt und anlässlich des jährlichen Hochwassers fortgeschwemmt wird.

Am Rande des Plateau II befindet sich der größte Sammelplatz Koulikoros, eine Grube von schätzungsweise 1.000 bis 1.200 m<sup>2</sup> Grundfläche und einer Tiefe von ca. 3 m, die durch die Gewinnung von Baumaterial (Banco) entstanden ist. Nach B. Kone (1999) befinden sich 66 ‚wilde‘ Abfallzwischenlager / Ablagerungsstätten im Stadtgebiet Koulikoros mit insgesamt ca. 3.500 Tonnen Abfall.

Der hier deponierte Hausmüll ist sehr trocken, setzt sich hauptsächlich aus Kehrgut und nicht organischen Abfällen, wie sie in Haushalten zu finden sind, zusammen: Kaputte Schüsseln, Dosen, Gläser, Plastiktüten und -folien, Textilien. Der organische Anteil ist gering. Bei Betrachtung dieser Zusammensetzung macht es keinen Sinn, eine Kompostierung in Hinblick auf Einsatz des Kompostes in der Landwirtschaft voranzutreiben.

Die Abfallsituation in Koulikoro ist als absolut unbefriedigend einzuschätzen und könnte mit verhältnismäßig geringen Mitteln (wie organisierte Sammlung an gegen Windflug geschützten zentralen Plätzen) deutlich verbessert werden. Diese Aufgabe fällt in den Bereich der Bürgermeisterei und wird von dieser bislang offensichtlich nicht als prioritär behandelt.

### Abfälle der HUICOMA

Neben den ‚wilden‘ Ablagerungen der Haushaltsabfälle innerhalb des Stadtgebietes finden sich noch große Haufen von Produktionsrückständen der HUICOMA vor allem entlang der Straße nach Bamako. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich vor allem um die Reste ausgepreßter Baumwollkerne, die von Ziegen und Kühen gefressen bzw. von Bauern zur Düngung ihrer Felder abgeholt werden.

## **3.4 Gesetzliche Grundlagen im Entsorgungsbereich**

Die gesetzgeberischen Grundlagen im Entsorgungsbereich in Mali stellen sich nach eigenen offiziellen Angaben recht unübersichtlich und unvollständig dar.

Nach einem Bericht des malischen Ministeriums für Gesundheit:

- ‚Politique Nationale d’Hygiène Publique‘, 1994  
(? - auf dem Dokument ist kein offizielles Datum angegeben)  
Ministère de la Santé, de la Solidarité et des Personnes Agées

sind zu viele Akteure aus zu vielen Bereichen ohne klar abgegrenzte Aufgabenbereiche in diesem Sektor involviert. Gesetze und Verordnungen sind nicht präzise genug, um als Arbeitsgrundlage zu dienen. Konkrete Polizeiverordnungen / Erlasse (arrêtés) zur Umsetzung fehlen in vielen Fällen.

Insgesamt liegen drei Gesetze (lois), zwei Verordnungen (décrets) und vier Polizeiverordnungen / Erlasse (arrêtés) zum Teil auf nationaler Ebene bzw. lediglich für den Distrikt Bamako vor, die aber nur einige Bereiche der öffentlichen Hygiene regeln:

- Loi n°91-047 / AN-RM du 23 février 1991 relative à la protection de l’environnement et du cadre de vie
- Loi n°89-61 / AN-RM du 2 septembre 1989 portant répression de l’importation, du transit, des déchets toxiques
- Loi n°90-17 / AN - RM du 27 février 1990 fixant le régime des eaux
- Décret n°70 PG-RM du 28 mai 1970 portant délivrance du permis de construire
- Décret n°90-355 / PRM du 8 août 1990 portant fixation de la liste des déchets toxiques et des modalités d’application de la loi n°89-61 / AN-RM

- Arrêté interministériel n°7028 / MRNE-MSPAS portant réglementation de l'inspection sanitaire et de salubrité des produits d'origine animale destinés à l'alimentation humaine au Mali
- Arrêté interministériel n°95-0003 / MDRE-MIAT-MPT T portant interdiction de déverser les hydrocarbures usés dans les collecteurs d'eau, les lacs et les étangs
- Arrêté n° 1 / CD-GC du 23 janvier 1986 portant institution de plans types de puisards et de latrines dans le périmètre du district de Bamako
- Arrêté n°22 / CD-GD du 10 juin 1982 portant règlement de police en matière d'hygiène publique et d'assainissement dans le périmètre du district de Bamako

Für Koulikoro gibt es außerdem folgende Polizeiverordnung des Bürgermeisters:

- Arrêté n° 7 / CK du 26 avril 1989 portant règlement de police en matière d'hygiène publique et d'assainissement dans le périmètre de la ville de Koulikoro (s. Annex 4)

Der Service Régionale d'Hygiène in Koulikoro (Bereich Santé, im Krankenhaus untergebracht) bewilligt Bauanträge hinsichtlich ihrer hygienischen Unbedenklichkeit, bzw. trägt Auflagen in den Plan ein. Hierbei wird verlangt, dass das auf einem Grundstück anfallende Abwasser auf dem Grundstück versickert wird. Die Einhaltung diese Auflagen und die Bauausführung gemäß vorgelegter Baupläne kann aber in der Regel, aufgrund fehlender personeller Ressourcen, nicht überprüft werden (Ebert, 1998).

Die Brigade d'Hygiène wurde im August 1998 von der Bürgermeisterei installiert und bemüht sich seitdem um eine Kontrolle der vorhandenen Einrichtungen und die Verhinderung der nicht genehmigten Ableitungen. Der Erfolg ist bislang mäßig, da die Brigade d'Hygiène sich im Wesentlichen auf die Kontrolle vorhandener Anlagen konzentriert und kostengünstige Vorschläge / Konzepte zur Verbesserung der Situation fehlen.

Genauere Vorgaben und Anweisungen sind in den Normen zur Hygiene aus dem Jahr 1995 formuliert:

- Normes et Procédures d'Hygiène et d'Assainissement, Juin 1995  
Ministère de la Santé, de la Solidarité et des Personnes Agées  
Direction Nationale de la Santé Publique  
Division Hygiène et Assainissement

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zum einen der größte Teil der Gesetze und Verordnungen auf Grund fehlender Polizeiverordnungen / Erlasse zur Durchführung gar nicht umgesetzt werden kann. Zum anderen werden die zur Verfügung stehenden Erlasse / Texte auf Grund mangelnder Autorität des Staates und fehlender Glaubwürdigkeit seiner Vertreter nicht umgesetzt (Zitat aus: 'Politique Nationale d'Hygiène Publique').

Beispiel: Nach dem Gesetz (Politique Nationale d'Hygiène) ist die Entleerung von Latrinen- und Grubeninhalten auf Straßen, öffentlichen Plätzen, in der Natur und auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verboten. Dennoch weist die Behörden, da ordentliche Entsorgungswege fehlen, Plätze für die Entleerung der Tankinhalte (Spiros) zu, die weder gesichert noch für die Öffentlichkeit gekennzeichnet sind (persönliche Auskunft Entsorgungsbetrieb Sema Saniya in Bamako und Besuch vor Ort).

Interessanterweise existieren in Mali seit Juni 1995 die 'Normes et Procédures d'Hygiène et d'Assainissement' der Direction National de la Santé Publique. In diesen werden u.a. neben Maßnahmen zur Hygienekontrolle und Gebäudeplanungsnormen (Belichtung, Belüftung, Grundrißanordnung etc.) auch Standards für Latrinen, Fosses Septiques, individuelle Klär- und Sickergruben und sogar großflächige Abwasserversickerungen festgelegt. Diese sollen bei allen Neubauten eingehalten, bestehende Anlagen sollen so weit wie möglich angepaßt werden. Den vor Ort gewonnenen Eindrücken und geführten Gesprächen nach sind diese Konstruktionen - unabhängig von ihrer Sinnhaftigkeit - sogar in der Hauptstadt - weit von der gängigen Praxis entfernt.

Typische Anforderungen an die Anlagen und Konstruktionszeichnungen aus den Normes werden im Annex 5 dargestellt.

### 3.5 Zusammenstellung der Planungsgrundlagen

Für die Berechnungen und Kostenermittlungen wird im Weiteren von folgenden Kennzahlen für das Gebiet von Koulikoro für den Ist-Zustand und für einen Planungshorizont von 15 Jahren ausgegangen:

Tabelle 3-1: Kennzahlen für Koulikoro

|  | Einheit   | IST-Zustand<br>2000 | Planungs-<br>horizont<br>2015 |
|--|-----------|---------------------|-------------------------------|
| Personen   | [E]       | 26.000              | 36.000                        |
| Anzahl Familien  | [Stk.]    | 3.074               | 4.260                         |
| Anzahl der Grundstücke   | [Stk.]    | 2.567               | 3.557                         |
| Verteilung der Einwohner<br>felsiger Untergrund (Plateau)<br>normaler Untergrund | [%]       | 33                  | 40                            |
|  | [%]       | 67                  | 60                            |
| Bewohner je Grundstück   | [E]       | 10                  | 10                            |
|  | [EW]      | 8                   | 8                             |
| durchschnittlicher Wasserverbrauch   | [l/(E*d)] | 50                  | 60                            |
| Durchschnittlicher Wasserverbrauch<br>mit Wasserspültoilette                     | [l/(E*d)] | 80                  | 90                            |

Es wird ein Bevölkerungswachstum von jährlich 2,2 % angenommen (s. Kap. 3.1.3.2). Bei diesem Wachstum wird eine konstante Familiengröße vorausgesetzt. Da insbesondere auf dem Plateau neue Baugebiete ausgewiesen werden, wird der Anteil an Grundstücken auf felsigem Untergrund überproportional zunehmen. Für den Wasserverbrauch wird eine durchschnittliche Steigerung von jährlich 1 % angenommen, da sich das Benutzerverhalten der Bewohner nach den vorliegenden Erfahrungen nur sehr langsam verändert (s. Kap. 3.2).

Alle Kostenberechnungen werden für den Planungshorizont im Jahr 2015 erstellt; alle im Text gemachten Zahlenangaben beziehen sich auf diesen Zeithorizont. Die Kostenschätzungen beruhen auf der Verwendung grober Kennwerte, die bei einer weiteren Bearbeitung einer detaillierteren Betrachtung unterzogen müssen. Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie ist die Genauigkeit ausreichend, da Auswirkungen auf die wirtschaftliche Machbarkeit schon mit dieser Detaillierung sichtbar werden.

---

## 4 Gegenüberstellung möglicher Lösungsansätze

In diesem Kapitel werden mögliche technische Ansätze für die Lösung / Verbesserung der Abwasserproblematik in Koulikoro zusammengestellt und diskutiert.

Dabei handelt es sich zum einen um klassische zentrale Lösungsansätze, wie Schwemmkanalisation, 'Condominial' oder 'small bore sewer' System mit Kläranlage (Teichklär- oder Belebungsanlage), (s. Kapitel 4.1)

Zum anderen werden dezentrale Systeme betrachtet, die wiederum

- I. in konventionelle, wie 'fosse septique' (unterirdische Sammelgruben) mit Kläranlage und traditionelle oder VIP (Ventilated Improved Pit) Latrinen mit sogenannten 'puisards' (Abwassersickergruben) (s. Kapitel 4.2)
- II. und alternative, wie die dezentrale Sanitäranlage, die alle Teilströme (Fäkalien, Urin und Grauwasser getrennt erfasst und behandelt (s. Kapitel 4.3 und 4.4)

unterteilt werden.

Des Weiteren werden in Kapitel 4.5 semi-zentrale Lösungsansätze beschrieben und diskutiert, die die dezentrale Lösungen ergänzen bzw. zur schnellen Verbesserung der aktuellen Situation beitragen können.

Die verschiedenen Lösungsansätze sind in Tabelle 4-1 als Übersicht dargestellt.

Die verschiedenen Systeme werden kurz beschrieben und ihre Vor- und Nachteile unter den spezifischen lokalen Bedingungen in Koulikoro diskutiert. Die Kosten für die verschiedenen Lösungsansätze werden vereinfacht und grob geschätzt in Annex 20 und Annex 21 tabellarisch aufgelistet und in Kapitel 8 interpretiert und gegenübergestellt.

Tabelle 4-1: Übersicht der dargestellten Lösungsansätze

| Kap.   | Lösungsansatz                                    | Technische Elemente                            |                                |   |
|--|--|--|--------------------------------|---|
|  |  | Erfassung<br>(Toilette)                        | Ableitung<br>(Kanalisation)    | Behandlung  |
| <b>zentrale Lösungsansätze</b>                 |  |  |                                |   |
| 4.1.1  | Schwemmkanalisation mit Belebungsanlage          | Spültoilette (WC)                              | Schwemmkanal                   | Belebung  |
| 4.1.2  | Schwemmkanalisation mit Teichkläranlage          | Spültoilette (WC)                              | Schwemmkanal                   | Teichanlage   |
| 4.1.3  | Condominial-System                               | Spültoilette (WC)                              | Schwemmkanal                   | Wie 4.1.1 oder 4.1.2                                |
| 4.1.4  | Small-bore-Sewer-System                          | Spültoilette (WC)                              | Schwemmkanal                   | Wie 4.1.1 oder 4.1.2                                |
| <b>dezentrale Lösungsansätze</b>               |  |  |                                |   |
| 4.2.1  | 'Fosse septique'                                 | Tradit. Latrine                                | -                              | Zentral in Belebung                                 |
| 4.2.2  | Traditionelle malische Latrine und puisard       | Tradit. Latrine                                | Trennung in Fäk. u. Grauwasser | -   |
| 4.2.3  | VIP-Latrine und puisard                          | VIP-Latrine                                    | Trennung in Fäk. u. Grauwasser |   |
| 4.4.1  | EcoSan Sanitäranlage                             | Trocknungstoilette mit Trennung Fäk. u. Urin   | -                              | Trocknung von Fäk. u. Urin<br>Behandlung Grauwasser |
| 4.4.3  | Nicht separierendes (Fertigteil)trocknungssystem | Trocknung                                      | getrennte Ableitung Grauwasser | Behandlung von Grauwasser erforderlich              |
| 4.4.4  | Separierendes (Fertigteil)trocknungssystem       | Trocknung Fäkalien<br>Sammlung Urin            | getrennte Ableitung Grauwasser | Behandlung von Grauwasser erforderlich              |
| 4.4.5  | Komposttoilette                                  | Kompostierung                                  | getrennte Ableitung Grauwasser | Behandlung von Grauwasser erforderlich              |
| <b>ergänzende semi-zentrale Lösungsansätze</b> |  |  |                                |   |
| 4.5.1  | Semizentrale Fäkalbehandlung                     | Tradit. Latrine                                |                                | Behandlung von Grauwasser erforderlich              |
| 4.5.2  | Semizentrale Urinbehandlung                      | Latrine mit Urintrennung (z.B. EcoSan-Latrine) | Sammlung Urin                  | Behandlung von Grauwasser erforderlich              |
| 4.5.3  | Semizentrale Grauwasserbehandlung                | -  | -                              | GW-Behandlung außerhalb des Grundstücks             |
| 4.5.4  | Biogasanlage                                     | Spültoilette (WC)                              | Schwemmkanal                   |   |

## 4.1 Vergleich möglicher zentraler Lösungsansätze

### 4.1.1 Schwemmkanalisation mit Belebungsanlage

Der Bau eines konventionellen Abwasserentsorgungssystems mit Schwemmkanalisation und zentraler Kläranlage nach westlichem Vorbild verursacht einen erheblichen Investitionsbedarf von ca. 63 Mio. DM (Planungshorizont 2015). Da ein Drittel des Stadtgebiets auf felsigem Untergrund gebaut ist, ist der Einbau des Gefällekanals in den felsigen Untergrund mit erheblichem Aufwand verbunden.

Mit der Einführung eines Schwemmkanals muss in allen Haushalten die traditionelle Trockenlatrine gegen eine Wasserspültoilette ersetzt werden (Investition in den Haushalten: ca. 300.000 FCFA (1.050 DM) je Haushalt).

Da die Einführung von Gemeinschaftstoiletten die Toilettenanlagen in der Regel verschmutzen und unbrauchbar werden lässt, ist die Installation von je einer Wassertoilette pro Grundstück wahrscheinlich. Hierfür ist die Wasserversorgung zu erweitern, da die bisher durch eine öffentliche Zapfstelle versorgten Haushalte eine eigene Wasserversorgung benötigen. Der für die Spülung erforderliche Wasserbedarf muß bereitgestellt werden und wird in den Haushalten höhere Kosten verursachen. Die Einführung von Wasserspültoiletten würde für Koulikoro bei einem angenommenen realistischen Verbrauch von 30 l/(E\*d) zu einem Mehrverbrauch von Trinkwasser von ca. 780 m<sup>3</sup>/d führen, dies entspricht einer Zunahme von 60 %. Die Kosten für die zusätzliche Toilettenausrüstung, den zusätzlichen Trinkwasserhausanschluß und den erhöhten Wasserverbrauch werden in der Kostenrechnung nicht erfaßt.

Die Erfahrungen zeigen, dass der Betrieb von Schwemmkanalisationen durch einen erhöhten Eintrag von Straßenkehricht und Abfall in der Regel immer nachhaltig gestört ist. Dieses wird durch den niedrigen Wasserverbrauch noch verstärkt.

Fehlanschlüsse an die Schwemmkanalisation müssen durch eine intensive Überwachung des Systems ausgeschlossen werden, da ansonsten der von Niederschlagswasser in der Regenzeit zu Überschwemmungen des Systems führen wird und wiederum eine hygienische Gefährdung für die Bevölkerung darstellt.

Für eine technische Kläranlage nach westlichem Vorbild (Belebungsanlage oder Tropfkörper) muß eine technische Betreuung und eine Versorgung mit Ersatzteilen im Falle eines Defekts (Belüfter, Pumpen etc.) gewährleistet sein. Der Flächenverbrauch für eine technische Abwasseranlage kann in erster grober Näherung mit ca. 15.000 m<sup>2</sup> angesetzt werden.

Diese Lösung weist einen linearen Stoffstrom auf, d.h. alle durch den Menschen ausgeschiedenen Nährstoffe werden durch die Schwemmkanalisation in die Abwasserbehandlungsanlage transportiert und dort, auch bei weitgehender Reinigung nach europäischem Standard auf verschiedenen Pfaden (Luft (Stickstoff), Schlamm (Phosphor), Wasser (Stickstoff, Phosphor, Kalium)) in die Umwelt eingetragen. Eine Rückführung bzw. Nutzung von Nährstoffen kann auch bei landwirtschaftlicher Klärschlammverwertung und Nutzung des gereinigten Abwassers nur in reduziertem Umfang stattfinden, zumal der wahrscheinliche Standort der Kläranlage in Nigernähe in einiger Entfernung von den landwirtschaftlichen Flächen liegen wird und ein Transport des gereinigten Wassers sehr aufwendig ist. Eine landwirtschaftlich Nutzung des Klärschlammes erfordert eine Behandlung (Trocknung), da aufgrund der nicht ganzjahreszeitlichen Nutzung eine Lagerfähigkeit des Klärschlammes gegeben sein muß. Klärschlamm stellt insbesondere bei zentralen Systemen mit gemeinsamer Ableitung aller Teilströme eine potentielle Schadstoffsenske dar, durch die akkumulierte Schadstoffe bei der Nutzung in die Landwirtschaft eingetragen werden. Insbesondere bei der befürchteten Nutzung einer zentralen Kanalisation als Möglichkeit

der Abfallentsorgung werden sich organische und anorganische Stoffe im Schlamm wiederfinden und eine landwirtschaftliche Nutzung beeinträchtigen.

#### 4.1.2 Schwemmkanalisation mit Teichkläranlage

Eine technisch einfachere Kläranlage, wie sie Abwasserteiche darstellen, benötigt einen erheblich höheren Platzbedarf als eine technische Belebungsanlage. Da in und um Koulikoro ausreichend Platz für eine solche Anlage vorhanden ist, und diese Anlagen technisch erheblich einfacher und unanfälliger gegenüber starken hydraulischen Schwankungen ist, stellt eine Teichkläranlage eine bessere Lösung zur Abwasserreinigung dar. Diese Anlagen können in Grenzen auch mit Mischwasser beaufschlagt werden, d.h. durch Fehlschlüsse eingeleitetes Niederschlagswasser wirkt sich nicht so negativ wie den oben beschriebenen technischen Anlagen aus. In erster Näherung kann von einer Teichfläche von 3 m<sup>2</sup>/E ausgegangen werden, es wären somit eine bzw. mehrere Teiche mit einer Gesamtteichfläche von ca. 78.000 m<sup>2</sup> erforderlich.

Die Anlagen können als semi-zentrale Anlagen in die Nähe der verschiedenen Stadtteile Koulikoros platziert werden; somit können die Kanallängen für den Bau von Transportkanälen reduziert werden.

Die Anlagen erfordern keine aufwendige Wartung technischer Anlagen und können in einfacher Bauweise erstellt werden, auch wenn auch hier der Kanalisationsbau die höchsten Kosten verursacht. .

Eine Nährstoffnutzung ist wie bei der vorherigen Variante nur in reduziertem Umfang möglich.

#### 4.1.3 Condominial-System

Condominial-Systeme zur Abwasserableitung weisen gegenüber der herkömmlichen Entwässerung im Straßen- oder Straßennebenraum die folgenden Besonderheiten auf:

- Anordnung des Sammlers nahe des Abwasseranfallorts (Toilette oder Küche) - meist auf der Gebäuderückseite - zur Reduzierung von Kanallängen
- Verlegung der Leitung als Verbindungsleitung zwischen den Grundstücken bis zum Anschluß an einen Hauptabwasserkanal
- Erstellung vielfach in Eigenleistung durch Zusammenschluß der Anrainer - ggf. mit kommunaler Unterstützung
- Übertragung der Verantwortlichkeit der Wartung und des Betriebs an die Anrainer
- Reduzierte Kosten durch Verlegung mit minimalem Gefälle und Querschnitt

Condominial Systeme werden meist im Gebäudebestand realisiert und finden bei Neubaugebieten bisher wenig Anwendung (Reed, 1995).

Die Realisierung eines typischen condominial Systems wird in Koulikoro aus folgenden Gründen nicht kostengünstig durchzuführen sein:

- Die Sanitäreinrichtungen bzw. Latrinen liegen auf dem Grundstück vielfach an der Straßenseite. Es sind somit schon kurze Anschlußlängen bis zu einem Straßensammelkanal gegeben.
- Die Grundstücke sind in der Regel zu allen Seiten mit Gebäuden versehen. Bei der Verbindung von Grundstücken innerhalb eines Blocks sind viele Gebäude zu unterqueren; dies wird den Kostenvorteil der gemeinsamen Leitungsnutzung zunichte machen

Ein zentrales Kanalisationssystem sollte unabhängig von dem gewählten Entwässerungssystem und der Leitungsführung alle Möglichkeiten der Kosteneinsparung nutzen. So sollten die Kanäle mit dem Mindestgefälle verlegt werden (1:220 oder weniger); Anschlußkanäle und -schächte an den Straßensammelkanal sollten von mehreren Grundstücken verwendet werden und deren Zahl auf das technisch erforderliche Minimum reduziert werden.

#### 4.1.4 Small-bore-Sewer-System

Bei dem small-bore-sewer- System erfolgt der Abwassertransport in Leitungen mit kleinem Querschnitt und niedrigem Gefälle. Voraussetzungen für ein solches System ist die Vorabscheidung von Feststoffen. Dies feststofffreie Abwasser kann dann in Leitungen mit geringerem Querschnitt und Gefälle transportiert werden, da die Energie zum Transport von Feststoffen nicht mehr erforderlich ist.

Als mechanische Vorreinigung, die eine zuverlässige Abtrennung der Feststoffe durch Sedimentation oder Aufschwimmen ermöglicht, werden ausreichend dimensionierte Mehrkammergruben mit getauchten Ablaufrohren vorgesehen. Die Rohre können dann teilweise auch als eingestaute Druckleitung betrieben werden, da ein Verstopfen wegen der vorherigen Feststoffentfernung nicht zu befürchten ist. Die Verlegung der Rohrleitungen ist somit nicht mehr der sonstigen Vielzahl von Zwangspunkten unterworfen.

Bei der KfW vorliegende Erfahrungen über ein solches small-bore-sewer System zeigen, dass diese Kanalisationssysteme über noch keine ausreichende Betriebssicherheit für den Einsatz in unterentwickelten Ländern aufweisen und es mit den bekannten realisierten Systemen einen erheblich höheren Wartungs- und Reinigungsaufwand gegenüber herkömmlichen Systemen gibt (KfW ,2001). Dies gilt insbesondere auch für die Situation in Mali, da hier die Müllentsorgung ein ungelöstes Problem ist, und der Abfall, wie die Latrineneinhalte zeigen, oft mit den Fäkalien oder in die nur in geringer Anzahl vorhandenen Regenwasserkanäle entsorgt wird.

#### 4.1.5 Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf zentrale Systeme

Zentrale Lösungen werden für Koulikoro nicht empfohlen, da sie in vielfacher Hinsicht einer nachhaltigen Abwasserentsorgung nicht entsprechen und zudem folgende Nachteile aufweisen:

- Alle Systeme sind mit sehr hohen Investitionskosten (ca. 30 – 63 Mio. DM) verbunden
- Die Systeme verursachen hohe Betriebs- und Wartungskosten (ca. 126.000 – 441.000 DM/a) zur Aufrechterhaltung eines einwandfreien Betriebs
- Alle Systeme erfordern für einen reibungslosen Betrieb hohe Ansprüche an das Betriebspersonal

- Alle System mit einer Schwemmkanalisation führen zu einem erhöhten Wasserverbrauch und damit zu einer höheren finanziellen Belastung der Verbraucher
- Eine Stoffstromtrennung ist bei keinem der zentralen System möglich
- Nur bei landwirtschaftlicher Nutzung und Verwendung des gereinigten Abwassers fände eine eingeschränkte Nährstoffnutzung statt. Da der Standort einer zentralen Kläranlage in Nigernähe gewählt würde, würde ein Transport des gereinigten Abwassers zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen (im Mittel ca. 10 km Entfernung) einen erheblichen zusätzlichen Investitionsaufwand bedeuten.

## 4.2 Vergleich möglicher konventioneller dezentraler Lösungsansätze

Konventionelle dezentrale Verfahren haben in der Regel ihren Schwerpunkt in der Entsorgung von Abwasserströmen und nicht in deren Nutzung. Diese Entsorgung beinhaltet die Sammlung von Flüssigkeiten mit beabsichtigter Volumenreduzierung, z.B. durch Versickerung der flüssigen Phase und Komprimierung der festen Phase. Eine Aufteilung des Abwassers in Teilströme findet meistens nicht statt. Traditionell ist in Mali allerdings die getrennte Ableitung von Teilströmen als Toilettenabwasser und Grauwasser bekannt und akzeptiert.

Die vorhandenen Anlagen zur abwassertechnischen Entsorgung in Koulikoro sind dezentrale Anlagen, die entweder auf dem Grundstück oder vor dem Grundstück im Straßenraum installiert und sind im Eigentum der jeweiligen Grundstücksbesitzer. Vielfach wird die Verantwortlichkeit für die außerhalb des Grundstücks installierten Anlagen von den Grundstückseignern nicht gesehen und der Betrieb und die Wartung der Anlagen als Aufgabe der Gemeinde Koulikoro angesehen. Diese mangelnde Motivation muß bei Anlagen mit der Möglichkeit der Nutzung gereinigter Teilströme durch Sensibilisierungs- und Motivationskampagnen überwunden werden.

### 4.2.1 'Fosse septique'

Als 'fosse septique' werden sowohl die abflußlosen, meist unterirdischen Sammelgruben als auch die meist mehrkammerigen Abwasserabsetz- bzw. -ausfaulgruben mit in der Regel 3 Kammern (septic tanks) bezeichnet.

Die 'fosse septique' als abflußlose, meist unterirdische, Sammelgruben sind in Koulikoro nur in 2 % der Haushalte anzutreffen. Diese Sammelgruben erfordern eine regelmäßige Entleerung. Da die Gemeinde Koulikoro über kein eigenes Fahrzeug (spiros) zur Entleerung der Abwassersammelgruben verfügt, muß ein Fahrzeug aus dem 60 km entfernten Bamako angefordert werden. Dies ist den meisten Bürgern aus Koulikoro zu teuer (persönliche Mitteilung B. Maiga). Vielfach wird nach einer Entleerung der Grubenhalt in den nächsten Straßengraben entleert. Insbesondere für spielende Kinder bedeuten die wilden Ablagerung eine hygienische Gefährdung.

Auch wenn eine geordnete Entleerung der Abwassersammelgruben organisiert werden könnte, ist von einer mechanischen oder biologischen Behandlung des Inhalts aus den Sammelgruben nicht auszugehen, da Anlagen hierfür weder in Koulikoro noch in Bamako vorhanden sind.

In den malischen Normen sind 'fosses septiques' als mechanische Behandlungsstufe vor einer Untergrundversickerung des Abwassers als Behandlungsmöglichkeit vorgeschlagen. Die Reali-

sierung der in der Norm vorgeschlagenen Möglichkeit zur Reinigung häuslichen Abwassers ist aus mehreren Gründen als wirklichkeitsfremd und nicht realisierbar für Koulikoro anzusehen:

- Ausgehend von der Größe der Grundstücke und der dichten Bebauung ist der Flächenbedarf der Anlagen zur Abwasserreinigung höher als die Grundstücksgröße
- Die Abstandsflächen zu der Bebauung (3 - 5 m) sind auf den meisten der Grundstücke nicht einzuhalten
- Die Realisierung der Anlagen als unterirdische Anlagen ist für die Ortsteile Koulikoros, die auf den felsigen Plateaus liegen nicht zu realisieren, da hierfür die Gruben und die Versickerung in den Fels eingemeißelt werden müssen. Die Versickerung ist nur sehr eingeschränkt in vorhandenen Klüften und Spalten möglich.

Im Rahmen dieser Betrachtungen wird von einer flächendeckenden Versorgung von Koulikoro mit Sammelgruben ausgegangen, wobei diese für eine Sammlung des Abwassers für den Zeitraum von einem Monat ausgelegt werden. Für diese Grube reicht eine Kammer aus. Diese Gruben müssen dann regelmäßig durch ein für Koulikoro anzuschaffendes Fahrzeug entleert werden. Diese regelmäßige Entleerung der Gruben, der Transport und die Behandlung des gesammelten Abwassers verursachen erhebliche Betriebskosten (ca. 1.017.000 DM/a), die eine solche Lösung als wirtschaftlich nicht realisierbar darstellen. Da die Abwässer in den Sammelgruben über eine längere Zeit gelagert werden (min. 4 Wochen), finden hier anaerobe Abbauprozesse statt. Somit ist es sinnvoll, die Behandlung der gesammelten Abwässer in einer technischen Anlage nach dem Belebungsverfahren durchzuführen. Eine technische Belüftung ist daher zur Behandlung erforderlich. Eine Nährstoffelimination wird nur eingeschränkt möglich sein, eine Nutzung der Nährstoffe findet nicht statt (s. Kapitel 4.1.1). Eine Nutzung des gereinigten Wassers auf den landwirtschaftlichen Flächen ist nur mit erhöhtem Aufwand zu erreichen, da die Behandlungsanlagen sinnvollerweise in Nigernähe errichtet werden sollten.

Die in den Normen als technisch erforderliche Lösung des Baus von Abwassergruben mit 3 Kammern und Abfluß angesehene Lösung überfordert die Finanzkraft der Nachfrageseite (mindestens 850.000 FCFA, 2.500 DM) und können somit nicht für die Mehrheit der Einwohner von Koulikoro empfohlen werden (Niess, 1996).

#### **4.2.2 Traditionelle malische Latrine und puisard**

Die Trennung zwischen Fäkalien und den restlichen Abwässern ist in Mali üblich und weitverbreitet. Die traditionellen Latrinen bestehen in der Regel aus einer Grube, die - vielfach ohne weitere Wände oder Abdichtungen - ausgehoben wird und mit einer Betonplatte abgedeckt wird. Diese Platte enthält meist nur ein Latrinenloch. Zur Verlängerung der Nutzung wird der Urin oftmals über eine separate Rinne abgeleitet und fließt gemeinsam mit dem Grauwasser in die Sickergrube ab. Der Inhalt der Latrine entwässert durch Versickerung und erhält dadurch eine feste, fast stichfeste Konsistenz. Es findet somit eine ständige Infiltration von Nährstoffen und Krankheitserregern in den Untergrund statt. Anhand des Latrineninhalts ist erkennbar, dass diese auch vielfach zur Abfallentsorgung benutzt wird.

Ist die Latrine gefüllt, wird sie - meistens manuell - entleert und der Latrineninhalt wird entweder abgefahren und wild deponiert oder bei Familien, die eine landwirtschaftliche Nutzung der Latrineninhalts anstrebt, bis zur Nutzung im Straßenraum gelagert. Besitzt die Familie keine eigenen landwirtschaftlich genutzten Flächen, wird aus Mangel an Nutzungsinteressen und um sich den Entleerungsvorgang zu sparen zum Teil auf die Entleerung gefüllter Gruben verzichtet und statt dessen eine zweite Grube in der Nähe gegraben.

Die restlichen Abwässer fließen in ein puisard und versickern dort im Untergrund. Traditionell bestehen die puisard aus einem Loch, dass mit Blocksteinen (moellons) aufgefüllt werden (s. Annex 5). Diese moelleons dienen als Aufwuchsflächen für Bakterien die das Abwasser vor der Versickerung zumindest teilweise reinigen. Es kann vermutet werden, dass der Boden eine weitere Reinigung des Wassers durchführt. Mit einer Belastung des Grundwassers durch fäkale Keime, Krankheitserreger, Nährstoffen und anderen Abwasserinhaltsstoffen (bekannt sind zum Teil großflächige Überschreitung der Trinkwasserrichtwerte mit Nitrat) muß insbesondere bei einer dichten Anordnung der Latrinen bei hohem Grundwasserstand gerechnet werden. Die puisards müssen konstruktiv so ausgeführt werden, dass ein Überlaufen aufgrund erhöhter hydraulischer Belastung verhindert wird, außerdem ist eine obere Abdeckung der puisards erforderlich, so dass bei Niederschlägen keine Vermischung zwischen Regen- und Grauwasser erfolgt.

Bei dieser Variante wird ein Leerungsintervall von 3 Jahren angenommen. Die Entleerung erfolgt wie bisher als manuelle Leerung, da der Latrineneinhalt aufgrund der Entwässerung ausgeschaufelt werden kann. Durch intensive Begleitung des Projekts und Schulung der Nutzung muß der Fremdstoffanteil reduziert werden; zudem muß den Nutzern der Wert der getrockneten Fäkalien nahe gebracht werden.

Der langfristige Einsatz von puisard kann nicht als nachhaltige Lösung gelten und sollte nicht angestrebt werden; eine Nährstoffnutzung oder eine Nutzung gereinigten Grauwassers erfolgt auch in dieser Variante nicht.

#### 4.2.3 VIP-Latrine und puisard

Der Umbau der traditionellen malischen Latrine in eine VIP-Latrine (ventilated improved pit) wäre mit zwei wesentlichen Arbeitsschritten verbunden:

- Befestigung der Seitenwände des Latrinenlochs in nicht felsigem Untergrund. Diese Maßnahme erhöht die Standsicherheit der Latrinen und verhindert die doch immer wieder auftretenden Latrineneinstürze
- Einbau eines Entlüftungsrohres zum konvektiven Luftaustausch und Rückhalt der Fliegen. Hiermit ist eine Verringerung der Verbreitung von Infektionen verbunden.

Da in Mali die Latrinen sowohl in offener Bauweise ohne Überdachung als auch mit Ummauerung und Dach vorkommen, sollten diese Schritte in der ersten Dringlichkeit bei den überdachten Latrinengebäuden vorgenommen werden, da in diesen Fliegen und Geruch mit einer höheren Häufigkeit auftreten. Die Entlüftungsrohr lassen sich mit geringem Aufwand in die bereits vorhandene Bodenplatte einarbeiten, die Seitenbefestigung der Latrinen ist erst bei einer Leerung möglich.

Hinsichtlich der ökologischen Bewertung verringert die VIP-Latrine die von den Fäkalien ausgehenden hygienischen Gefährdungen, eine Lösung für das in die Straßen abgeleitete Grauwasser ist damit nicht verbunden. In den Untergrund wird aufgrund der dichten Bebauung auch weiterhin eine hohe Nährstofffracht eingetragen, eine Nährstoffnutzung durch die Verwertung der entnommenen Grubeninhalte ist mit dieser Variante nicht unbedingt verbunden.

#### 4.2.4 Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf konventionelle dezentrale Systeme

Die oben beschriebenen konventionellen dezentralen Varianten werden in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 4-2: Übersicht über konventionelle dezentrale Verfahren

| Lösungs-<br>variante |                            | Verfahren zur Behandlung der Teilströme |                                  |  |         |                                 |         |
|----------------------|----------------------------|---|----------------------------------|--|---------|---------------------------------|---------|
|                      |                            | Fäkalien (F)                            |                                  | Urin (U)                               |         | Grauwasser (Gw)                 |         |
|                      |                            | Behand-<br>lung                         | Nutzung                          | Behand-<br>lung                        | Nutzung | Behand-<br>lung                 | Nutzung |
|                      | <b>dezentral</b>           |   |                                  |  |         |                                 |         |
| 4.2.1                | fosses septiques           | Gemeinsam mit. Urin und Grauwasser      | keine                            | gemeinsam. mit Fäkalien und Grauwasser | Keine   | gemeinsam mit Fäkalien und Urin | keine   |
| 4.2.2                | malische Latrine / puisard |   | teilweise Nutzung der Feststoffe | gemeinsam mit Fäkalien                 | Keine   | Versickerung                    | keine   |
| 4.2.3                | VIP-Latrine / puisard      |   | teilweise Nutzung der Feststoffe | gemeinsam mit Fäkalien                 | Keine   | Versickerung                    | keine   |

In Hinblick auf die spezifischen lokalen Bedingungen in Koulikoro werden diese Lösungsvarianten aus folgenden Gründen nicht empfohlen:

- Keine Verbesserung der aktuellen Situation der Grauwasserbehandlung (offene Wasserflächen, Moskitobrutplätze)
- Es findet nur bedingt eine Rückführung und Nutzung von Nährstoffen statt.
- Der Grundwasserleiter wird durch den Eintrag von Nährstoffen, ungereinigtem Abwasser belastet. Ein Eintrag von Krankheitserreger ist nicht ausgeschlossen.

### 4.3 EcoSan als nachhaltige Alternative

#### 4.3.1 Einführung

Zentrale Wasserversorgung - möglichst flächendeckend - war jahrzehntelang oberstes Ziel der Entwicklungszusammenarbeit, ohne dass der damit verbundene zwangsläufig steigende Wasserverbrauch und die damit einher gehende Notwendigkeit der Abwasserentsorgung ausreichend berücksichtigt wurden. Zur Lösung der Abwasserprobleme wurde das System der Industrieländer, die zentrale Schwemmkanalisation kritiklos auf aride Entwicklungsländer übertragen und damit neue und größere Probleme geschaffen.

## Wasser

Wassermangel und die zunehmende Verschmutzung der begrenzt vorhandenen Wasserreserven ist eines der größten Probleme, vor dem viele aride Länder des Südens aktuell stehen. Der klimatisch bedingte Wassermangel wird durch menschliche Aktivitäten, wie:

- Bevölkerungswachstum
- Industrielle Produktion
- Bewässerte Landwirtschaft
- Zunehmend an westlichen Bedingungen orientiertem Umgang mit Wasser in Haushalten (Duschen, Wasserspültoiletten etc.)

ständig verschärft.

Der mit unseren Sanitärsystemen verbundene hohe Wasserverbrauch ist für aride Länder auf längere Sicht nicht tragbar und führt schon heute zu einer unumkehrbaren Ausbeutung nicht erneuerbarer Wasserressourcen. Trinkwasser wird somit teures Gut, das nur noch einer finanzkräftigen Schicht in einwandfreier Form zur Verfügung stehen wird.

## Verschmutzung

Hinzu kommt die zunehmende Verschmutzung der begrenzten Reserven an Grund- und Oberflächenwasser, durch:

- Eintrag von eutrophierenden Nährstoffen (Handelsdünger, Gülle, Viehmist) und Pestiziden aus der Landwirtschaft
- Eintrag von Nährstoffen und Krankheitserregern aus menschlichen Abwässern und Abfällen (Deponien)
- Eintrag persistenter und endokrin wirksamer Stoffe (Hormone, Rückstände z.B. von Medikamenten)
- Chemische Verunreinigungen durch industrielle Einleitungen und Altlasten

## Nährstoffe

In vielen Entwicklungsländern leidet die Landwirtschaft nicht nur unter begrenzten Wasserressourcen sondern auch an nährstoffarmen Böden, die zudem arm an Spurenelementen sind und nur mangelhafte Erträge bringen.

Handelsdünger kann nur begrenzt Abhilfe schaffen, da dauerhafter Einsatz die Böden nachhaltig schädigt - insbesondere die zunehmende Versauerung / Versalzung, die durch künstliche Bewässerung noch verschärft wird, ruiniert viele Böden. Hinzu kommt, dass die Herstellung von Kunstdüngern sehr teuer ist und ihr Einsatz daher für viele Landwirte in Entwicklungsländern daher gar keine Alternative darstellen kann.

Menschliche Fäkalien enthalten natürliche Nährstoffe und weisen wertvolle Bodenverbesserungseigenschaften (Struktur und Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens) auf.

Menschlicher Urin enthält den entscheidenden Anteil an natürlichen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor und Kalium), die unmittelbar pflanzenverfügbar und in ihrer Wirksamkeit mineralischen Düngemitteln durchaus ebenbürtig sind (s. u.).

Sowohl Fäkalien als auch Urin können bei sachgerechter Behandlung in der Landwirtschaft wiederverwertet werden. Schwemmkanalisationen nach konventionellem westlichem System führen zum Verlust dieser Nährstoffe durch Austrag in den allgemeinen Wasserkreislauf und

zum anderen zur Belastung der Umwelt (Oberflächen- und Grundwässer) mit den dort nicht gewünschten Nährstoffen (Eutrophierung).

### Differenzierende Sanitärkonzepte

Die wesentlichen Probleme, die mit konventioneller zentraler Schwemmkanalisation verbunden sind (hoher Wasserbrauch, Eintrag von Fäkalien und damit Krankheitserregern in den Wasserkreislauf und Verlust wertvoller Nährstoffe durch Austrag in Gewässer) können an der Quelle dadurch gelöst werden, dass Fäkal-/Nährstoff- und Wasserkreislauf von vornherein getrennt gehalten werden. Dieses Ziel kann über verschiedene technische Ansätze erreicht werden, von kostengünstigen und mit geringem Wartungsaufwand verbundenen ‚low-tech‘-Ansätzen, wie Trocknungs- oder Komposttoiletten außerhalb oder in den Haushalten bis zu ‚high-tech‘-Varianten, die eine ‚Luxusvariante‘ für den wohlhabenden städtischen Bereich darstellen können.

Wesentlicher Ansatz nachhaltiger Sanitärkonzepte ist die differenzierte Erfassung, Ableitung, Behandlung und Nutzung der unterschiedlichen Abwasserteilströme. Sie sind teilstromorientiert, meist semizentral oder dezentral konzipiert und modular aufgebaut. Wesentlicher Vorteil der modularen Komponenten ist die optimale Anpassung an die lokalen sozialen, wirtschaftlichen, ökologischen und klimatischen Bedingungen. Sie stellen so eine verhältnismäßig rasch verwirklichtbare Alternative zu konventionellen Lösungsansätzen dar. Die Auswahl der Technik erfolgt angepasst, d.h. unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen. Besonders berücksichtigt werden dabei die soziale Akzeptanz und ökonomische Tragfähigkeit auch im langfristigen Betrieb.

### **4.3.2 Nachhaltige Sanitärsysteme als Lösung**

Die Entwicklung und Umsetzung alternativer Lösungsansätze ist vielfach die einzige Möglichkeit unter realistischen Bedingungen eine Verbesserung der sanitären Verhältnisse in Ländern wie Mali zu erzielen.

Wesentlicher Ansatz nachhaltiger Sanitärkonzepte ist die Differenzierung der unterschiedlichen Abwasserteilströme. Es können, so wie die Begriffe auch im weiteren Bericht verwendet werden, folgende Teilströme des häuslichen Abwassers unterschieden werden:

| Teilstrom         | Beschreibung   |
|-------------------|--|
| Fäkalien und Urin | menschliche Ausscheidungen ohne Spülwasser   |
| Schwarzwasser     | Sanitärabwasser der Toiletten und Urinale (Fäkalien und Urin mit oder ohne Spülwasser)                         |
| Gelbwasser        | Urin aus Urinseparationstoiletten und Urinalen, mit oder ohne Spülwasser; Urin mit Waschwasser der Analhygiene |
| Braunwasser       | Schwarzwasser ohne Urin bzw. Gelbwasser  |
| Grauwasser        | häusliches Abwasser ohne Fäkalien und Urin aus Küche, Bad, Dusche, Waschmaschine u.s.w.                        |

Die Verhältnisse der Volumina und der Nährstoffe in den Fraktionen des pro Person und Jahr anfallenden Abwassers für mitteleuropäische Verhältnisse wird in Tabelle 4-3 verdeutlicht.

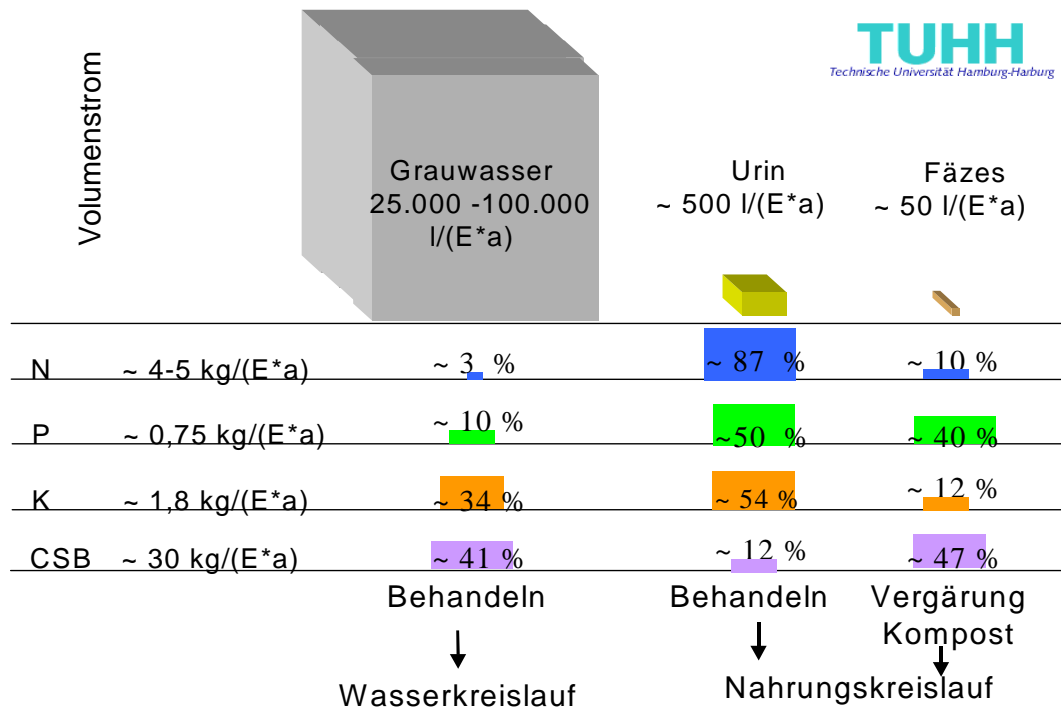


Bild 4-1: Verteilung Volumen und Nährstoffe auf die verschiedenen Teilströme (Otterpohl, 1999)

Anhand der Abbildung soll die Mengen- und Nährstoffverteilung für die verschiedenen Teilströme deutlich werden.

Aus Kulturbereichen mit anderer Ernährungsweise der Bevölkerung liegen vereinzelte Zahlenwerte mit starken Schwankungsbereichen vor:

Tabelle 4-3: Nährstoffverteilung im Abwasser

| Land       | Urin      |           |           |           | Fäkalien   |           |           |           | Quelle          |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
|            | Menge     | N         | P         | K         | Menge      | N         | P         | K         |                 |
|            | [l/(P*a)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [l/(P*a)]  | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] |                 |
| Europa     | ~ 500     | ~ 12,2    | ~ 1,0     | ~ 2,7     | ~ 50       | ~ 1,4     | ~ 0,8     | ~ 0,6     | Otterpohl, 1999 |
|            | 400 - 500 |           |           |           | ~ 50       |           |           |           | Winblad, 1998   |
| Korea      | 242 - 767 |           |           |           | 36,5 - 110 |           |           |           | Hyundai, 1978   |
| Indonesien | 365       |           |           |           | 183        |           |           |           | Mang, 1992      |
| Japan      | 73 - 730  | 2,6 - 6,2 | 0,3 - 0,7 | 0,5 - 1,1 | 22 - 91    |           |           |           | Roche, 1984     |
| China      |           |           |           |           | 36 - 55    |           |           |           | Xianming, 1993  |

Die Tabelle zeigt für die unterschiedlichen Regionen Werte mit einer großen Schwankungsbreite. Anhand der Quellen lässt sich nicht feststellen, wie groß die Datengrundlage ist und ob es sich dabei um Einzelmessungen oder um die Auswertung mehrerer Messungen handelt. Weiterhin werden keine Aussagen darüber gemacht, ob Fäkalien evtl. mit anderen Stoffen gemischt sind (Papier bei Trockenhygiene o.ä.). Für Mali bzw. einer zu Mali vergleichbaren Region liegen keine Werte für den Anfall von Fäkalien und Urin vor. Der im Rahmen der Studie angenommene Fäkalienanfall von 50 l/(P\*a), die vielfach in der Literatur belegt ist, ist anhand der EcoSan-Veruchsanlagen in Mali zu überprüfen.

Die genannten Abwasserteilströme können je nach System separat erfasst, behandelt und wiederverwendet werden.

Die getrennt erfassten Fäkalien (Schwarzwasser) werden gegebenenfalls zusammen mit organischen Abfällen behandelt und können je nach lokalen Gegebenheiten (Klima, Energiebedarf und sozio-kulturelle Akzeptanz etc.) getrocknet, kompostiert oder anaerob vergoren werden. So werden die in Fäkalien, Urin und organischen Haushaltsabfällen enthaltenen Nährstoffe in konzentrierter und hygienisch unbedenklicher Form als Trockendünger, Kompost oder Flüssigdünger zurückgewonnen. Abhängig von der Behandlungsart kann ggf. Energie in Form von Biogas bei anaerober Behandlung (Vergärung in Biogasanlage) erzeugt werden.

Der Urin bzw. Gelbwasser enthält die im häuslichen Abwasser vorkommenden Nährstoffe in sehr konzentrierter und leicht pflanzenverfügbarer Form. Im Urin befinden sich ca. 90 % des Gesamtstickstoffs, ca. 70 % des Phosphors sowie einen erheblicher Teil des Kaliums (Lange und Otterpohl, 1997). Eine Teilstromabtrennung und Nutzung des Urins ist wegen seines geringen Volumens und der hohen Konzentration an Nährstoffen besonders sinnvoll. Für die separate Erfassung des Urins ist der Einsatz speziell dafür ausgebildeter Sanitärtechnik erforderlich (besondere Ablaufgestaltung bei Latrinen, Urinseparationstoiletten, wasserlose Urinale).

Das beim Waschen, Spülen, Duschen etc. anfallende Grauwasser hat nur noch einen sehr geringen Gehalt an Nährstoffen (vor allem Seifen- und Waschmittelreste), stellt aber volumenmäßig den größten Anteil dar (Bild 4-1). Es kann daher über verhältnismäßig einfache Techniken, wie unbelüftete Kiesfilter (Langsamsandfilter = wie Pflanzenkläranlagen ohne Pflanzen => geringer Wasserverlust, wenig Aufsalzung) oder Biofilmverfahren (z.B. Tropfkörpersysteme) zu einer Qualität gereinigt werden, die eine Wiederverwendung des gereinigten Abwassers ermöglichen. Neben der unbedenklichen Einleitung in Oberflächengewässer oder Versickerung ist in Gebieten mit geringem Wasserdargebot die Wiederverwendung (Bewässerung von privaten Nutzflächen, landwirtschaftliche Bewässerung) sinnvoll.

Differenzierende Sanitärsysteme können sowohl für einzelne Häuser, für mehrere Grundstücke, Stadtteile oder noch größere Gebiete konzipiert werden. Der modulare Aufbau dieser System kann semizentrale Elemente und dezentrale Elemente beinhalten.

Folgende Unterteilungen werden zur Unterscheidung vorgenommen:

| Lösungsebenen       | Beschreibung   |
|---------------------|--|
| dezentral (on-site) | Sanitäre Lösungen nur für einzelne Häuser / Grundstücke bzw. Häusergruppen   |
| semizentral         | Anlagen für die Behandlung von Abwasser für kleinere Wohngebiete, Dörfer oder Stadtteile (ca. 100 bis 1.000 E, der Übergang zu dezentral und zentral ist fließend) |
| zentral             | Abwasseranlagen werden für große Stadtteile, ganze Städte oder größere Regionen geplant (Anlagen für mehr als 1.000 E)   |

Diese Unterteilung wird in der weiteren Beschreibung konsequent eingehalten und weist auf die Dimension der beschriebenen Einheit hin.

### 4.3.3 Vergleich möglicher nachhaltiger Verfahren für Koulikoro

Ziel dieser Studie ist, einen an die Verhältnisse in Mali und insbesondere in Koulikoro angepaßten Lösungsansatz für eine Verbesserung der oben ausführlich beschriebenen sanitären Verhältnisse zu entwickeln. Voraussetzung dafür ist zunächst eine möglichst umfassende Analyse der aktuellen Situation, sowohl in Hinsicht auf die sozio-kulturell akzeptablen Verfahren und Verhaltensweisen im persönlichen Hygienebereich der Bevölkerung, als auch der traditionell bedingten Voraussetzungen baulicher und klimatischer Art.

Die grundsätzlich mögliche und unter anderen Bedingungen sehr vorteilhafte anaerobe Behandlung von Fäkalien wird für den Standort Mali aus folgenden Gründen nicht weiter verfolgt:

Das Siedlungsgebiet von Koulikoro ist weit auseinandergezogen und die Bebauung in den meisten Vierteln recht weiträumig und wenig dicht, was für die Wirtschaftlichkeit von Leitungs- und Transportsystemen ungünstig ist (s. Kapitel 8).

In den oben (upstream) liegenden Vierteln (Plateaus) ist der Untergrund felsig, dies erhöht die Leitungsverlegung in beträchtlichem Umfang. Zudem ist das Gefälle in großen Teilen des Stadtgebietes gering.

Auf Grundlage der oben genannten Argumente werden für Koulikoro in erster Linie dezentrale (on-site) Behandlungsanlagen für einzelne Haushalte als angepaßte beste Lösung vorgeschlagen. Semizentrale Anlagen zur Trocknung der Fäkalschlämme aus den traditionellen Latrinen können zur Entschärfung der hygienischen Situation beitragen und sollten als Übergangslösung berücksichtigt werden. Auch für Urin könnten sich semizentrale Trocknungsanlagen als notwendig erweisen, da die on-site Trocknung noch mit Unsicherheiten behaftet ist und vor dem breiten Einsatz durch einer Versuchsanordnung vor Ort abgesichert werden muß. Eine Nutzung des gereinigten Grauwassers (auf dem Gelände, als Bewässerungswasser im Straßenraum o.ä.) muß auf die Verhältnisse vor Ort abgestimmt werden.

Eine Besonderheit stellt die in Mali übliche nasse Analhygiene dar. Durch dieses zusätzlich anfallende Wasser wird die Stoffstromtrennung beeinflusst.

## 4.4 EcoSan - alternative dezentrale Sanitäranlage

Im Rahmen der Missionen wurde die Entscheidung zur Realisierung einer on-plot Versuchsanlage am Standort Koulikoro gefällt, um generelle Machbarkeit einer solchen Sanitäranlage abzusichern, die einzelnen Funktionsteile der Anlagen als dezentrales Modellsystem für eine Haushaltseinheit hinsichtlich ihrer Funktionsweise zu prüfen und erste Betriebsergebnisse sammeln zu können. Bei der Realisierung wurde versucht, die Grundsätze der einfachen und angepassten traditionellen Bauweise in Koulikoro mit lokal verfügbarem Material und Wissen zu berücksichtigen.

### 4.4.1 EcoSan Versuchsanlage in Koulikoro

Die für die spezifischen lokalen Bedingungen in Koulikoro entwickelte EcoSan Versuchsanlage beruht auf der getrennten Erfassung und Behandlung von

- Fäkalien
- Urin bzw. Urin mit Waschwasser (Gelbwasser)
- Grauwasser

Die einzelnen Funktionsteile der Anlagen werden im folgenden nochmals detailliert dargestellt und sind in der Realisierung im Annex 10 bis Annex 16 zeichnerisch dargestellt:

Die dezentralen Sanitäranlagen, deren Elemente und Funktionsweise detailliert in dem Bericht der Phase A dargestellt sind, bestehen aus der getrennten Erfassung und Behandlung der oben genannten Teilströme.

Zur Behandlung der Fäkalien wird eine Sanitäranlage mit Trocknung, Lagerung und Hygienisierung in Zweikammersystemen vorgeschlagen; hierbei bleibt es prinzipiell bei den traditionellen Latrinen, nur dass diese jetzt mit zwei Kammern ausgestattet sind, die alternierend (im Jahreszyklus) benutzt werden. Ein Problem der Anwendung dieses bewährten Trocknungssystems in Mali liegt darin, dass die Mehrheit der malischen Bevölkerung moslemischen Glaubens ist und daher nasse Analhygiene betreibt. Das so in die Latrinenkammer gelangende Waschwasser wird durch eine Drainageschicht abgeleitet und unterhalb der Oberfläche in ein Pflanzenbeet eingeleitet, so dass der Kontakt mit möglicherweise verunreinigtem Wasser verhindert wird.

Die beiden Latrinenkammern werden alternierend im Jahresabstand genutzt. In der jeweilig nicht benutzten Kammer werden die gesammelten Fäkalien gelagert und getrocknet. Das infolge der nassen Analhygiene in die benutzte Trockenkammer gelangte Analwaschwasser soll durch die Drainageschicht rasch abgeführt werden. Zur Unterstützung des Trocknungsprozesses und zur raschen Adsorption der Feuchtigkeit sollte nach jedem Toilettengang Asche in das Toilettenschloß gegeben werden. Da auf dem Grundstück in den meisten Fällen ausreichend Asche von den Holzfeuern anfällt, kann der gesamte Ascheanfall einer Familie in die Toilette gegeben werden. Hierdurch wird die Feuchtigkeit in den Fäkalien auf einem niedrigen Niveau gehalten, der Trocknungsprozeß beschleunigt und eine Geruchsbildung unterdrückt.

Die Fäkalienkammer sollte einmal wöchentlich über die Öffnungen inspiziert werden. Gegebenenfalls sind die Fäkalien gleichmäßig mit einem Rechen oder einem ähnlichen Hilfsmittel zu verteilen, damit durch die vergrößerte Oberfläche die Trocknung gleichmäßig verlaufen kann. Für die anfängliche Betriebszeit ist eine Begleitung der Sanitäranlage mit Untersuchungen und Analysen durch das lokale TZ-Projekt geplant; das Programm hierzu ist als Annex 17 und Annex 18 dem Bericht beigelegt. Erkenntnisse hierzu liegen allerdings noch nicht vor. Der zeitliche Aufwand für den Betrieb der Fäkalientrocknung wird mit ca. 30 Minuten pro Monat veranschlagt.

Da die Fäkalien infolge der Trocknung erheblich reduziert werden, wird davon ausgegangen, dass die jährliche Fäkalienmenge von ca. 50 l pro Person und Jahr auf ca. 15 - 20 l schrumpft (Bericht

Phase A, Kap. 9.6.1). Für einen 10-Personen-Haushalt entspricht diese Menge dann ca. 150 - 200 l pro Jahr nach Trocknung. Diese Menge von ca. 150 - 200 kg kann erfahrungsgemäß mit einem Eselskarren (charette) auch über die Steigungen auf das Plateau und zu den landwirtschaftlichen Flächen außerhalb Koulikoros transportiert werden.

Der Aufwand für die Leerung und den Abtransport wird mit 2 Tagen veranschlagt. Das Drainagematerial sollte dabei mit entnommen werden und dann der Trocknungsraum mit neuem Material wieder aufgefüllt werden. Für den Transport der getrockneten Fäkalien ist im Mittel eine Strecke von 15 - 20 km (hin und zurück) zu den Feldern zu kalkulieren. Die getrockneten Fäkalien können dann vor Ort zwischengelagert und zum Zeitpunkt der Bodenbearbeitung mit eingearbeitet werden.

Für das abgeleitete Gelbwasser (Urin mit Waschwasser) soll als Versuchslösung ein Trocknungsverfahren angewendet werden, das zu einem wertvollen nährstoffhaltigen Trocken Dünger führt (enthält überwiegend Stickstoffverbindungen). Die Trocknung wird in diesem Fall ebenfalls durch die traditionell verankerte Naßhygiene erschwert. Da der Punkt der Urintrocknung nicht abschließend geklärt ist, muss dieser Verfahrensschritt vor einer breiteren Anwendung unbedingt in weiteren Modellanlagen getestet werden. Sollte diese Technik funktionieren, stände für die Zukunft in Ländern mit heissem Klima eine sehr elegante Möglichkeit der wartungsarmen Ressourcenschonung zur Verfügung. In der speziellen Situation in Koulikoro erscheint die Trocknung sinnvoll, da der Abtransport des flüssigen Urins wegen der örtlichen Verhältnisse sehr teuer würde (s. Kap. 8). Zusätzlich ist die Problematik der Urinspeicherung in warmen Klimaten und in Verbindung mit der nassen Analhygiene bisher nicht ausreichend untersucht.

Das Gelbwasser wird über die Ausbildung von Ableitungsrinnen in der Bodenplatte auf eine Trocknungsfläche geleitet und dort verdunstet. Eine Überdachung der Verdunstungsfläche durch schwarzes Blech zur Erhitzung, Regenwasserableitung und zur Einstellung eines Kamineffekts soll die Verdunstung begünstigen. Probleme mit der Urintrocknung sind in Mali während der Regenzeit aufgrund der hohen Niederschläge zu erwarten. In diesem Zeitraum ist der überschüssige Urin zu speichern und zu einem späteren Zeitraum zu verdunsten oder notfalls gemeinsam mit dem gereinigten Grauwasser zu versickern.

Erfahrungen mit der solaren Trocknung von Urin liegen bisher nur in sehr geringem Umfang vor, daher muss dieses Element des nachhaltigen Sanitärsystems in dem Betrieb der Sanitäreinrichtung am intensivsten beobachtet und beurteilt werden. Da die Verwendung des Waschwassers sehr von den Gewohnheiten des jeweiligen Benutzers abhängig ist, wird das Volumen des anfallenden Urins starken Schwankungen unterliegen. Bei der Bauausführung und dem Betrieb der Sanitäreinrichtung ist zu beachten, dass möglichst wenig Wasser über die Urinableitungsrinne in die Urintrocknung gelangt, da die gesamte Flüssigkeit dort verdunsten muss. Im Rahmen der Vorplanung wurde von einem Volumen an Waschwasser zur Analhygiene, das in die Urintrocknung gelangt, von ca. 1,0 l/(P\*d) ausgegangen. Damit beträgt bei einem fünfzehnköpfigen Haushalt das Volumen des anfallenden Urin/Wassergemischs ca. 33 l/d. Überträgt man diese Menge auf die Sanitäreinrichtung M. Traore, dann entspricht diese Menge einer Füllstandshöhe in der Trocknungsfläche von ca. 6 cm. Die Beobachtung des Füllstands in den letzten Tagen der Mission hinterließen den Eindruck, dass diese Menge eine realistische Größe darstellt. Im Rahmen der Betriebsbeobachtung durch das lokale TZ-Projekt werden diese Mengen regelmäßig überprüft.

Es ist abzusehen, dass die Flüssigkeitsmenge in der Regenzeit aufgrund geringerer Lufttemperatur, hoher Wolkenbedeckung und hoher Wasserdampfättigung nicht vollständig verdunsten wird. Für diesen Fall ist ein Überlauf an der Urintrocknungsfläche vorgesehen. Entweder wird dieses Urin als Flüssigdünger gesammelt - wobei hier sehr schnell große Volumina gesammelt werden - ca. 230 l je Woche bei maximaler Benutzung - oder der Resturin wird in der Nähe der Sanitäreinrichtung direkt versickert. Hierzu bietet sich die Lösung wie bei M. Traore (s. Kapitel 7.2.2), bei der neben der Sanitäreinrichtung ein Infiltrationsgraben für abgeleitetes Regenwasser, ungenutztes Grauwasser und überschüssiger Urin versickert wurde, bzw. rückgehalten wird. Somit wird

insbesondere in der Regenzeit nicht der gesamte anfallende Urin zur Nährstoffnutzung zur Verfügung stehen, sondern ein noch zu bestimmender Anteil wird als Überstand ungenutzt abfließen.

Auch wenn der gesammelte Urin nicht vollständig verdunstet werden kann, so wird die Konzentration an Nährstoffen durch die Verdunstung erhöht und das Transportvolumen erheblich reduziert. Erste Erfahrungen werden nach dem Betrieb der Verdunstung in den Trockenmonaten vorliegen.

Der Zeitaufwand für die wöchentliche Leerung der Urintrockenkammer mit einfachen Werkzeugen (Eimer, Spachtel, Schöpflöffel) wird mit ca. ½ Stunde je Woche abgeschätzt. Die Volumen, die ggf. transportiert oder zwischengelagert werden, können erst nach Vorliegen der ersten Erfahrungen abgeschätzt werden.

Wenn anstelle einer Trocknung der Urin in flüssiger Form gesammelt wird, würde das bei einem 10-köpfigen Haushalt zu einer Menge von ca. 154 l Urin je Woche führen, die gesammelt und transportiert werden müssen. Ein Eselskarren kann ca. 150 - 200 l – transportieren, wobei die verwendeten Fässer wg. der Steigungen im Ort nur halb gefüllt werden können. Der Zeitaufwand für den Transport zu den außerhalb von Koulikoro gelegenen Feldern wird mit – je nach Transportentfernung - mit 0,5 bis 1 Tag je Woche angenommen. Da die Aufbringung als Nährstoff nur in den Monaten der landwirtschaftlichen Nutzung sinnvoll ist, muss der Flüssigurin während der übrigen Zeit in Sammelgefäßen vorgehalten werden. Geeignete Gefäße, z.B. aus Kunststoff werden in Bamako produziert und sind verhältnismäßig sehr teuer, was einen wirtschaftlichen Betrieb erschwert. Desweiteren ist die Aufbringung von Flüssigdüngern bislang in Koulikoro unbekannt, entsprechende Gerätschaften für eine rationelle flächige Einbringung des flüssigen Düngers in den Boden existieren daher nicht.

Alternativ können flache, wasserdichte Becken zur Verdunstung des Gelbwassers oder geneigte Flächen zur Verdunstung eingesetzt werden. Diese müssen während der Regenzeit ebenfalls überdacht werden.

Das Grauwasser (vom Waschen und Duschen) kann vor Ort über bepflanzte Kiesfilter oder Sandfilter gereinigt werden. Für beide Varianten ist eine anschließende Nutzung oder/und Versickerung des gereinigten Grauwassers sinnvoll. Eine Nutzung wird nur in der Trockenzeit erfolgen, da hier der Bedarf für Brauchwasser zur Bewässerung von Nutzpflanzen oder Staubbinding innerhalb des Grundstücks durch Besprengen der Hoffläche vorhanden ist. In der Regenzeit wird das gereinigte Grauwasser mit dem Regenwasser von der Hoffläche abgeleitet oder in Infiltrationsgräben versickert.

Nach der Reinigung des Grauwasser in den Kiesfiltern wird je nach Trinkwasserverbrauch eine Wassermenge von ca. 15 - 50 l/(P\*d) anfallen, die genutzt werden kann. Für die Anlage bei M. Traore kann abgeschätzt werden, dass bisher ca. 2 Fass an gereinigtem Grauwasser, dies entspricht ca. 400 l, je Tag anfallen. Dieses Menge entspricht einem spezifischen Wasserverbrauch von ca. 15 l/(P\*d) bei 30 Personen (nach Angaben von M. Traore 5 Erwachsene und ca. 25 Kinder).

Diese Wasser kann in der Trockenzeit vollständig zur Staubbinding auf der Hoffläche oder zur Bewässerung von Pflanzen genutzt werden. Zusätzlich zeigte M. Traore Interesse stark wasser-verbrauchende Pflanzen (z.B. Eukalyptus) auf seinem Grundstück zu pflanzen und auch zu bewässern.

Die volle Reinigungsleistung der Kiesfilter ist erfahrungsgemäß erst nach einigen Wochen Betriebszeit erreicht, da es einige Zeit dauert, bis sich die reinigende Biomasse angesiedelt hat. In der Anfangszeit wird daher das Wasser milchig bis seifig grau sein.

Das gereinigte Grauwasser sollte nicht zur Verwendung als Trinkwasser für Vieh und Mensch genutzt werden, sondern nur zur Bewässerung dienen.

Die Bepflanzung des Kiesfilters ist vor Abweidung zu schützen und eine Austrocknung des Filters ist zu vermeiden. Der Grobfilter des Kiesbeets ist einmal wöchentlich auf Verstopfung zu kontrollierten und ggf. ist die Strohfüllung auszutauschen. Die Füllung des Kiesfilter sollte erst nach einer Laufzeit von 5 - 10 Jahren gegen eine neue Kiesfüllung ausgetauscht werden.

Für den normalen Betriebsfall ist mit einem zeitlichen Aufwand von ca. 30 Minuten je Woche zu rechnen, besondere Kosten fallen dabei nicht an.

Die vorgeschlagenen Techniken der nachhaltigen Sanitärsysteme sind auf beiden Lösungsebenen dezentral (on-site) und semi-zentral, modular aufgebaut und bedürfen immer eine Anpassung an die örtlich vorhandenen Rahmenbedingungen. Aus dieser Anpassung können Standardlösungen entwickelt werden, so dass bei einer weiteren Verbreitung auf standardisierte Elemente zurückgegriffen werden kann.

Um Erfahrungen hinsichtlich des Baus und des Betriebs solcher dezentralen Sanitäranlagen zu gewinnen und Kenntnisse über die Wirtschaftlichkeit bezüglich Investition und Betrieb zu erlangen, wurden während der ersten Mission im April an zwei Standorten EcoSan-Versuchsanlagen gebaut. Diese wurden dabei an die gegebenen Bedingungen in Abstimmung mit den Bewohnern angepasst.

Detaillierte Angaben zur Realisierung der ersten Anlagen werden in Kapitel 7 vertieft.

#### **4.4.2 Mögliches Anlagen-Upgrade**

Variationen und Anpassungen der vorgeschlagenen alternativen Sanitäranlage an veränderte Randbedingungen oder Nutzungsanforderungen sind möglich.

So können die Latrinenplätze statt mit einem Hockplatz auch mit einem Toilettenstuhl ausgerüstet werden. Dieser Toilettenstuhl kann als Separationstoilette aus Beton in örtlicher Produktion hergestellt werden. Alternativ ist auch eine Toilette aus Sanitärkeramik einsetzbar, hier ist aber zu berücksichtigen, dass es in Mali nach dem vorliegenden Wissenstand keine einheimische Sanitärkeramikproduktion gibt. Im Rahmen der weiteren Entwicklung können unter Berücksichtigung der Nutzerakzeptanz auch Steh- bzw. Sitztoiletten aus Keramik oder Kunststoff mit einer getrennten Ableitung des Urins kleinen Leitungen oder Schläuchen erfolgen.

Ebenso ist die gemeinsame Anordnung von Latrine und Dusche nicht zwingend. Hier kann auch eine getrennte Anordnung von Latrine und Dusche je nach örtlicher Randbedingung möglich sein.

Für den öffentlichen Toilettenbereich sind Anordnungen mehrerer Latrinen ohne Grauwasseranfall möglich. Hier wäre dann in den Toilettenanlagen nur noch der Trocknungsraum und eine Fläche zur Urintröcknung erforderlich, der dann sinnvollerweise der gesamte Urin aus allen Toiletten zugeführt wird.

#### 4.4.3 Nicht separierendes (Fertigteil)trocknungssystem

Aus Botswana ist der Einsatz von Trocknungstoiletten bekannt, die in Südafrika gefertigt werden. Die Trocknungskammer besteht aus Polyethylen mit einem Trocknungsrohr mit Zwangslüftung (Prinzip wie bei der VIP-Latrine). Diese Toiletten haben im südlichen Afrika eine Verbreitung von einigen tausend Stück.

Nähere Informationen zu den von der Fa. EnviroLoo ([www.enviroloo.co.za](http://www.enviroloo.co.za)) angebotenen Toiletten wurden mehrfach angefragt, liegen aber bisher noch nicht vor. Der Hersteller nennt die Toiletten 'dehydrating toilets', erwähnt aber in seiner Produktbeschreibung Kompostierungsprozesse. Es kann daher vermutet werden, daß es sich bei den angebotenen Toiletten auch um vorgefertigte Komposttoiletten handelt. Der Hersteller tritt als Franchisegeber auf und sucht Partner.

Durch den Einsatz der Fertigteiltoiletten ist das dringendste Problem der Grauwasserableitung und -behandlung noch nicht gelöst. Es ist daher sinnvoll, das Grauwasser vor Ort auf dem jeweiligen Grundstücke zu behandeln und als Nutzwasser wieder zu verwenden. Auf mögliche Verfahren wird in einem späteren Kapitel eingegangen.

#### 4.4.4 Separierendes (Fertigteil)trocknungssystem

Aus Südafrika ist ein Hersteller (Fa. Cemforce) bekannt, der Trenntoiletten aus Beton-Fertigteilen mit einem Toilettensitz aus Polyethylen erstellt. Fäkalien werden gesammelt und in einem Behälter unterhalb der Toilette getrocknet. Der separat erfaßte Urin wird abgeleitet und in einem eigenen Behälter erfaßt und getrennt versickert. Die Separation ist daher zur Erleichterung der Fäkalientrocknung und nicht zur Nährstoffnutzung eingeführt worden.

Nähere Unterlagen, Zeichnungen oder Preise für diese Toiletten liegen noch nicht vor. Aus den in Auszügen vorliegenden Unterlagen (WEDC-Studie über Botswana, ohne detaillierte Quellenangabe) ist ersichtlich, dass weitere Untersuchungen bzgl. Funktionsweise Betrieb erforderlich sind, um Aussagen hinsichtlich eines großflächigen Einsatzes zu erhalten.

Aufgrund fehlender näherer Informationen, die vor Ort erhoben werden müssten und im Rahmen dieser Studie nicht weiter eingeholt werden und den noch nicht verfügbaren Informationen hinsichtlich der praktischen Einsatzfähigkeit wird auf eine detaillierte Betrachtung verzichtet.

#### 4.4.5 Komposttoilette

Komposttoiletten erfordern für die biologischen Prozesse der Kompostierung einen Feuchtegehalt von ca. 60 %. Die Erfahrung aus dem Betrieb von Komposttoiletten zeigt, dass die Toiletten einer regelmäßigen Überwachung unterzogen werden müssen, damit sie aufgrund der hohen Temperaturen und der niedrigen Luftfeuchtigkeit nicht austrocknen oder übermäßig vernässen und damit die Kompostierungsprozesse nicht mehr stattfinden. Vielfach ist bei diesen Toiletten eine Vernässung festzustellen und das anfallende Sickerwasser wird dann mit dem Grauwasser abgeleitet. Da sich die Nährstoffe zu einem großen Teil in der flüssigen Phase des Sickerwassers befinden, ist bei einer Ableitung dieser Phase eine Nutzung nicht möglich. Die Nutzung setzt eine Sammlung des Sickerwassers voraus.

Der Inhalt der Komposttoiletten muß regelmäßig kontrolliert und aufgelockert werden, damit die Bildung anaerober Zonen, die zu einer Geruchsbildung ( $H_2S$ ) und dem Verblocken des Komposts führt, unterbunden wird.

Vielfach wird über den Einsatz von Komposttoiletten als Toilettensystem für on-site-Sanitäranlagen berichtet; Meist handelt es sich dabei aber Trocknungstoiletten ('dehydrating toilets', 'desiccation toilets'), die eine Volumenreduzierung aufgrund der Verdunstung der Flüssigkeit anstreben.

Eine (zentrale ) aerobe Kompostierung von Fäkalien ist aufgrund der klimatischen Bedingungen als sehr problematisch einzuschätzen (zu trocken). Bisherige Erfahrungen zeigen, dass eine Kompostierung in afrikanischen Ländern ohne erhebliche Wartung nicht funktioniert, da die für die Kompostierung erforderlichen Feuchtigkeitsgrenzen (50 - 60 %) nicht zuverlässig eingehalten werden können (Winblad, 2000). Entweder ist die Feuchtigkeit nicht ausreichend (Austrocknung des Materials, z.B. in der Trockenzeit) oder sie ist zu hoch (Vernässung des Materials, z.B. in der Regenzeit). Zudem ist für die Situation in Koulikoro das nötige Strukturmaterial nicht vorhanden. Eine effiziente Hygienisierung ist unter den gegebenen on-site Bedingungen bei einer Kompostierung nicht unbedingt garantiert. Der Wartungsaufwand für eine Kompostanlage ist verhältnismäßig hoch.

Für die Verhältnisse in Mali mit der nassen Analhygiene eignen sich Komposttoiletten wegen der hohen Flüssigkeitsmenge, die den Toiletten mit dem Analwaschwasser zugeführt wird, nicht.

#### **4.4.6 Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf die EcoSan Sanitäranlage**

Aus folgenden Gründen wird unter den spezifischen lokalen Bedingungen in Koulikoro der Ansatz EcoSan Versuchsanlage empfohlen:

- Weiterentwicklung der in Mali bekannten Sanitärsysteme
- geringer Wartungsaufwand
- Teilstromtrennung ermöglicht Nährstoffnutzung und Verwendung als Dünger bzw. Bodenverbesserer

Folgende upgrades können unter bestimmten Bedingungen Sinn machen:

- Einbau einer Dusche
- Einbau einer vorgefertigten Steh- oder Sitztoilette als Separationstoilette mit getrennter Urinableitung über einen Schlauch Trennung der Module Toilette / Dusche

Komposttoiletten wird aufgrund der starken klimatischen Schwankungen (Trocken- / Regenzeit) und des hohen Aufwands zur Überwachung der Kompostierung keine Aussicht auf erfolgreiche Implementierung eingeräumt.

Tabelle 4-4: Übersicht über EcoSan Sanitäranlagen

| Lösungs-<br>variante |   | Verfahren zur Behandlung der Teilströme |                        |                 |                        |                 |                               |
|----------------------|---|---|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-------------------------------|
|                      |   | Fäkalien (F)                            |                        | Urin (U)        |                        | Grauwasser (Gw) |                               |
|                      |   | Behand-<br>lung                         | Nutzung                | Behand-<br>lung | Nutzung                | Behand-<br>lung | Nutzung                       |
| 4.4.1                | EcoSan-Sanitär-anlage                             | Trocknung                               | Nutzung als Festdünger | Trocknung       | Nutzung als Festdünger | Reinigung       | Brauch-wasser, Versick-kerung |
| 4.4.2                | Anlagen-Upgrades                                  | Trocknung                               | Nutzung als Festdünger | Trocknung       | Nutzung als Festdünger | Reinigung       | Brauch-wasser, Versick-kerung |
| 4.4.3                | nicht separier-endes Fertigteil-trocknungs-system | Trocknung                               | Nutzung als Festdünger |                 |                        |                 |                               |
| 4.4.5                | Kompost-toilette                                  | Kompost-ierung                          | Nutzung als Festdünger |                 |                        |                 |                               |

## 4.5 Ergänzende semi-zentrale Lösungsansätze

### 4.5.1 Semizentrale Fäkalbehandlung

Da der Bau dezentraler Anlagen für einzelne Haushalte die sanitären Probleme der Stadt Koulikoro nur sehr langsam und nach und nach entschärfen wird, sollte über unterstützende, die sanitäre Situation in der Stadt kurzfristig verbessernde und im folgenden beschriebene Maßnahmen nachgedacht werden.

Eine solche unterstützenden Maßnahme kann die semizentrale Behandlung der aus Latrinen entnommenen Fäkalschlämme sein. Hiermit würde das dringendste Hygieneproblem im Zusammenhang mit der aktuellen Praxis effektiv angegangen. Ziel der Behandlung ist das Unterbinden von wilden, unkontrollierten Ablagerungen des Schlammes im privaten und öffentlichen Bereich sowie die Hygienisierung des Schlammes aus den Latrinen für eine sichere Anwendung in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau.

Ein wesentlicher Punkt zum erfolgreichen Umsetzen ist die Sicherstellung der logistischen und behördlichen Voraussetzungen. Bestehende Verordnungen zum Umgang mit Schlämmen aus Latrinen müssen tatsächlich umgesetzt werden. Die Grundstücksbesitzer sind durch Anreize und Auflagen zu motivieren den Schlamm entweder selbst oder durch Dritte zu den semizentralen Behandlungsstellen zu bringen.

Zur semizentralen Behandlung der Schlämme eignet sich unter den vorhandenen Bedingungen die Trocknung in Schlammbeeten. Diese Methode der Behandlung ist den anderen Methoden vorzuziehen, denn der Bau und der Betrieb der Beete ist einfach, die Reduzierung des Schlammvolumens durch eine Trocknung wirkungsvoll.

Die semi-zentrale Schlamm-trocknung wird bei Gestaltung mit dem niedrigen Wall (s. Bericht Phase A) nur in der Trockenzeit betrieben werden können. Wartungsarbeiten an dem Bauwerk fallen in der Trockenzeit nur bei Beschädigungen an. Für die Befüllung des Beetes mit einem Latrineneinhalt ist mit einem Arbeitseinsatz von ca. 0,5 - 1 Tag und Person zu rechnen. Die Befüllung sollte dann einmal wöchentlich hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehalts durch Entnahme einer

Probe über die gesamte Schlammtiefe kontrolliert werden. Kosten infolge Materialeinsatzes für den Betrieb eines Schlammbeets fallen nicht an.

Bei der Handhabung von Latrineninhalten ist zu beachten, dass dieser nicht vollständig ausgefault und hygienisch bedenklich ist. Dies muß beim Umgang mit diesem berücksichtigt werden (Mann, 1993).

Die Konsistenz von Schlämmen aus Latrinen ist eher zäh. Er wird in Koulikoro in der Regel manuell aus den Gruben entnommen und kann mit Eselskarren zu den Trockenplätzen gefahren werden. Dort wird er zum Trocknen ausgebreitet.

Für die Behandlung der Fäkalien aus den Gruben bereits bestehender Latrinen, werden semizentrale Trocknungsbeete vorgeschlagen. Als möglichst effizientes Verfahren wird die Lufttrocknung empfohlen, wobei in Abhängigkeit der Jahreszeit zwei unterschiedliche Beete zu bauen sind: Beete, die nur während der Trockenzeit (Verdunstung größer als Niederschlag) und Beete, die während der Regenzeit (Niederschlag größer als Verdunstung) beschickt werden.

## **4.5.2 Semizentrale Urinbehandlung**

### **4.5.2.1 Dezentrale Sammlung des Urins, semizentrale Speicherung und Nutzung als Flüssigdünger**

Um den Aufwand für Speicherung und Transport so gering wie möglich zu halten, ist eine sehr geringe Vermischung des Urins mit Analwaschwasser anzustreben. Regenwasser muß durch eine Überdachung ganz fern gehalten werden. Eine Reduktion der Vermischung des Urins mit Wasser ist auch notwendig, um die Hydrolyse von Harnstoff so langsam wie möglich ablaufen zu lassen.

Die Sammlung des Urins in kann in unterschiedlichen Zeithorizonten geschehen. Eine Möglichkeit ist die Sammlung mit kurzzeitiger Speicherung in kleinen Behältern (Speichervolumen für eine Woche – ca. 150 – 200 l) und regelmäßiger Abholung der Behälter. Hierbei ist neben einer potentiellen Eigennutzung ist eine Abholung und Verwertung, z.B. durch eine lokale GIE, anzustreben (s. Kap. 8).

Gelbwasser kann aufgrund seiner Zusammensetzung sehr gut als Flüssigdünger eingesetzt werden. Dabei wurde zusätzlich eine sehr gute Pflanzenverträglichkeit festgestellt (Jönsson, 1997). An eine Vorbehandlung des Gelbwassers werden in Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Produkte, die auf den Verwertungsflächen angebaut werden, unterschiedliche Anforderungen gestellt.

Bei einer sofortigen Verwertung des Gelbwassers als Dünger, muß sichergestellt werden, dass keine hygienische Risiken bestehen. Zum Beispiel darf kein frisches Gelbwasser für die Düngung von bewachsenen Flächen eingesetzt werden, wenn auf diesen Flächen bodennahe Pflanzen für den menschlichen Verzehr angebaut werden. Gegen eine Düngung von Flächen, auf denen andere Pflanzen (z.B. Baumwolle, Getreide oder Obstbäume), deren Früchte bei der Düngung nicht direkt mit dem Urin in Kontakt kommen, angebaut werden, bestehen grundsätzlich keine Einwände (s. Kap. 5.3.2). Bei der Düngung mit Urin ist zu berücksichtigen, dass die hygienischen Risiken bei der Verwendung von Urin aufgrund der erheblich geringeren Keimbelastung wesentlich niedriger als bei der Verwendung von Fäkalien ist; die Keimbelastung von Urin ist im wesentlichen fäkalen Ursprungs.

Wenn Gelbwasser auf Flächen, auf denen Nutzpflanzen für den menschlichen Verzehr angebaut werden, verwertet werden soll, ist eine Hygienisierung (z.B. durch Speicherung) erforderlich. Hierzu liegen unterschiedliche Erfahrungen vor. Nach schwedischen Erfahrungen (Jönsson, 1997) sollte eine Speicherungszeit von einem halben Jahr eingehalten werden. Dann kann davon ausgegangen werden, dass im Gelbwasser befindliche Krankheitserreger weitestgehend abgetötet sind. In Zimbabwe wird eine Speicherzeit von 4 Wochen für ausreichend erachtet (Werner, 2000). Eine direkte Übertragbarkeit dieser Erfahrungen auf Mali - mit seinen grundsätzlich anderen klimatischen Bedingungen - ist nach dem heutigen Kenntnisstand nicht ohne Weiteres gegeben.

Bevor hier konkrete Empfehlungen für die Nutzung von flüssigem Urin in der Landwirtschaft gegeben werden, wird daher vorgeschlagen, die Ergebnisse der Untersuchung repräsentativer Proben auf die fäkalen Indikatorkeime (siehe Engelberg Guidelines) abzuwarten.

Bei der Ausbringung von Gelbwasser auf landwirtschaftliche Flächen ist wie bei jedem Dünger eine fachgerechte Dosierung entsprechend der angebauten Kulturen und der vorhandenen Böden zu beachten. Hierfür sollten gemeinsam mit dem lokalen Agronomen Handlungsanweisungen erarbeitet werden, mit denen die Bevölkerung unterwiesen wird.

Das Ausbringen des Gelbwassers kann nur verdünnt, z.B. mit der Gießkanne oder als gezielte Düngergabe auf den Boden, z.B. durch Schleppschlauchdüngung mit direkter Einbringung in den Boden erfolgen; dadurch kann ein übermäßiger Stickstoffverlust durch Ausgasen von Ammoniak verhindert werden. Die Düngung mit Maschinen und die Verwendung von Flüssigdüngern ist der Region Koulikoro bisher unbekannt.

Eine Aufbringung des Urins zur direkten Düngung von Gemüse sollte vermieden werden (s. Kap. 5.3). Da die Gemüseanbauflächen in Koulikoro im Nigertal liegen und die Anbauflächen anderer Produkte auf dem Plateau, ist ein längerer Transport des Flüssigdüngers erforderlich. Somit werden die logistischen Möglichkeiten und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Transportweges die wesentliche Entscheidungsgrundlage für die Einbindung einer solchen Entsorgungsvariante sein (s. Kapitel 8).

#### **4.5.2.2 Dezentrale Sammlung des Urins, semizentrale Trocknung und Nutzung als Festdünger**

Die Gelbwassersammlung und anschließende Trocknung kann, zumindest für bestimmte Stadtgebiete, eine Komponente im Gesamtsanitärkonzept bilden. Dies ist insbesondere dann von Interesse, wenn Speichervolumen eingespart werden soll und wenn zur lokalen Verwertung nicht genügend landwirtschaftliche Flächen zur Verfügung stehen. Durch einen Trockendünger kann der Transport wesentlich effektiver erfolgen. In der Anwendung und Lagerung besteht eine größere Flexibilität. Die Behandlung des Urins besteht somit aus den folgenden Einzelschritten:

- kurz- oder langfristige Sammlung vor Ort mit Speicherung
- Abholung und Transport zu semi-zentralen Trocknungsplätzen
- semi-zentrale Trocknung mit dem verbleibenden Feststoff als Dünger

Als einzige gangbare Variante für eine semizentrale Trocknung des Gelbwassers kommt für Koulikoro und Mali die natürliche Trocknung durch Wind und Sonne in Frage. Der Einsatz von zusätzlicher Energie und technischem Aufwand ist nicht realistisch.

Zu beachtende konstruktive Bedingungen für eine hohe Verdunstungsleistung wird weiter unten dargestellt.

Bei der Lagerung von Urin / Gelbwasser ist weiterhin zu beachten, dass Stickstoffverluste durch Ausgasung von Ammoniak auftreten können. Durch die Hydrolyse des Harnstoffs steigen im Gelbwasser der pH-Wert und die Ammoniakkonzentration.

Um dies zu unterbinden, kann Säure zugegeben werden. Dabei ist davon auszugehen, dass die Säurezugabe zu frischem und möglichst unverdünnten Urin und die damit verbundene Hemmung des Harnstoffabbaus am erfolgversprechendsten ist. Wird die Säure zum bereits länger gelagerten Gelbwasser zugeben, um Salze mit dem Ammonium zu bilden, muß nach Untersuchungen bis zehnmal mehr Säure zugegeben werden (Hellström und Thurdin, 1998). Einzuschätzen wäre, in welchem Verhältnis der Aufwand für die Zugabe der Säure zur Minderung des Austrags von Stickstoff über Ammoniak steht. Eine Rolle spielt auch die Minderung der Geruchsbelästigung.

Eine Säuredosierung ist für die Anwendung der Gelbwasserspeicherung in Mali nur mit zur Zeit nicht vertretbarem Aufwand realisierbar. Eine Auswertung der Erfahrungen mit Kontrolle der Lagerung des Gelbwassers muß anhand von Voruntersuchungen erfolgen.

Das auf den Grundstücken anfallende Gelbwasser kann wie bei der Variante der Flüssigdüngernutzung (Kap. 4.5.2.1, Kap. 5.1.4) durch Sammelwagen aus den Zwischenspeichern auf den Einzelgrundstücken zur semizentralen Behandlung gefahren. Die Organisation des Transports muß mit den beteiligten Partnern vor Ort erfolgen.

Die natürliche Trocknung des Urins kann nur während der Trocken- und der Übergangszeit erfolgen. Hier liegt die Rate der potentiellen Evaporation deutlich über der des Niederschlags. Für die Monate der Regenzeit (Juli - September) übersteigt die Niederschlags- die Verdunstungsrate. Um diese Zeit sicher zu überbrücken, ist eine Speicherkapazität für das Gelbwasser von ca. 3 bis 4 Monaten vorzuhalten. Begründet durch die hohen Niederschlagsmengen von bis zu 270 mm/Monat in der Regenzeit (s. Annex 3) führt die Variante der semizentralen Gelbwassertrocknung zu einem hohen baulichen Aufwand, hohem Flächenverbrauch. Dies läßt die Lösung der semizentralen Gelbwassertrocknung in offenen Flächen unrealistisch erscheinen. Eine Alternative ist die Überdachung der Flächen mit einer Volumen- und Flächenreduzierung.

#### Alternative: Überdachung der Trockenbeete

Als Alternative zum Bau von Speichervolumen und zur Erhöhung der Evaporation besteht die Möglichkeit die Trocknungsbeete zu überdachen. Dies kann durch Leichtbaukonstruktionen mit Wellblech oder Folie geschehen. Wenn sichergestellt wird, das die Verdunstungsfläche ausreichend ist, um die überwiegende Zeit des Jahres den täglichen Gelbwasseranfall zu verdunsten, kann das Speichervolumen je nach Verdunstungsrate reduziert werden. Einen zusätzlichen Puffer bieten die Speicher der Grundstücksanlagen.

### **4.5.3 Semizentrale Grauwasserbehandlung**

Alternativ zu den oben skizzierten mit den Latrinen kombinierten Grauwasserfiltern kann eine Behandlung des Grauwassers bei kleinen Grundstücken auch in straßenbegleitenden Filtern durchgeführt werden, die außerhalb der Grundstücke liegen. Die Filter entsprechen ihrer Funktionsweise und Größe den direkt an der Latrine angeordneten Filtern.

Diese Filter können ebenfalls begrünt werden, so dass das Grauwasser von den Pflanzen verdunstet wird. Diese Filter sind ohne Bodendichtung auszuführen, so dass eine Versickerung des gereinigten Grauwassers in den Untergrund (je nach Bodenverhältnissen) möglich ist.

Alternativ kann die Grauwasserbehandlung auch als straßenbegleitender Bodenfilter ausgeführt werden, evtl. auch in Kombination mit den Pflanzstreifen. Diese Anwendung ist nur bei bestimmten

Böden möglich. Eine Abdichtung des Filters gegen den Boden ist nicht nötig, das gereinigte Grauwasser kann an der Sohle des Bodenfilters versickern. Durch ein gelochtes Rohr an der Filteroberfläche kann eine Querverteilung und Vergleichmäßigung der Beschickung erfolgen.

Bei dieser Variante handelt es sich um eine bautechnisch aufwendigere Variante, die in den Straßenraum eingebaut werden kann. Eine Längenbegrenzung ergibt sich durch die Kreuzung von Wegen und Straßen. Diese Variante sollte auch aufgrund der höheren Kosten für Erdaushub etc. erst nach Prüfung der örtlichen Gegebenheiten und nur in Sonderfällen Anwendung finden.

#### 4.5.4 Biogasanlage

Biogasanlagen finden eine weite Anwendung in asiatischen Gebieten (China, Indien etc). Hier werden sie in der Regel als landwirtschaftliche Anlagen in einfacher Technik betrieben, denen menschliche Fäkalien zugegeben werden. Der Betrieb von Biogasanlage zu ausschließlichen Fäkalienvergärung ist nicht sehr weit verbreitet, da der Einsatz herkömmlicher Spültoiletten aufgrund der hohen Verdünnung eine anaerobe Behandlung nicht ermöglicht.

Der Betrieb einer Biogasanlage ist sinnvoll, wenn mehrere Einheiten daran angeschlossen werden. Der Transport der auf dem Grundstück anfallenden Fäkalien kann entweder über Rohrleitungen erfolgen - dies setzt einen Schwemmkanal voraus, der sich gegenüber der anaeroben Behandlung kontraproduktiv verhält - oder als Containersystem, in dem die gesammelten Fäkalien zum Standort einer dezentralen bzw. semi-zentralen Biogasanlage transportiert werden. Hier ist der Einsatz einer Biogasanlage nur an besonderen Standorten, an denen auch andere Bioabfälle anfallen – z.B. Marktplatz – sinnvoll möglich sein.

Da in Koulikoro Viehhaltung überwiegend extensiv erfolgt, das heißt, die Tiere bewegen frei sich auf großen Flächen außerhalb Koulikoros und übernachten auch nicht in Stallungen, ist eine effiziente Sammlung des Viehdungs nicht möglich und daher steht kein ausreichendes Cosubstrat zur Vergärung zur Verfügung.

Für eine erfolgreiche Anaerobbehandlung in einer Biogasanlage müssen die angelieferten Fäkalien einen möglichst geringen Vorabbau aufweisen, wenn sie in die Anlage gehen (Transportproblem, kurze Wege). Die Gasproduktion lässt sich durch die Zugabe von ausreichendem Cosubstrat wie organische Abfälle / Grünschnitt erheblich steigern; auch dieses Cosubstrat ist in Koulikoro so gut wie nicht vorhanden. Da der flüssige Gärrückstand in der Landwirtschaft als organisches Material und Nährstoffträger genutzt werden soll, ist ein Transport zu den von Koulikoro weiter entfernten Feldern erforderlich. Das Volumen des flüssigen Gärrückstands überschreitet aufgrund der Verdünnung das Volumen des in einer anderen Variante gesammelten flüssigen Gelbwassers und wird erhebliche Aufwendungen für den Transport verursachen.

Vor dem Hintergrund dieser vielzähligen Gründe werden semizentrale Biogasanlagen nicht näher betrachtet

#### 4.5.5 Zusammenfassung und Empfehlung in Hinblick auf semi-zentrale Systeme

Semi-zentrale Lösungsansätze können bei der Umsetzung von EcoSan-Konzepten unterstützend wirken und kurzfristig eine Verbesserung der sanitären Situation herbeiführen. Insbesondere auf Grundstücken, auf denen kein Umbau zu EcoSan-Anlagen möglich ist, bzw. zur Zeit nicht möglich ist, sind semi-zentrale Lösungsansätze sinnvoll.

Hierzu gehören:

- semi-zentrale Fäkalienbehandlung durch Trocknung
- semi-zentrale Speicherung des dezentral gesammelten Urins und Verwertung als Flüssigdünger
- semi-zentrale Trocknung des dezentral gesammelten Urins und Verwertung als Festdünger

Alle Lösungsansätze beruhen auf der für die EcoSan-Konzepte wichtige Teilstromtrennung und ermöglichen in Kombination der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten eine Nutzung der Nährstoffe.

Biogasanlagen stellen für die Bedingungen in Koulikoro nur an einzelnen ausgewählten Standorten einen sinnvollen Lösungsansatz dar.

Tabelle 4-5: Übersicht über semi-zentrale Lösungsansätze

| Lösungs-<br>variante |   | Verfahren zur Behandlung der Teilströme |                           |                        |  |                 |  |
|----------------------|---|---|---------------------------|------------------------|--|-----------------|--|
|                      |   | Fäkalien (F)                            |                           | Urin (U)               |  | Grauwasser (Gw) |  |
|                      |   | Behand-<br>lung                         | Nutzung                   | Behand-<br>lung        | Nutzung  | Behand-<br>lung | Nutzung                                  |
| 4.5.1                | semi-zentrale Fäkalien-<br>behandlung   | Trocknung                               | Nutzung als<br>Festdünger |                        |  |                 |  |
| 4.5.2                | semi-zentrale Urin-<br>behandlung       |   |                           | Sammlung/<br>Trocknung | Nutzung als<br>Flüssigdünger/<br>Nutzung als<br>Festdünger |                 |  |
| 4.5.3                | semi-zentrale Grauwasser-<br>behandlung |   |                           |                        |  | Reinigung       | Brauch-<br>wasser,<br>Versick-<br>kerung |

## 5 Betrachtung nachhaltiger Sanitärsystem aus agronomischer Sicht - Landwirtschaftliche Verwertbarkeit der Nährstoffe

### 5.1 Landwirtschaft in und um Koulikoro

Die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Verwertung der durch Betrieb der vorgeschlagenen EcoSan-Sanitärsysteme gewonnenen Nährstoffe ist unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung dieses Ansatzes. Daher werden Art und Weise der Landwirtschaft in und um Koulikoro im folgenden als Grundlage für die Untersuchung der Machbarkeit beschrieben.

Obwohl Koulikoro eine Stadt der Arbeiter und Angestellten ist, verfügen doch viele Familien über Felder und betreiben selbst etwas Landwirtschaft, sowohl Getreide- als auch Gemüseanbau für eigenen Bedarf und für Verkauf. Eine durchschnittliche Familie kann - nach Angaben des lokalen Projektes - maximal 5 ha bewirtschaften. Familien, die ausschließlich von der Landwirtschaft leben sind jedoch sehr selten. Landwirtschaftliche Organisation / Verbände sind in Koulikoro nicht bekannt (persönliche Mitteilung Mama Minta, DRA - Direction Régionale de l'Aménagement et de l'Equipement Rural).

#### 5.1.1 Bodenqualität in der Region

Die Böden in und um Koulikoro sind größtenteils sandig und nährstoffarm.

Degradierete und nährstoffarme Böden sind typisch für Sub-Sahara Afrika. In diesem Zusammenhang ist der Mangel an organischen Bestandteilen (sog. SOM - soil organic matters) hervorzuheben, die insbesondere für das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen von entscheidender Bedeutung sind. Dieser Mangel und die damit verbundene minderwertige Bodenstruktur kann durch mineralische Düngemittel allein nicht ausgeglichen werden.

Der Einsatz mineralischer Dünger führt unter den lokalen Bedingungen oft aus folgenden Gründen nicht zu dem gewünschten Erfolg:

- überwiegend regenabhängige Landwirtschaft (wenn es nicht oder unzureichend regnet nützt auch der beste Dünger nichts)
- degradiertes Zustand der Böden („arme“ Böden, die die Nährstoffe nicht binden / halten können)
- Pflanzen / Kulturen, die nur in geringem Maße auf mineralische Düngergaben ansprechen (traditionelle, angepasste Kulturen)

(Quelle: World Bank Technical Paper, 1998).

Die zusätzlichen Probleme, die mineralische Dünger verursachen können, wie die Versauerung der Böden und die Belastung des Grundwassers sind bei der OHVN - Office de la Haute Vallée du Niger bekannt, die daher Alternativen (wie hygienisch unproblematische menschliche Ausscheidungen) sehr aufgeschlossen gegenüber steht (persönliche Mitteilung Tandin Coulibaly und Drammane Coulibaly).

Wie oben beschrieben, ist neben der Zufuhr von Nährstoffen (Düngung) die Verbesserung der Bodenqualität, d. h. die Erhöhung der organischen Anteile im Boden zur Erreichung vernünftiger Erträge unabdingbar. Die Bodenqualität bzw. -struktur kann durch den Einsatz getrockneter

Fäkalien deutlich verbessert werden, wodurch auch die gewonnenen Nährstoffe effizienter verwertet werden können (s. auch Verbesserung der Struktur und Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens, Kapitel 1.2, Bericht Phase A).

Insbesondere preiswerte Alternativen zu mineralischen Düngemitteln, die zusätzlich bodenverbessernde Eigenschaften aufweisen, sind daher sehr willkommen (persönliche Mitteilung Mama Minta, DRA).

### 5.1.2 Angebaute Kulturen in und um Koulikoro

Wie schon in Kapitel 8 des Berichtes zu Phase A beschrieben, werden in und um Koulikoro als vorherrschende Kulturen 165 ha Kolbenhirse (Mil) und 185 ha Hirse (Sorgho) angebaut. Außerdem Mais (38 ha), Baumwolle (50 ha), Erdnüsse (40 ha) und Reis (20 ha, abhängig von der jährlich schwankenden Regenmenge).

Die Anbauflächen (Gemeinden Koulikoro / Massala) liegen in einer Entfernung von 0 - 15 km vom Stadtzentrum Koulikoros, da z. T. direkt im Stadtgebiet bzw. zwischen den einzelnen Stadtvierteln Landwirtschaft betrieben wird. Gemüse wird relativ stadtnah angebaut (Flussbett des Niger), während sich die Trockenkulturfelder in der Regel in größerer Entfernung auf den höhergelegenen Plateaus oder an den stadtauswärts führenden Straßen befinden. Die durchschnittliche Entfernungen einer Familie zu ihren Feldern beträgt 3 - 4 km.

Gemüse (Kartoffeln, Salat, Tomaten, Kohl, Auberginen, Zwiebeln, Melonen, Süßkartoffeln, Maniok, Karotten, Gurken, Paprika, Bohnen, Rüben, Knoblauch) wird vor allem an den Ufern des Niger angebaut, sowohl zum Eigenverbrauch als auch zum Verkauf nach Bamako.

Tabelle 5-1: Übersicht über die Gemüseanbauflächen in und um Koulikoro  
(Quelle: lokales TZ Projekt)

| Gemüseart    | Fläche in ha |
|--------------|--------------|
| Tomaten      | 1,5          |
| Paprika      | 0,5          |
| Peperoni     | 0,5          |
| Auberginen   | 1            |
| Gurken       | 1            |
| Salat        | 3,5          |
| Lauch        | 3,5          |
| Kohl         | 3,5          |
| Zwiebeln     | 3,5          |
| Knoblauch    | 3,5          |
| Karotten     | 0,5          |
| Rüben        | 0,5          |
| Kartoffeln   | 0,5          |
| Combo        | 7,5          |
| <b>Summe</b> | <b>35</b>    |

Zu den Baumkulturen (Mango, Papaya, Guaven, Bananen, Zitronen, Orangen, Mandarinen etc.) liegen keine Zahlen vor.

Neben Feldbau wird auch Viehhaltung in der Kommune Koulikoro betrieben (4.750 Rinder; 6.510 Ziegen und Schafe; 10 Pferde; 350 Esel; 150 Schweine, 10.000 Hühner). Diese Angaben stammen von Bamia, SLACAER - Service Local de l'Appui-conseil, de l'Aménagement et de

l'Equipement Rurale (persönliche Mitteilung). Die Viehhaltung erfolgt überwiegend extensiv, d. h. eine Sammlung von Viehdung ist schwierig und wird nicht systematisch betrieben.

### 5.1.3 Sorgho und Mil als vorherrschende Trockenkulturen

Hirse (Sorgho) (Foto 1 und Foto 2) wird vor allem zum menschlichen Verzehr und als Tierfutter angebaut. Aus den Körnern können Klebstoffe und Dextrose gewonnen werden. Fermentierte Hirsekörnern können zu Alkohol (Hirsebier) verarbeitet werden. Das Stroh (3 bis 4 m hohe Halme, s. Foto 3) wird als Baumaterial vor allem zur Herstellung von Trennwänden und Überdachungen verwendet.

Kolbenhirse (Mil) (Foto 4 und Foto 5) ist vor allem für die menschliche Ernährung in Sub-Sahara Afrika von großer Bedeutung.

### 5.1.4 Art der Bewirtschaftung

Die Informationen zur Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung in der Region um Koulikoro wurden bei Feldbesuchen mit einem lokalen Landwirt (Mamadou Traore - Bauherr einer Versuchsanlage) erhoben und in Diskussion mit den beiden Agrarstudenten Sory Ibrahim Diarra und Ousmane Coulibaly, die die geplanten Feldversuche an der IPR - Institut Polytechnique Rural de Katibougou im Rahmen ihrer Diplomarbeit durchführen sollen (s. Annex 6), gesammelt. Die so erhaltenen Auskünfte wurden mit Vertretern der Universität IPR (Professoren Filifing Dembele, Sidiki Gabriel Dembele und Bakary Traore), der OHVN (Tandin Coulibaly und Drammane Coulibaly) und der DRA (Mama Minta) diskutiert, die ihre Verlässlichkeit bestätigten.

Für die Trockenkulturen (Getreide, wie Sorgho und Mil) gibt es eine Vegetationsperiode pro Jahr. Gesät wird zu Beginn der Regenzeit, d. h. je nach Wetterbedingungen zwischen Mitte Juni bis Ende Juli. Die durchschnittliche Wachstumsperiode für Sorgho und Mil beträgt ca. 3 Monate. Geerntet wird daher in der Regel ab Mitte Oktober bis Dezember in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf der Regenzeit.

Das Gemüse wird in den in der Trockenzeit ausgetrockneten Bereichen des Flussbettes angebaut und mit Flusswasser (manuell oder selten mit Handpumpen) bewässert. Gemüse kann nur in der in der Trockenzeit angebaut werden, da nur dann die Flächen (Flussbett) vorhanden sind.

Die Trockenkulturen werden überwiegend für den Eigenverbrauch und Gemüse auch für den Verkauf nach Bamako angebaut. Gemüse verlangt - nach Auskunft des OHVN - wesentlich mehr Düngung als Getreide, ohne dass der Nährstoffbedarf quantifiziert werden kann. In den Gemüseanbau wird auch mehr an mineralischem Dünger investiert, da er durch den möglichen Verkauf rentabler ist als Getreide.

Eine gezielte Bewässerungslandwirtschaft gibt es in Koulikoro nicht. Flusswasser in der Ebene und Anbauflächen auf den höheren Ebenen würde ein Bewässerungssystem sehr teuer machen. Im Regelfall reichen die Niederschläge aus. Die sandigen Böden erschweren zudem eine künstliche Bewässerung (geringes Wasserrückhaltevermögen, leicht erodierbar). Lediglich im Gemüseanbau während der Trockenzeit wird das nahe Flusswasser zur Bewässerung genutzt und manuell mit Gießkannen aufgebracht.

Grundsätzlich sind die bewirtschafteten Flächen groß (extensiv), aber die Erträge gering. Die ganze Familie arbeitet mit. Durchschnittliche Erträge für Sorgho und Mil liegen bei 0,5 Tonnen bis maximal 2 Tonnen pro Hektar, je nach Ergiebigkeit der Regenfälle.

In der Regenzeit bestellt ein Großteil der Bevölkerung Koulikoros die eigenen Felder, was es schwer macht in dieser Zeit Arbeiter für andere Aufgaben zu bekommen, die zudem bis zum dreifachen des sonst üblichen Honorars verlangen.

Die Bewirtschaftung der Felder findet grundsätzlich mit einfachstem Gerät statt, wie manuell eingesetzten Hacken. Die Bodenvorbereitung geschieht mit Hilfe eines einfachen Metallpfluges (Foto 6), der von Rindern gezogen wird. Da nicht alle Bauern Rinder besitzen, werden diese sich gegenseitig ausgeliehen, was z. B. im Rahmen eines Zusammenschlusses der Pensionäre (association des retraités) stattfindet, in der M. Traore Mitglied ist.

Zur Vorbereitung des Bodens vor der Aussaat empfiehlt die OHVN, die Zusatzdünger (complexe coton und complexe céréale) in den Boden einzuarbeiten. Dies geschieht manuell mit anschließender Unterpflügung. Die Nährstoffe müssen in den nassen Boden eingearbeitet werden, d.h. nach Beginn der Regenzeit vor der Aussaat. Harnstoff soll zusätzlich in zwei Chargen aufgebracht werden, zunächst ca. 15 Tage nach der Saat und ein zweites Mal ca. 30 Tage nach der Saat. Die Aufbringung geschieht ebenfalls manuell in Furchen zwischen den Pflanzenreihen.

Da sich die meisten Landwirte in Koulikoro keine mineralischen Dünger für ihre Trockenkulturen leisten können, verwenden sie statt dessen alles an Material, was sich zur Nährstoffzufuhr eignen könnte, wie unbehandelte Sanitäranlageninhalte, Tierdung, ‚Kompost‘ aus Haushaltsabfällen (vgl. auch Bericht Phase A, Kapitel 3.9) bzw. unbehandelte Haushaltsabfälle, Baumwollreste etc. Diese Materialien werden mit Eselskarren auf die Felder transportiert und dort - entsprechend den Empfehlungen für mineralische Dünger - in mehr oder weniger trockener Form von Hand aufgebracht und dann mit dem Pflug in den Boden eingearbeitet. Dies geschieht in der Regel nur einmal am Beginn der Regenzeit vor der Aussaat.

Gesät wird, indem mit Hand werden entweder kleine Löcher oder Furchen gegraben werden, in die dann der Samen von Hand eingebracht wird.

Die Ernte wird im wesentlichen per Eselskarren (Foto 7 und Foto 8) eingebracht. Fast sämtliche Transporte in Koulikoro laufen über Eselskarren. Die Transportentfernungen, die ein Eselskarren maximal zurücklegen kann betragen 15 - 20 km pro Tag (hin und zurück) mit einer maximalen Beladung von ca. 200 kg.

Für Transport und Aufbringung der alternativ gewonnenen behandelten (getrockneten) Fäkalien können dieselben Transportmittel und dieselben Aufbringungsmethoden zum selben Zeitpunkt angewendet werden, wie bei den bislang traditionell verwendeten Materialien.

Getrockneter Urin kann entsprechend den mineralischen Düngern verwendet werden, da er sich in Aussehen und Konsistenz nicht wesentlich unterscheidet. Die Nährstoffzusammensetzung von Urin entspricht weitgehend dem handelsüblicher NPK Dünger.

Das neue EcoSan-System würde von den Landwirten keine wesentlichen Verhaltensänderungen verlangen, da an der Logistik der traditionellen Nährstoffnutzung nichts verändert werden muss. Getrocknete Fäkalien ersetzen die unbehandelten Latrineneinhalte und der getrocknete Urin kann mit denselben Methoden aufgebracht werden, wie die gelegentlich eingesetzten Mineraldünger, was eine erfolgreiche Einführung einfacher macht.

Der Einsatz von Flüssigurin ist grundsätzlich denkbar, aber sicherlich schwieriger einzuführen, da es bislang keinerlei Erfahrungen mit der Aufbringung von Flüssigdüngern gibt und auch keine Gerätschaften dafür bekannt sind. Der Transport von Flüssigurin ist aufgrund der großen Volu-

mina und des hohen Gewichtes problematisch und Flüssigurin sollte daher vorzugsweise in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes eingesetzt werden. Dies könnte z. B. per Giesskanne in Gärten in der Nähe des Wohnbereiches geschehen. In Koulikoro existiert diese Art des Gartenbaus derzeit nicht, was nicht gegen die Anwendung von Flüssigurin im Gartenbau unter anderen lokalen Bedingungen (z. B. städtischer Gartenbau) spricht.

Flüssigurin ist aus hygienischer Sicht normalerweise wesentlich unproblematischer als Fäkalien, da der Gehalt an Krankheitserregern im Urin im Regelfall sehr gering ist und in erster Linie aus der Verunreinigung mit Fäkalkeimen herrührt. Die lokal übliche nasse Analhygiene kann jedoch das hygienische Problem verschärfen, da durch das Analwaschwasser zusätzliche Krankheitserreger in das Urin/Wassergemisch gelangen können.

In Koulikoro befinden sich nur die Gemüsegärten zum Teil in der Nähe der Wohneinheiten. Eine Aufbringung von Flüssigurin - z. B. mit Gießkannen - kann unter diesen Umständen (nasse Analhygiene) nach derzeitigem Kenntnisstand nicht empfohlen werden, da bei Gemüse, das zum Teil roh verzehrt wird, das größte hygienische Risiko besteht.

Der Einsatz von Flüssigurin müsste daher im Vorfeld auf seine hygienische Unbedenklichkeit hin untersucht und von intensiven Aufklärungs- und Schulungsmaßnahmen begleitet werden.

## 5.2 Aktuell verwendete Düngemittel

Organische Düngemittel und damit auch menschliche Fäkalien werden trotz der damit aktuell verbundenen Vorbehalte und Risiken in der Landwirtschaft verwendet, da sie wesentlich billiger sind als am Markt erhältliche mineralische Dünger. Die wesentlichen in und um Bamako Vertriebenen mineralischen Dünger sind ein Spezialdünger für Baumwolle (complexe coton), der aber auch für andere Kulturen eingesetzt wird und Harnstoff (entspricht chemisch dem Harnstoff aus Urin, wird aber synthetisch hergestellt und ist daher rein und konzentriert).

Preise 1999 / 2000:

| Düngemittel                                  | Preis per Einheit (50 kg) bei Barzahlung | Preis per Einheit (50 kg) bei Bezahlung auf Kredit |
|--|--|--|
| Spezialdünger für Baumwolle (complexe coton) | 9.600 FCFA <sup>3</sup>                  | 10.560 FCFA  |
| Harnstoff (urée)                             | 8.000 FCFA                               | 8.800 FCFA   |

Quelle: OHVN (Office de la Haute Vallée du Niger)

Die Preise für einige am Markt erhältliche Düngemittel sind zwar geringfügig zurückgegangen, aber im Verhältnis zu organischen Düngemitteln immer noch sehr teuer.

Aktuelle Preise für organische Düngemittel:

- Gülle / Mist: ca. 1.500 - 2.000 FCFA pro Karre (ca. 80 kg); kostenlos bei eigener Viehhaltung

<sup>3 3</sup> 100 FCFA entsprechen 1 FF, ca. 0,35 DM

- Haushaltsabfälle: grundsätzlich kostenlos, bei gewisser Vorbehandlung („Kompost“ s.o.) ca. 500 FCFA pro Karre (ca. 100 kg)
- Menschliche Fäkalien: kostenlos bei Eigenabholung
- Vorbehandelte oder gemischte Stoffe (z.B. „getrocknete“ menschliche Fäkalien mit „Kompost“: 400 - 1000 FCFA pro Karre (ca. 100 kg)

Die OHVN empfiehlt den Landwirten folgenden Düngemiteleinsetz:

- 100 kg/ha Spezialdünger für Baumwolle (complexe coton), der von der OHVN direkt vertrieben wird und 50 kg/ha Harnstoff für alle Getreide (Hirse, Weizen, Mais und Reis).
- 150 kg/ha Spezialdünger für Baumwolle und 50 kg/ha Harnstoff für Baumwolle

Die meisten Landwirte können diesen Empfehlungen aus wirtschaftlichen Gründen nicht folgen.

Der von der OHVN zentral vertriebene Spezialdünger für Baumwolle enthält durchschnittlich 14 % Stickstoff (N), 22 % Phosphoroxid ( $P_2O_5$ ) und 12 % Kaliumoxid ( $K_2O$ ). Der am Markt erhältliche Harnstoff enthält 46 % reinen Stickstoff (N).

Die Empfehlung der OHVN für organischen Dünger (Gülle/Mist, Haushaltsabfälle und menschliche Fäkalien) liegt bei 5 Tonnen pro Hektar und Jahr.

Der Nährstoffgehalt von menschlichen Fäkalien liegt bei ca. 5 - 7 % total N, 3 - 5,4 %  $P_2O_2$  und 1 - 2,5 %  $K_2O$  und der von Urin noch deutlich höher mit ca. 15 - 19 % total N, 2,5 - 5 %  $P_2O_2$  und 3 - 4,5 %  $K_2O$  (WHO Guidelines, 1989).

### Düngemittel und Bodenqualität

Das Mitglied des Gutachterteams Ibrahim Dembele war selbst an einem Forschungsvorhaben zur Bodenqualität beteiligt. Baumwollfelder, die über 20 Jahre mit Handelsdünger behandelt wurden, wiesen einen pH Wert von nur noch 3,5 - 4,5 auf. Eine Düngung dieser Felder mit organischem Material tierischen Ursprungs (Mist) führte nach 2 - 3 Jahren zu einer Anhebung des pH Wertes auf den fast neutralen Wert von 6,5 (persönliche Mitteilung I. Dembele).

### **5.3 Sichere Anwendung der gewonnenen Nährstoffe**

Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen, wie sie beim Betrieb von EcoSan-Anlagen entstehen, können eine ökologisch sinnvolle und wirtschaftliche Alternative zu mineralischen Düngemitteln darstellen. Das größte Problem bei ihrem Einsatz besteht in den möglichen Risiken für die menschliche Gesundheit, die durch geeignete Behandlungsmethoden jedoch minimiert werden können.

Die von unbehandelten Fäkalien und Urin ausgehenden Gefahren für die menschliche Gesundheit sind im Bericht zu Phase A, Kapitel 6.5 ausführlich beschrieben. In Kapitel 7 des Berichtes zu Phase A sind die gängigen Verfahren zur Hygienisierung von menschlichen Fäkalien und Urin

dargestellt und die Anforderungen, die die WHO (World Health Organisation) an die Verwendung menschliche Fäkalien und Abwasser in der Landwirtschaft stellt.

### 5.3.1 Von Fäkalien ausgehende Risiken für menschliche Gesundheit und Umwelt

Erreger für die unterschiedlichsten Krankheiten (Würmer und Wurmeier, einzellige Parasiten, wie Amöben, Bakterien, Pilze und Viren) werden von Infizierten mit dem Stuhl ausgeschieden und finden sich in menschlichen Fäkalien wieder, da sie im menschlichen Darm oft ideale Vermehrungsbedingungen finden. Unbehandelte menschliche Fäkalien sind immer als potentiell pathogen und hygienisch höchst bedenklich zu betrachten. In Entwicklungsländern sind Darmkrankheiten sehr verbreitet und die Konzentration an Krankheitserregern in menschlichen Fäkalien somit wesentlich höher als in westlichen Industrieländern (WHO Guidelines, 1989). Eine bestimmte durch den Wurm *Ascaris lumbricoides* hervorgerufene Infektionskrankheit ist weltweit verbreitet. Nach Schätzungen sind bis zu 20 % der Weltbevölkerung infiziert, in Guatemala z. B. sogar bis zu 50 % (Winblad et al., 1998). Diese Problematik wird in einem Land wie Mali durch die klimatischen Bedingungen (Wärme fördert insbesondere das Wachstum und die Vermehrung von für den Menschen gefährlichen Krankheitserregern) als auch die weite Verbreitung von Abwehrschwächen in der Bevölkerung durch Mangelernährung und Vitaminmangel noch deutlich verschärft.

#### Fäkalien in der häuslichen Umgebung

In Mali werden Fäkalien traditionell von anderem Abwasser (Grauwasser und Urin) getrennt in Latrinengruben gesammelt. Dieses Verfahren ist prinzipiell vom hygienischen Standpunkt her als positiv zu bewerten. Die gesundheitlichen Probleme entstehen erst durch mangelhafte Einrichtungen und fehlerhaften Betrieb, wie:

- die Sammlung in nicht abgedichteten Gruben, was zu einem möglichen Eintrag von Krankheitserregern in das Grundwasser führt - besonders problematisch bei sandigen Böden und hohen Grundwasserständen
- der unsachgemäße Bau von Latrinengruben, der zu einer Flutung in der Regenzeit führt und damit zu einer Kontamination des Oberflächenwassers
- die Nicht-Behandlung der in den Gruben gesammelten Fäkalien, die sie unvermindert pathogen erhält
- mangelnde Sicherheitsvorkehrungen beim Leeren der Latrinengruben, die insbesondere für die Arbeiter eine Gefahr darstellen

Dazu kommt die unsachgemäße Zwischenlagerung der unbehandelten Fäkalien auf Straßen und anderen Plätzen, an denen Menschen (vor allem Kinder), Tiere und Krankheitsvektoren (wie Insekten) ungehindert Zugang haben.

Die klassischen Übertragungswege im häuslichen Bereich sind:

- direkter Kontakt mit pathogenem Material insbesondere bei der Leerung der Latrinen / Gruben - direkte Aufnahme von Krankheitserregern z. B. über Hautverletzungen oder Schleimhäute
- direkter Kontakt mit unbehandelten abgelagerten Fäkalien - auch indirekte Aufnahme über den oralen Weg (Essen mit der Hand, die entweder mit den Fäkalien selbst oder Gegenständen, die mit Fäkalien in Kontakt waren in Berührung gekommen ist)
- Übertragung von Krankheitserregern über Vektoren, wie Insekten (insbesondere Fliegen) - besonders problematisch bei offener Lagerung von Fäkalien
- Übertragung über Haus- und Nutztiere, die auf der Straße, den Zwischenlagern bzw. den Feldern mit den Fäkalien in Berührung kommen
- Eintrag von Krankheitserregern in Oberflächen- und Grundwasser (Auswaschung bzw. Versickerung), das dann zur Trinkwasserversorgung herangezogen wird.

In allen Fällen sind Kinder besonders gefährdet, da sie

- zum einen ein höheres Risiko laufen, mit Fäkalien in Berührung zu kommen (beim Spielen auf der Straße)
- im Regelfall weniger vorsichtig sind bei dem, was sie berühren, essen oder trinken
- über eine geringere Abwehrkraft gegenüber Krankheiten verfügen.

### Fäkalien in der Landwirtschaft

Der Einsatz von menschlichen Fäkalien in der Landwirtschaft ist grundsätzlich zu begrüßen, da diese wertvolle Nährstoffe enthalten (Phosphate, Nitrate, Kalium und wichtige Spurenstoffe, wie Kupfer, Eisen und Zink) und zudem vor allem bodenverbessernde Eigenschaften aufweisen. Fäkalien steigern den Humusanteil im Boden und verbessern die Struktur und damit das Wasserrückhaltevermögen (WHO Guidelines, 1989). Insbesondere in einem Land wie Mali, das große Probleme mit der Verarmung der landwirtschaftlich genutzten Böden und Erosion hat, können Fäkalien einen wichtigen Beitrag zu Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion leisten.

Die Probleme beim Einsatz menschlicher Fäkalien in der Landwirtschaft liegen in ihrem potentiellen Gehalt an für den Menschen gefährlichen Krankheitserregern. Die mögliche Gefährdung der menschlichen Gesundheit hängt von folgenden Faktoren ab:

- der Überlebenszeit der jeweiligen Krankheitserreger im Boden, im Wasser und auf den Pflanzen: Die Erreger menschlicher Darmkrankheiten bevorzugen eine feuchte und dunkle Umgebung und haben daher im Boden eine grundsätzlich höhere Überlebenszeit als auf Pflanzen, wo sie der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.
- der Art der zu düngenden Feldfrüchte: Besonders problematisch sind in diesem Zusammenhang Feldfrüchte / Pflanzen für den menschlichen Verzehr, die roh gegessen werden und im oder nahe am Boden wachsen, darunter insbesondere Salat, dessen Blätter eine große schwer zu reinigende Oberfläche aufweisen. Von Nahrungsmitteln, die vor dem Verzehr z.B. durch Kochen vorbehandelt werden geht ein deutlich geringeres Risiko aus. Die Düngung von

Futtermitteln für Tiere, von Obstbäumen sowie von zur industriellen Weiterverarbeitung bestimmten Kulturen ist als relativ unproblematisch zu betrachten, auch wenn in jedem Falle die landwirtschaftlichen Arbeiter vor der Übertragung von Infektionen zu schützen sind (WHO Guidelines, 1989).

- der Anwesenheit von Zwischenwirten bei bestimmten Krankheitsbildern
- der Art, Häufigkeit und Dauer der Fäkalienausbringung auf die Felder: Während der Vegetationsperiode vor der Ernte auf den Boden ausgebrachte Fäkalien haben das größte Risikopotential. Die Aufbringung der Fäkalien vor der Saat und das Einarbeiten in den Boden können das Gesundheitsrisiko für die Verbraucher deutlich reduzieren.
- dem Kontakt von Menschen mit verunreinigtem Boden, Wasser und Pflanzen: Wenn menschliche Fäkalien unbehandelt in der Landwirtschaft eingesetzt werden, gefährden sie in erster Linie die Feldarbeiter, die in direkten Kontakt mit ihnen kommen, aber auch die Verbraucher der so produzierten Nahrungsmittel.

### Urin in der Landwirtschaft

Urin enthält im Vergleich zu Fäkalien den wesentlichen Anteil der pflanzenverfügbaren Nährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kalium und ist daher - was die eigentliche Düngewirkung anbelangt - die wertvollste Fraktion der menschlichen Ausscheidungen.

Hinzu kommt, dass die Konzentration an Krankheitserregern im Urin im Vergleich zu Fäkalien in der Regel sehr niedrig ist, was eine landwirtschaftliche Nutzung wesentlich unproblematischer macht. Nur bei wenigen Krankheitserregern, wie *Leptospira*, *Schistosoma* und *Salmonella*, ist bekannt, dass sie Urin als möglichen Verbreitungsweg nutzen. Das mit Urin verbundene hygienische Risiko ist in erster Linie auf die Verunreinigung mit Fäkalmaterialien zurückzuführen (Stenström et al., 1999).

Urin kann mit Blut (Monatsblutungen von Frauen / Kranke mit Harnwegsinfekten) verunreinigt sein. Eine potentielle HIV bzw. Hepatitis Infektion bei der Sammlung, Lagerung und anschließenden Nutzung von Urin kann jedoch aufgrund der nur sehr kurzen Überlebenszeiten dieser infektiösen Viren außerhalb des menschlichen Körpers (HIV 4 bis 10 Minuten, parentale übertragbare Hepatitis (B und ggf. C) maximal 40 Minuten) mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden (persönliche Mitteilung Albert Kilian, Seniorfachplaner Arbeitsfeld Gesundheit GTZ).

### 5.3.2 Hygienische Qualitätsanforderungen

Die mikrobiologischen Qualitätsanforderungen an behandeltes Abwasser können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Tabelle 5-2: Qualitätsanforderungen an behandeltes Abwasser für die landwirtschaftliche Nutzung (Quelle: WHO Guidelines, 1989)

| Kategorie | Bedingungen der Anwendung   | Betroffene Personengruppen            | Nematoden (Ascaris, Trichuris und Hakenwürmer) [Eier / Liter] | Coliforme Fäkalkeime [Zahl / 100 ml] |
|-----------|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| <b>A</b>  | Bewässerung von Feldfrüchten, die zum rohen Verzehr bestimmt sind                               | Arbeiter, Konsumenten, Öffentlichkeit | $\leq 1$  | $\leq 1000$                          |
| <b>B</b>  | Bewässerung von Getreide, industriell genutzten Feldfrüchten, Futterstoffen und Bäumen          | Arbeiter                              | $\leq 1$  | kein Standard empfohlen              |
| <b>C</b>  | Lokale Bewässerung von Feldfrüchten der Kategorie B, wenn kein Kontakt mit Personen stattfindet | keine                                 | nicht zutreffend  | nicht zutreffend                     |

Dieselben Grenzwerte werden für behandelte menschliche Fäkalien empfohlen, wobei sich die Zahl der Wurmeier auf 1 kg und die der Bakterien auf 100 g Feststoffe bezieht.

### 5.3.3 Überlebensbedingungen pathogener Mikroorganismen

Unter tropischen Klimabedingungen ist die Überlebenszeit von pathogenen Mikroorganismen im Vergleich zu gemäßigten Klimazonen schon deutlich reduziert, wie folgende Tabelle zeigt:

Tabelle 5-3: Überlebenszeiten pathogener Mikroorganismen (Quelle: EAWAG / SANDEC, 1999)

| Organismen   | Durchschnittliche Überlebenszeit in feuchten Fäkalschlämmen |  |
|--|---|--|
|  | Gemäßigtes Klima (10 - 15 °C) in Tagen                      | Tropisches Klima (20 - 30 °C) in Tagen |
| <b>Viren</b>   | < 100   | < 20                                   |
| <b>Bakterien:</b><br>- Salmonellen<br>- Choleraerreger<br>- Coliforme Fäkalkeime | < 100<br>< 30<br>< 150                                      | < 30<br>< 5<br>< 50                    |
| <b>Protozoen (Einzeller):</b><br>- Amöben  | < 30  | < 15                                   |
| <b>Nematoden (Würmer):</b><br>- Ascaris Eier<br>- Taenia saginata Eier           | 2 - 3 Jahre<br>12 Monate                                    | 10 - 12 Monate<br>6 Monate             |

Diese Überlebenszeiten gelten für eine feuchte und dunkle Umgebung. Bei der Bestrahlung mit Sonnenlicht und der Trocknung werden diese Zeiten noch deutlich herabgesetzt.

### Getrocknete Fäkalien

Fäkalien, die über den Zeitraum von einem Jahr unter tropischen Klimaverhältnissen getrocknet wurden, entsprechen nach diesen Daten in jedem Fall den WHO Richtlinien für eine sichere Anwendung in der Landwirtschaft.

Für die Feldarbeiter und die Sanitäranlagenentleerer können nach diesen Erkenntnissen bei der Handhabung von getrockneten Fäkalien aus den Trocken-Sanitäranlagen (bei Einhaltung der empfohlenen Betriebsbedingungen) Risiken für ihre Gesundheit weitgehend ausgeschlossen werden. Um die Sicherheit zu verbessern, sollten die Personen, die direkt mit getrockneten Fäkalien in Berührung kommen, entsprechend geschult und trainiert werden.

Da die getrockneten Fäkalien in erster Linie zur Bodenverbesserung eingesetzt werden und daher - wie traditionell auch für unbehandelte Fäkalschlämme üblich - bereits vor der Saat in den Boden eingearbeitet werden, besteht nach diesen Erkenntnissen für Konsumenten auch beim rohen Verzehr von Feldfrüchten keine Gefahr für ihre Gesundheit.

### Urin

Die mögliche Konzentration von Krankheitserregern im Urin ist im Vergleich zu Fäkalien in der Regel sehr niedrig.

Getrockneter Urin kann auch aufgrund seines sauren Milieus (besteht zum größten Teil aus Harnstoff / Urea) als praktisch steril angesehen werden.

In frischem flüssigen Urin kann - insbesondere bei einer Mischung mit Analwaschwasser, wie in Mali üblich - eine gewisse Gefährdung über Krankheitserreger (Leptospira, Schistomosa, Salmonellen und verunreinigende Fäkalkeime) nicht ganz ausgeschlossen werden. Die Zwischenlagerung über einen gewissen Zeitraum würde diese Gefährdung stark herabsetzen, wie schwedische Erfahrungen zeigen (vgl. Bericht Phase A, Kapitel 7.3). Wie sich Krankheitserreger in flüssigem Urin unter tropischen Bedingungen verhalten ist noch nicht untersucht.

Vor einer Empfehlung des Einsatzes von Flüssigurin in Koulikoro sind die hygienischen Randbedingungen zu klären, d.h. der Gehalt an Krankheitserregern in frischem Urin/Wassergemisch aus mehreren Haushalten bei Entstehung zu bestimmen und über einen längeren Zeitraum (Lagerung) zu verfolgen. Nur so können aussagekräftige Ergebnisse zum initialen Gehalt an Krankheitserregern unter den lokalspezifischen Bedingungen sowohl der nassen Analhygiene und der damit einhergehenden Verunreinigung des Urins mit Analwaschwasser, als auch der grundsätzlich höheren Kontamination der Bevölkerung (verbreitete Diarrhö-Erkrankungen, vgl. Bericht zur Phase A, Kap.3.6) erhalten werden. Die Verfolgung des Gehalts an Krankheitserregern über einen längeren Zeitraum würde Aussagen über die Effizienz einer Zwischenlagerung in Hinblick auf die Verringerung des Keimgehaltes erlauben.

Als zu untersuchende Krankheitserreger werden - wie im Fall von Fäkalien von der WHO vorgegeben (s. WHO Richtlinien, 1989) - die 'Leitorganismen' coliforme Fäkalkeime und Eier von Nematoden (Würmern) empfohlen, da die entscheidenden Verunreinigungen des Urin/Wassergemisches aus der Fäkalfraktion zu erwarten sind. Da im Urin auch andere

Krankheitserreger (s. o.) vorkommen können, sollten - zumindest in der Anfangsphase - auch Untersuchungen auf diese (insbesondere Schistomosa) vorgesehen werden.

### Grauwasser

Wie bereits in Bericht Phase A, Kapitel 6.5 beschrieben, sind mögliche Gefahren, die von Krankheitserregern im gereinigten Grauwasser ausgehen zu vernachlässigen. Wichtig ist ein Schutz vor Insektenbefall, Larven von Mücken, die Malaria und andere Krankheiten übertragen können (vgl. Bericht Phase A, Kapitel 7.4).

#### **5.3.4 Untersuchungen zur Hygiene als Voraussetzung für breiteren Einsatz**

Sowohl Fäkalien mit ihren bodenverbessernden Eigenschaften als auch Urin mit seinem hohen Nährstoffgehalt sind ideale Grundstoffe für eine nachhaltige Landwirtschaft. Die Bauern in Mali sind sowohl aus wirtschaftlichen Gründen als auch aufgrund der schlechten Bodenqualität noch viel mehr darauf angewiesen, organische Dünger einzusetzen, als ihre Kollegen in westlichen Industrieländern.

Dem Einsatz menschlicher Fäkalien in der Landwirtschaft steht aus hygienischer Sicht nichts im Wege, wenn folgende Punkte beachtet werden:

- Geeignete Vorbehandlung, die zu einer weitgehenden Hygienisierung führt (s. o.)
- Abhängig von der Art der Vorbehandlung, Sicherheitsmaßnahmen für das ‚Handling‘, wie angepaßte Auftragsarten, Schutzkleidung u. ä.
- Je nach Art der Vorbehandlung, eine Beschränkung auf bestimmte Feldfrüchte, wie z. B. nicht für den direkten menschlichen Verzehr bestimmte etc.

Fäkalien können effizient durch Trocknung bzw. alternativ eine Hochtemperatur - Kompostierung hygienisiert werden. Urin kann entweder - nachdem auf die Einhaltung der WHO Richtlinien (1989) für Abwasser getestet wurde - direkt als Flüssigdünger eingesetzt oder getrocknet werden. Die in dieser Vorstudie vorgeschlagenen Sanitärsysteme für Koulikoro und Kati basieren auf diesen zuverlässigen Methoden und sind daher geeignet, Gesundheitsgefahren zu vermeiden und damit zur grundsätzlichen Verbesserung der hygienischen Situation beizutragen.

Nach den bisherigen Erfahrungen sind - wie oben aufgeführt - von den ordnungsgemäß getrockneten Fäkalien / Urin keine Gefahren für die Gesundheit von Feldarbeitern und Konsumenten der Feldfrüchte zu erwarten. Selbst die Anwendung für Feldfrüchte, die zum Rohverzehr bestimmt sind, wird danach nicht ausgeschlossen.

Dennoch wird im Zusammenhang mit den Pilotvorhaben in Koulikoro empfohlen, Stichproben getrockneter Fäkalien / Urin und Flüssigurin (falls er zur Anwendung kommen sollte) mikrobiologisch auf Wurmeier und coliforme Fäkalkeime zu untersuchen (s. Analysis of wastewater for use in agriculture, 1996). Derartige Untersuchungen sind geeignet letzte Bedenken auszuräumen und können auch positiv im Rahmen einer Aufklärungskampagne eingesetzt werden.

#### **5.3.5 Grundsätzliche Hygieneaufklärung**

Der Umgang mit unbehandelten oder nicht ausreichend behandelten Fäkalien / Fäkalschlämmen stellt nur einen möglichen Übertragungsweg für Krankheiten des Intestinaltraktes dar.

Weitere sind:

- über Oberflächen- und Grundwasser (Brunnen)
- über persönlichen Kontakt mit infizierten Personen
- über Kontakt mit verunreinigten Böden (Abfälle, Ausscheidungen von Tieren etc.)
- über Insekten (vor allem Fliegen, die sich auf Nahrungsmitteln niederlassen)

Hinzu kommen die individuellen Verhaltensweisen in der häuslichen Umgebung, insbesondere was den Umgang mit Nahrungsmitteln und Wasser anbelangt und natürlich die individuelle Körper- und Analhygiene (EAWAG / SANDEC, 1999).

Begleitend zur Einführung nachhaltiger Sanitärsysteme und den spezifischen Aspekten der Sanitäranlagen und der Grauwasserbehandlung wird daher die Durchführung einer allgemeinen Aufklärungskampagne zur Hygiene und Sensibilisierung für die Einwohner Koulikoros empfohlen.

Das lokale TZ Projekt ist mit der Planung einer derartigen Gesundheits- / Hygienekampagne beschäftigt.

## **5.4 Potential an Nährstoffen menschlicher Herkunft in Koulikoro**

### **5.4.1 Haushaltsgröße und Bevölkerungsstruktur in Koulikoro**

Eine ausführliche Beschreibung der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur Koulikoros ist dem Kapitel 3.1.3 dieses Berichtes zu entnehmen.

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie soll sowohl die durchschnittliche Nährstoffproduktion (getrocknete Fäkalien und Urin) pro Sanitäranlage als auch die maximal mögliche für ganz Koulikoro abgeschätzt werden. Diese Schätzungen erlauben Aufschluss darüber, ob die am Standort Koulikoro produzierten Nährstoffe auch in unmittelbarer Nähe der Stadt landwirtschaftlich genutzt werden können. Vom Verhältnis landwirtschaftliche Nutzfläche : Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen und den Transportentfernungen zu den Feldern hängen sowohl die Wirtschaftlichkeit des vorgeschlagenen Systems als auch seine ökologischen Vorteile ab.

Da Kinder einen geringeren Stoffwechsel haben und damit weniger Nährstoffe (Fäkalien und Urin) ausscheiden als Erwachsene, wird pro Grundstück / Sanitäranlage mit einem Äquivalent von Ausscheidungen gerechnet, das ca. 8 erwachsenen Personen (8 EW) entspricht. Diese Zahl wird im folgenden als Rechengröße zugrunde gelegt.

### **5.4.2 Nährstoffmenge pro Person**

Wie schon in Kapitel 4.3.2 beschrieben, weisen die bislang veröffentlichten Werte zur pro erwachsenen Person ausgeschiedenen Menge an Fäkalien und Urin je nach Erhebungsort eine große Schwankungsbreite auf. Diese ist sicher zum einen auf unterschiedliche Ernährungsgewohnheiten in verschiedenen Regionen der Welt zurückzuführen, aber höchstwahrscheinlich in noch höherem Maße auf die angewandten Bestimmungsverfahren, bei denen nicht angegeben ist, auf welcher Datenbasis sie beruhen, bzw. ob eventuell Fremdstoffe (wie Toilettenpapier) miterfasst wurden.

Da die Datenlage schwierig ist, werden im folgenden Rechengrößen angenommen und begründet, die alle im Verlauf des Projektes (Betrieb der EcoSan-Versuchsanlagen) in der Praxis überprüft werden müssen. Die getroffenen Annahmen gehen grundsätzlich von eher niedrigen Annahmen aus, um eine überhöhte Berechnung der Nährstoffbilanz zu vermeiden.

Da für Afrika keinerlei Zahlen vorliegen, werden zunächst die europäischen Zahlen als Berechnungsbasis zugrunde gelegt, da für sie die höchste Datensicherheit besteht. Die tatsächlichen Zahlen sind im Verlauf des Projektes im Praxisversuch zu ermitteln. Die Versuchsanlagen sind durch das lokale Projekt zu begleiten. Die Begleitung beinhaltet neben der Überwachung des Betriebes der Anlagen insbesondere die Untersuchung und Prüfung der gewonnenen Nährstofffraktionen (Fäkalien und Urin) sowohl auf hygienische Aspekte als vor allem auch in Hinblick auf ihre Düngeeigenschaften. Dies kann zum einen durch chemische Analysen geschehen oder durch den Einsatz der Materialien auf definierten Versuchsfeldern im Vergleich mit nicht behandelten Flächen.

Tabelle 5-4: Nährstoffverteilung menschlicher Ausscheidungen für europäische Verhältnisse

| Urin      |           |           |           | Fäkalien  |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Menge     | N         | P         | K         | Menge     | N         | P         | K         |
| [l/(P*a)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [l/(P*a)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] | [g/(P*d)] |
| ~ 500     | ~ 12,2    | ~ 1,0     | ~ 2,7     | ~ 50      | ~ 1,4     | ~ 0,8     | ~ 0,6     |

Die Ernährungslage der durchschnittlichen Bevölkerung in Koulikoro ist verglichen mit europäischen Verhältnissen grundsätzlich minderwertiger. Dies gilt weniger für die Menge als die Qualität (Nährstoffgehalt) der Lebensmittel. Tierische und pflanzliche Eiweiße (Proteine) sind die entscheidenden Nährstoff- (insbesondere Stickstoff) -lieferanten.

Da der durchschnittliche Fleischkonsum pro Person in Mali - nach Angaben des lokalen Projektes - unter dem eines Europäers liegt, werden für die lokale Situation die Zahlen für den Nährstoffgehalt der Ausscheidungen um 20 % (1/5) nach unten korrigiert (Annahme). Das ergibt fürs Jahr gerechnet folgende Zahlen:

Tabelle 5-5: Nährstoffverteilung menschlicher Ausscheidungen für europäische Verhältnisse und Mali

| Europa     |            |            | Mali       |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| N          | P          | K          | N          | P          | K          |
| [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)] |
| ~ 5        | ~ 0,65     | ~ 1,2      | ~ 4        | ~ 0,52     | ~ 0,96     |

Sowohl bei der Rückgewinnung der Nährstoffe aus Fäkalien als auch insbesondere aus Urins treten Verluste auf. Die Verluste können unterschiedliche Ursachen haben:

- Vermischung von Teilströmen durch gemischte Ableitung, z.B. Austrag von geringen Teilmengen Urins in den Grauwasser- oder Fäkalienteilstrom. Hierdurch verschiebt sich die Trennung der Nährstoffmengen. Diese Verlustquelle gilt für alle Nährstoffe.
- bei der Mischung von Urin mit Wasser findet die Hydrolyse des organischen Harnstoffs zu Ammonium unter gleichzeitiger pH-Wert-Erhöhung statt. Mit steigendem pH-Wert (ab pH 8,0) verschiebt sich das Dissoziationsgleichgewicht immer mehr in Richtung des Ammoniaks (NH<sub>3</sub>), das dann ausgasen, bzw. bei hohen Turbulenzen auch ausstrippen kann. Daher soll eine schnelle Trocknung des Urins angestrebt werden.
- Verluste bei der Sammlung des flüssigen oder der mechanischen Entfernung des getrockneten Urins. Diese Verlustquelle gilt für alle Nährstoffe im Urin, wird sich aber am stärksten beim Stickstoff auswirken.

Diese Verluste sind theoretisch sehr schwer zu erfassen, da sie in hohem Maße von den lokalen Bedingungen und Arbeitsweisen abhängen. Eine Überprüfung der tatsächlichen Erfassungsraten vor Ort ist daher unbedingt notwendig. Für die vorläufige Abschätzung der möglichen für eine Verwertung in der Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Nährstoffmenge aus menschlichen Ausscheidungen in Koulikoro wird für Stickstoff (N) wegen möglicher Ausgasungen von Ammoniak eine Erfassungsrate von 40 bis 50 % angenommen und für Phosphor (P) und Kalium (K) eine höhere von 60 bis 70 %, da diese beiden Stoffe nicht in flüchtigen (gasförmigen) Verbindungen vorliegen. Diese Annahmen werden durch verschiedene Studien bestätigt (Jönsson et al, 1998; Burström et al, 1998).

Unter dieser Annahme ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 5-6: Nährstoffmengen bei verschiedenen Erfassungsraten

| Niedrige Schätzwerte für Erfassung |                |            | Hohe Schätzwerte für Erfassung |                |            |
|------------------------------------|----------------|------------|--------------------------------|----------------|------------|
| 40 %                               | 60 % Erfassung |            | 50 %                           | 70 % Erfassung |            |
| N                                  | P              | K          | N                              | P              | K          |
| [kg/(P*a)]                         | [kg/(P*a)]     | [kg/(P*a)] | [kg/(P*a)]                     | [kg/(P*a)]     | [kg/(P*a)] |
| ~ 1,6                              | ~ 0,31         | ~ 0,57     | ~ 2                            | ~ 0,36         | ~ 0,67     |

D.h. von den Ausscheidungen eines erwachsenen Menschen in Koulikoro können nach diesen Schätzungen ca. 1,6 - 2 kg N, 0,31 - 0,36 kg P und 0,57 - 0,67 kg K pro Jahr in die Landwirtschaft rückgeführt werden.

#### 5.4.3 Nährstoffbedarf der Böden in Koulikoro

Hauptsächlich angebaute Getreide in und um Koulikoro sind Sorgho (Hirse) und Mil (Kolbenhirse). Da empfohlen wird, eine Verwendung von behandelten Fäkalien / Urin im Gemüseanbau bis zum Vorliegen gesicherter Daten zu den hygienischen Risiken (vgl. Bericht Phase A, Kapitel 7.5) zurückzustellen, wurden die Anbauflächen für die oben genannten Getreidesorten prioritär in Hinblick auf die Verwertbarkeit der aus menschlichen Ausscheidungen gewonnenen Nährstoffe in Koulikoro hin untersucht.

Die ermittelten Zahlen zum Nährstoffbedarf basieren auf den Empfehlungen des OHVN - Office de la Haute Vallée du Niger zur optimalen Versorgung von regionalen Böden zum Anbau von Sorgho und Mil mit mineralischen Düngern (persönliche Mitteilung Tandin Coulibaly und Drammane Coulibaly). Alle Angaben in Gewichtsprozent.

1. Grundversorgung mit Stickstoff durch Harnstoff: 50 kg pro Hektar  
(enthält 46 % N)
2. Zusätzliche Versorgung mit Phosphat und Kalium vor allem durch folgende Zusatzdünger:
  - Complexe céréale 100 kg pro Hektar oder  
(enthält 15 % N, 15 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15 % K<sub>2</sub>O)
  - Complexe coton 100 kg pro Hektar  
(zwei Zusammensetzungen: 12 oder 14 % N, 22 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12 % K<sub>2</sub>O)

Für den Nährstoffbedarf pro Hektar ergeben sich daraus folgende Zahlen:

- Stickstoff: 35 - 38 kg N => Mittelwert: 36,5 kg
- Phosphor: 6,3 - 9,2 kg P => Mittelwert: 7,7 kg
- Kalium: 9,9 - 12,4 kg K => Mittelwert: 11,1 kg

Bei den Bandbreite der Erfassungsmengen der Nährstoffe ergibt sich rechnerisch, dass mit den Ausscheidungen eines Menschen in Koulikoro folgende Flächen zum Getreideanbau mit Nährstoffen versorgt werden könnten:

Tabelle 5-7: Flächen, die durch Nährstoffe bei verschiedenen Erfassungsraten versorgt werden können

| 40 % bzw. 60 % Erfassung |                        | 50 bzw. 70 % Erfassung |                        |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Stickstoff (N)           | ca. 440 m <sup>2</sup> | Stickstoff (N)         | ca. 550 m <sup>2</sup> |
| Phosphor (P)             | ca. 400 m <sup>2</sup> | Phosphor (P)           | ca. 470 m <sup>2</sup> |
| Kalium (K)               | ca. 510 m <sup>2</sup> | Kalium (K)             | ca. 600 m <sup>2</sup> |

Nach diesen Schätzungen / Berechnungen ergibt sich, dass mit den behandelten Ausscheidungen einer erwachsenen Person in Koulikoro mindestens 400 und bis zu 550 m<sup>2</sup> Anbaufläche für Sorgho und Mil mit Nährstoffen versorgt werden können, d. h. 0,3 bis 0,45 ha von einem durchschnittlichen 10köpfigen Haushalt.

Diese Zahlen sind bislang reine Rechengrößen. Die Wirksamkeit der durch Betrieb der nachhaltigen Sanitärsysteme erhaltenen Nährstoffe muss im Feldversuch an lokalen Pflanzen auf lokalen Böden überprüft werden. Entsprechende Versuch an der IPR - Institut Polytechnique Rural de Katibougou sind geplant (siehe Annex 6 und Annex 7).

Da der Einsatz von aus menschlichen Ausscheidungen gewonnenen Nährstoffen sowohl aus ökologischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht umso mehr Sinn macht, je näher die Verwertungsflächen an den Produktionsstätten liegen, werden im folgenden die in der unmittelbaren Umgebung Koulikoros befindlichen Anbauflächen ins Verhältnis zu den theoretisch produzierbaren Nährstoffen gesetzt.

Für eine Versorgung der Anbauflächen von Sorgho und Mil mit zusammen 350 ha in und um Koulikoro (d. h. in einer maximalen Entfernung von bis zu 10 km), wären nach den vorliegenden Schätzungen, die behandelten Ausscheidungen (getrocknete Fäkalien und Urin) von ca. 6.300 bis 8.700 erwachsenen Personen (je nach Erfassungsgrad der Nährstoffe) ausreichend. Das entspräche etwa 1000 Sanitäranlagen (Familien / Grundstücke), über die eine Nährstoffversorgung der Mil und Sorgho Felder in und um Koulikoro rechnerisch erreicht werden könnte.

Weitere Trockenkulturen (Mais, Baumwolle, Erdnüsse) und Reis werden auf insgesamt 148 ha Fläche bei Koulikoro angebaut. Für diese Kulturen liegen keine Angaben zum Nährstoffbedarf vor. Wenn diese in einer ähnlichen Größenordnung liegen wie der für Sorgho und Mil, könnten auf diesen Flächen die Nährstoffe aus weiteren ca. 400 durchschnittlichen Haushalten verwertet werden.

Dem Einsatz zumindest der gewonnenen Trockenstoffe für Gemüsekulturen steht aus hygienischen Gründen nichts entgegen, wenn die Vorgaben für Zeitpunkt und Art der Aufbringung eingehalten werden. Die Anbaufläche für Gemüse mit insgesamt 35 ha ist zwar verhältnismäßig gering, da aber der Nährstoffbedarf - nach Auskunft OHVN - wesentlich höher liegt als bei Trockenkulturen, kann voraussichtlich auch in diesem Bereich ein Gutteil der gewonnenen Nähr-

stoffe verwertet werden. Da keine Zahlen zum Nährstoffbedarf von Gemüsekulturen vorliegen, können diese Zahlen nicht weiter konkretisiert werden.

Baumkulturen, insbesondere Mango, finden sich in Koulikoro und unmittelbarer Umgebung. Sie werden derzeit nicht mit Nährstoffen versorgt, könnten aber in Zukunft bei einem Nährstoffüberangebot systematisch gedüngt werden. Zum Nährstoffbedarf und möglichen Ertragssteigerungen liegen zur Zeit keine Erfahrungen oder Zahlen vor Ort vor.

## Fazit

Bei einer erfolgreichen flächendeckenden Einführung von EcoSan Systemen werden zur Zeit Nährstoffe produziert, die den Ausscheidungen von ca. 26.000 Personen (entspricht ca. 2.600 Haushalten mit je einer EcoSan Anlage) entsprechen. Daraus ergibt sich folgende Übersicht zum Verhältnis / Nährstoffangebot / kultivierte Flächen in und um Koulikoro:

Tabelle 5-8: Verhältnis der kultivierten Flächen und des Nährstoffbedarfs

| <b>Kultur</b>  | <b>Angebaute Fläche</b> | <b>Nährstoffbedarf</b><br>(als Äquivalent durchschnittlicher EcoSan Anlagen /Haushalte)  |
|--|-------------------------|--|
| Sorgho / Mil   | ca. 350 ha              | entsprechend ca. 1.000 EcoSan Anlagen /Haushalten  |
| Weitere<br>Trockenkulturen<br>(Mais, Baumwolle,<br>Erdnüsse) | ca. 148 ha              | entsprechend ca. 400 EcoSan Anlagen /Haushalten<br>(unter der Annahme, dass der Nährstoffbedarf dieser Kulturen in etwa dem von Sorgho / Mil entspricht)                         |
| Gemüsekulturen   | ca. 35 ha               | entsprechend ca. 200 bis 300 EcoSan Anlagen /<br>Haushalten<br>(unter der Annahme, dass der Nährstoffbedarf für Gemüsekulturen 2 bis 3mal so hoch ist, wie der für Sorgho / Mil) |
| <b>Summe</b>   | ca. 533                 | entsprechend <b>ca. 1.600 bis 1.700</b> EcoSan Anlagen /<br>Haushalten (ohne Berücksichtigung der Baumkulturen)  |

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass nur die Nährstoffe eines Teils (ca. 60 bis 65 %) der Haushalte in Koulikoro selbst bzw. in unmittelbarer Nähe (bis zu 10 km Entfernung) sofort verwendet werden können. Für den Planungshorizont 2015 wird davon ausgegangen, dass sich Bevölkerungswachstum und Anbaufläche proportional weiter entwickeln, so dass die Aussage auch für einen späteren Zeitpunkt gültig ist.

Dass nicht alle von der Bevölkerung 'produzierten' Nährstoffe direkt in und um Koulikoro verwendet werden können, erklärt sich daraus, dass das Stadtgebiet Koulikoro selbst recht dicht besiedelt ist und ein Großteil der Bevölkerung keine nennenswerte Landwirtschaft betreibt, sondern entweder in der Ölmühle arbeitet oder bereits pensioniert ist. Bei Koulikoro handelt es sich daher nicht um eine typische ländliche Gemeinde, bei der eine ausgeglichene Nährstoffbilanz zu erwarten wäre.

Wenn EcoSan Systeme flächendeckend eingeführt sind und ordnungsgemäß funktionieren und betrieben werden, muss über Wege der Verwertung der überschüssigen Nährstoffe nachgedacht werden.

In der vorgenommenen Abschätzung sind die vorhandenen Baumkulturen nicht mit einbezogen. Durch ein höheres und preiswertes Nährstoffangebot ist eine Intensivierung dieser Kulturen durchaus denkbar und kann durch entsprechende Begleit- und Aufklärungsmaßnahmen des lokalen Projektes unterstützt werden.

Die Viehhaltung erfolgt derzeit extensiv, d. h. das Vieh (Kühe, Ziegen, Schafe und Hühner) suchen sich ihre Nahrung selbst auf nicht bewirtschafteten und damit auch nicht gedüngten Flächen. Ein größeres Angebot an preiswerten und effizienten Nährstoffen könnte auch hier zu einer Intensivierung der Viehhaltung (z. B. durch Futtermittelproduktion) genutzt werden.

Des Weiteren muss geprüft werden, inwieweit überschüssige Nährstoffe an Nachbargemeinden von Koulikoro abgegeben werden können, in denen intensiver Landwirtschaft betrieben wird. Der Transportweg sollte so gering wie möglich gehalten werden, da erhöhte Transportaufwendungen sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht kontraproduktiv sind.

## 5.5 Versuche zur Wirksamkeit der gewonnenen Nährstoffe

Unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Verwertung der aus nachhaltigen Sanitäreinrichtungen gewonnenen Nährstoffe ist der Beweis ihrer Wirksamkeit und ihrer Vorzüge in Hinblick auf die langfristige Verbesserung der Bodenqualität. Entsprechende Ergebnisse aus Feldversuchen können dann als Basis für eine breitere Kampagne zur Aufklärung und Sensibilisierung genutzt werden.

An der Universität IPR werden entsprechende begleitende Versuchsreihen bereits durchgeführt (Annex 6).

### 5.5.1 Mineralische Dünger und Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen

Neben geeigneten Umweltbedingungen mit ausreichend Licht (Energie), Wärme und gesunder Bodenstruktur, benötigen die Pflanzen zum Gedeihen und Wachsen eine Reihe von chemischen Elementen, die den Pflanzen in Form löslicher Verbindungen zur Verfügung stehen müssen. Diese sind:

1. Die organischen Baustoffe Kohlenstoff C, Sauerstoff O und Wasserstoff H. Sie bezieht die Pflanze aus Luft und Wasser.
2. Die Hauptpflanzennährstoffe Stickstoff N, Phosphor P, Kalium K, Calcium Ca und Magnesium Mg. Sie nimmt die Pflanze aus dem Boden.
3. Die Spurennährstoffe Eisen Fe, Kupfer Cu, Mangan, Mn, Bor B, Zink Zn, Molybdän Mo und Kobalt Co. Auch sie kommen aus dem Erdboden.

Die organischen Baustoffe C, O und H stehen in ausreichender Menge als Bestandteile von Luft und Wasser zur Verfügung.

Die Spurennährstoffe werden nur in geringen Mengen benötigt. Sie sind im Boden meistens ausreichend vorhanden. Engpässe bei armen Böden können durch den Einsatz von menschlichen Ausscheidungen, die - im Gegensatz zu mineralischen Düngern - Spurenstoffe enthalten, ausgeglichen werden.

Der Engpass der Pflanzenernährung liegt meist bei den Hauptpflanzennährstoffen. Sie werden von den Pflanzen dem Boden entzogen und können durch natürliche Regenerierung (lösen von Bodenmineralien, Stickstoffeintrag von Bakterien) nicht vollständig ausgeglichen werden. Für ein optimales Pflanzenwachstum müssen die fehlenden Nährstoffe, im allgemeinen nur Stickstoff, Kalium und Phosphor, dem Boden durch Düngung zugeführt werden. In welchen Mengen die

einzelnen Nährstoffe benötigt werden, hängt von der Bodenbeschaffenheit und der Pflanzenart ab (Chemie für Schule und Beruf, 1994).

### Mineralische Dünger

Die Mineraldünger kann man in zwei Gruppen einteilen:

1. Einnährstoff-Dünger, wie z. B. Stickstoffdünger (N-Dünger), Phosphatdünger (P-Dünger), Kalkdünger (Ca-Dünger) etc.
2. Mehrnährstoffdünger, auch Volldünger oder Komplexdünger genannt, wie NPK-Dünger und in Mali ‚complexe coton‘ und ‚complexe céréale‘:

Mineralische Dünger führen **Stickstoff** dem Boden in Form von Ammoniumsalzen (z.B. Ammoniumphosphat, Ammoniumnitrat, Ammoniumphosphat), Harnstoff und Nitratsalzen (z.B. Natriumnitrat, Kaliumnitrat und Calciumnitrat) zu (Holleman-Wiberg, 1976).

Harnstoff wirkt als Langzeitdünger, da er zur Aufnahme durch die Pflanzen erst mikrobiologisch in Nitrat umgesetzt werden muss.

**Phosphor** ist in mineralischen Düngern in Form seiner Salze (vor allem Calcium- oder Ammoniumphosphate) enthalten und **Kalium** in der Regel als Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat (Holleman-Wiberg, 1976).

### Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen

In menschlichen Ausscheidungen liegen die Hauptpflanzennährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium im annähernd gleichen Verhältnis zu einander vor wie etwa in mineralischen NPK-Düngern.

Stickstoff überwiegend (ca. 90 %) in der Form von Harnstoff im Urin (ein Mensch scheidet täglich ca. 30 g Harnstoff aus /Chemie für Schule und Beruf, 1994) bzw. als Ammoniumsalze oder in Fäkalien auch organisch gebunden.

Phosphor und Kalium liegen auch in den menschlichen Ausscheidungen entweder als lösliche Salze (im Urin) oder auch organisch gebunden (in Fäkalien) vor.

### **5.5.2 Versuchsprogramm an der IPR**

Das Versuchsprogramm (Annex 6) wird in erster Linie von zwei Studenten der IPR im Rahmen ihrer Diplomarbeit durchgeführt:

- Sory Ibrahim Diarra
- Ousmane Coulibaly

und von den Professoren Filifing Dembele, Sidiki Gabriel Dembele und Bakary Traore fachlich betreut und unterstützt.

Das lokale TZ Projekt war maßgeblich an der Ausarbeitung des Versuchsprogramms beteiligt und wird im Verlauf der Untersuchungen über die Ergebnisse informiert. Die Ergebnisse können dann nach entsprechender Aufbereitung für die geplante Aufklärungskampagne genutzt werden.

Im Rahmen des Versuchsprogramms sollen verschiedene Stoffe auf ihre Eignung in Hinblick auf Nährstoffgehalt / Einfluss auf das Pflanzenwachstum (zunächst Sorgho) und Eigenschaften der Bodenverbesserung untersucht werden. Außerdem sollen soweit wie möglich Untersuchungen zur Hygiene der verschiedenen Stoffe durchgeführt werden. Hierzu liegt ein detailliertes Untersuchungsprogramm vor (Annex 6 und Annex 7).

Es sind Versuche mit folgenden Substanzen / Stoffen geplant und teilweise auch durchgeführt worden:

- Traditionelle organische Dünger (unbehandelter Hausmüll)
- Kompost aus organischen Haushaltsabfällen (getrennt gesammelt oder sortiert)
- Kompost aus Haushaltsabfällen mit Urin
- Kompost aus Haushaltsabfällen mit Fäkalien
- Getrocknete Fäkalien und Urin
- Getrockneter Urin und Flüssigurin
- Getrocknete Fäkalien

Diese verschiedenen Stofffraktionen und Mischungen sollen in Hinblick auf ihre Wirksamkeit verglichen werden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie sind vor allem die Ergebnisse zu getrockneten Fäkalien / Urin und Flüssigurin und deren Beimischung zu Kompost von Bedeutung.

Das Versuchsprogramm soll nicht in erster Linie wissenschaftlichen Interessen dienen, sondern ein praktisches Demonstrationsprogramm / Vorzeigeobjekt für Landwirte darstellen. In diesem Zusammenhang vorteilhaft ist die unmittelbare Nähe des Universitätsgeländes mit vergleichbaren Böden und die Arbeit mit lokalen Kulturen. Die Versuchsergebnisse sollen dann Unterstützung des lokalen TZ Projektes für eine intensive Aufklärungs- und Informationskampagne genutzt werden.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lagen leider noch keine konkreten Ergebnisse vor.

Im Rahmen der dritten Mission im September wurden die Versuchsfelder der IPR besichtigt. Hier wurde auf verschiedenen Parzellen Baumwolle und Sorgho (Foto 9) angepflanzt und mit den verschiedenen Düngern beaufschlagt. Es zeigte sich deutlich, dass die mit fäkalienhaltigen Düngern versorgten Pflanzen mit den besten Wuchs aufwiesen. Nähere Aussagen können erst anhand der wissenschaftlichen Auswertungen getroffen werden. Eine Düngung mit Urin konnte zu diesem Zeitpunkt aufgrund noch fehlenden Düngematerials leider noch nicht durchgeführt werden.

## **6 Betrachtung von EcoSan-Sanitärsystemen aus sozio-ökonomischer, rechtlicher und institutioneller Sicht**

### **6.1 Verwaltung, Behörden und gesetzliche Grundlagen in Mali**

Die Struktur der Administration im Entsorgungsbereich in Mali und in Koulikoro ist in Kapitel 3.1.6 bereits dargestellt worden.

### **6.2 Aspekte sozio-kultureller Akzeptanz**

#### **6.2.1 Akzeptanz durch die Bevölkerung**

Das vorgeschlagene haushaltsbezogene Sanitärsystem orientiert sich weitgehend an den traditionell lokal vorhandenen Systemen und verlangt daher von den zukünftigen Nutzern nur minimale Verhaltensänderungen in Gebrauch und Nutzung der Anlagen, was sich positiv auf deren Akzeptanz auswirken dürfte.

Die entscheidende Verbesserung gegenüber den traditionellen Systemen, liegt zum einen in der getrennten Erfassung und Behandlung von Fäkalien und Urin, die deren Nutzung einfacher und aus hygienischer Sicht unproblematisch machen und zum anderen in einer Reinigung (Filterung) der übrigen häuslichen Abwässer, wodurch diese - mit Einschränkungen - wieder genutzt werden können und vor allem nicht mehr unbehandelt auf die Strassen fließen.

Nach allen vor Ort erhaltenen Auskünften gibt es von Seiten der Bevölkerung und der Landwirte keinerlei Vorbehalte gegen die Nutzung menschlicher Ausscheidungen als Düngemittel auf den Feldern.

Aktuell werden sogar nicht behandelte menschliche Fäkalien (Spiros und Sanitäranlageninhalte) in der Landwirtschaft eingesetzt. Die Nährstoffsituation ist so problematisch, dass praktisch alles, was irgendeine Düngeeigenschaft aufweist, verwendet wird.

Nach Auskunft der DRA (Direction Régionale de l'Aménagement et de l'Équipement Rurale) werden heute z. T. schon für minderwertige Düngestoffe (wie ‚vorkompostierte‘ organische Haushaltsabfälle, Viehmist etc.) geringe Summen bezahlt oder diese kostenlos abgeholt. Auch bei der OHVN (Office de la Haute Vallée du Niger) sind keine sozio-kulturell oder religiös bedingte Vorbehalte gegen die Nutzung menschlicher Ausscheidungen in der Landwirtschaft bekannt. Wenn die Qualität und Wirksamkeit der getrockneten Fäkalien und Urin nachgewiesen werden können (s. Versuche IPR) könnte man nach Einschätzung des OHVN dafür Geld verlangen - wie viel ist derzeit nicht abschätzbar.

Auch von Seiten der moslemischen Religion gibt es nach Auskunft lokaler Behördenvertreter (OHVN, DRA, SLACAER) und der Universität keine Restriktionen für die Nutzung menschlicher Ausscheidungen in der Landwirtschaft.

#### **6.2.2 Akzeptanz in der Verwaltung**

Die kommunale Verwaltung - als für die Entsorgung zuständige Institution - spielt eine entscheidende Rolle für die Verbreitung alternativer Sanitärsysteme. Ohne ihre aktive Unterstützung können sich neuartige Lösungsansätze nicht in der Praxis durchsetzen. Intensive Aufklärungs-

arbeit ist daher besonders bei den Entscheidungsträgern und den ihnen zuarbeitenden Fachleuten gefragt, die durch positive Erfahrungen mit den Pilotmaßnahmen unterstützt werden kann.

### 6.3 Sensibilisierung von Bevölkerung und Entscheidungsträgern

Bevor die geplanten alternativen Sanitärsysteme in einer breiteren Öffentlichkeit propagiert werden, sollte ihre Funktionsfähigkeit im Praxisversuch unter lokalen Bedingungen erfolgreich getestet sein.

In Versuchsanlagen können Erfahrungen mit den lokalen Baubetrieben und -materialien gesammelt und verschiedene Lösungsansätze (insbesondere für den Kiesfilter für die Grauwasserreinigung und die Urintrocknung oder -sammlung) getestet werden.

Parallel zu den praktischen Bauerfahrungen sollten Testreihen / Experimente an der IPR Katiougou in Zusammenarbeit mit der TU Hamburg - Harburg durchgeführt werden, zu folgenden Fragestellungen:

- Trocknung von Urin / Grauwassergemisch aus den Haushalten (on-site und semizentral)
- Düngeeigenschaften / Nährstoffgehalt des Urin / Grauwassergemischs in flüssigem und getrocknetem Zustand
- Bodenverbesserungs- und Düngeeigenschaften der getrockneten Fäkalien aus den Haushalten bzw. Fäkalschlämme aus den semizentralen Trockenbeeten
- Untersuchungen zur Hygiene der behandelten Fäkalien und des Urin / Grauwassergemischs

Die Ergebnisse dieser Versuche müssen in geeigneter Form für die Bevölkerung / Landwirte aufgearbeitet und dokumentiert werden, um diese von der Wirksamkeit und Unbedenklichkeit der gewonnenen Nährstoffe zu überzeugen.

Auf dieser Basis kann eine breit angelegte Sensibilisierungskampagne für die Öffentlichkeit und die Verwaltung entwickelt werden, die lokal übliche Medien und Verbreitungsstrategien nutzt.

Sobald das System in einigen Haushalten erfolgreich etabliert ist und die positiven Erfahrungen durch die Informations- und Sensibilisierungskampagne verbreitet sind, ist davon auszugehen, dass die Umsetzung und Verbreitung eine eigene Dynamik entwickeln wird und nur noch punktuell durch das lokale TZ-Projekt unterstützt werden muss.

### 6.4 Mögliche Betriebsstrukturen

#### 6.4.1 Eigennutzung der gewonnenen Nährstoffe

Die meisten Familien in Koulikoro betreiben zumindest etwas Landwirtschaft als Nebenerwerb. Ein durchschnittlich großer Haushalt aus insgesamt 10 Personen (Erwachsene und Kinder), was einer Nährstoffproduktion von 8 erwachsenen Personen entspricht (s. Kap. 5.4.1), bräuchte eine Anbaufläche von 3.200 bis 4.400 m<sup>2</sup> (durchschnittlich 0,38 ha) an Getreide-Trockenkulturen (Hirse (Sorgho) / Kolbenhirse (Mil)), um ihre Nährstoffe direkt in den Kreislauf zurückzuführen. Im Fall von Gemüseanbau dürfte der Flächenbedarf noch deutlich darunter liegen, da Gemüse wesentlich höhere Nährstoffansprüche stellt als Getreide.

Nach Auskunft lokaler Behördenmitarbeiter verfügen die Koulikoros, die Landwirtschaft betreiben, im Durchschnitt über ca. 0,5 bis ca. 4 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche und könnten daher die von ihnen produzierten Nährstoffe in der Regel selbst verwerten, bzw. sogar zusätzlich Nährstoffe von nicht Landwirtschaft betreibenden Nachbarn verwenden.

Familien, die keine eigene Landwirtschaft betreiben oder kein Interesse an der Nutzung von Nährstoffen haben, können die Inhalte ihrer Trockensanitäranlagen (Fäkalien und Urin) direkt gegen Selbstabholung an Interessierte (benachbarte Landwirte) abgeben und somit die Kosten für die Leerung der Sanitäranlagen sparen.

Sobald sich die Wirksamkeit und die im Gegensatz zu unbehandelten Sanitäranlageninhalten einfachere und sichere Handhabung der getrockneten Nährstoffe erwiesen und herum gesprochen haben, wird sich ein solches System der Eigennutzung / Selbstabholung sehr wahrscheinlich ohne weitere Unterstützung etablieren. Ansätze für solche Systeme gibt es bereits jetzt. Bauern holen sich die auf die Straße gekippten Sanitäranlageninhalte zur Düngung ihrer Felder ab. Eigennutzer werden zudem in höherem Maße auf die Qualität ihrer Sanitäranlageninhalte achten und Fremdstoffeinträge vermeiden.

Die Nährstoffe können im Fall von nahe an den Grundstücken gelegenen Anbauflächen zu Fuß bzw. bei größeren Entfernungen mit dem traditionellen Transportmittel Eselskarren (Charette) auf die Felder gebracht werden. Dabei entstehen für den Eigennutzer / Selbstabholer keine zusätzliche Kosten, da auch schon heute mit denselben Mitteln, alles mögliche (z. B. Hausmüll) auf die Felder gebracht wird, von dem man sich etwas Düngewirkung verspricht. Die Benefits liegen vor allem in einer Ertragssteigerung durch die bessere Qualität der Bodenverbesserungsmittel und Nährstoffe und ein deutlich geringeres Gesundheitsrisiko im Vergleich zum Einsatz unbehandelter Sanitäranlageninhalte.

Da Bodenverbesserungs- und Düngemittel bei Trockenkulturen in der Regel nur einmal pro Vegetationsperiode vor der Saat auf die Felder gebracht werden, könnte eine Optimierung des Systems erreicht werden, indem die Entleerungsintervalle für die Trockenfäkalien so eingestellt werden, dass diese jeweils zu Beginn der Regenzeit geleert werden. Das könnte erreicht werden, wenn nach dem ersten Betriebsjahr die Sanitäranlagenkammer unabhängig von der Füllhöhe zu Beginn der Regenzeit gewechselt wird.

Wenn das nicht möglich ist, können die hygienisierten Inhalte der entleerten Sanitäranlagen zu jeder Zeit auf den Feldern zwischengelagert und dann zum gewünschten Zeitpunkt in den Boden eingearbeitet werden bzw. in der Trockenzeit im Gemüseanbau genutzt werden. Dieses Verfahren würde eine aufwendige Zwischenlagerung (in Gebäuden) mit größeren Transportentfernungen und höherem Aufwand für zweimaliges Auf- und Abladen vermeiden und so auch die Kosten des Gesamtsystems niedrig halten.

Aus heutiger Sicht ist es sehr wahrscheinlich, dass sich bei entsprechender Qualität der Nährstoffe ein solches Betriebssystem auf der Grundlage von Eigennutzung bzw. Selbstabholung etablieren wird, das kostengünstig und einfach arbeitet.

Voraussetzung ist eine gute Öffentlichkeitsarbeit mit entsprechender Sensibilisierung der Bevölkerung.

#### **6.4.2 Betrieb durch kommunale Strukturen**

Ein Betrieb der EcoSan-Sanitärsysteme durch kommunale Strukturen ist durchaus denkbar, da Abwasser- und Abfallbehandlung grundsätzlich in das Aufgabengebiet der Kommunalverwaltung gehört.

Gegen den Betrieb durch kommunale Strukturen spricht jedoch, dass sie schon ihren heutigen Aufgaben im Bereich Entsorgung nur sehr unzureichend nachkommen können, was neben Mangel an qualifiziertem Personal und geringer finanzieller Ausstattung auch auf unzureichende Fachkenntnisse und Organisationsstrukturen bei den öffentlichen Verwaltungen zurückzuführen ist.

Das aktuelle Bestreben ist eher, kommunale Aufgabe im Entsorgungsbereich an sogenannte ‚GIE - Groupements d’Intérêt Economique - Zusammenschlüsse aus wirtschaftlichem Interesse‘ abzugeben, die von staatlicher Seite gefördert werden (s. folgendes Kapitel).

Den Kommunen kommt im Bereich nachhaltiger Sanitärssysteme auf jeden Fall eine Aufsichts- und Kontrollfunktion (Vorschriften für den ordnungsgemäßen Betrieb und die ausreichende Hygienisierung sowie die Leerung der Sanitäranlagen und die Verwendung der behandelten Nährstoffe in der Landwirtschaft, Zulassung von eventuellen Betreiberorganisationen etc.) zu, die eine sichere Bewirtschaftung der gewonnenen Ressourcen sicherstellt. Die Kommunen sollten in diese Richtung unterstützt werden.

### 6.4.3 Groupements d’Intérêt Economique als mögliche Betreiberorganisationen

Eine Alternative zur Eigennutzung der aus dem Betrieb der nachhaltigen Sanitärssysteme gewonnenen Nährstoffe könnte der Aufbau geeigneter Betreiberorganisationen sein, die für die Leerung der Sanitäreinrichtungen, die Abholung / den Transport der verschiedenen Fraktionen und den Verkauf der Nährstoffe an Landwirte zuständig wären. Diese Organisationen können sich aus Gebühren für die Leerung der Sanitäranlagen und Verkaufserlösen für Nährstoffe finanzieren.

Als Form möglicher Betreiberorganisationen käme vor allem die Rechtsform ‚GIE - Groupements d’Intérêt Economique - Zusammenschlüsse aus wirtschaftlichem Interesse‘, in Frage. Diese wird daher im folgenden ausführlicher beschrieben.

Die in diesem Kapitel zusammengefassten Informationen stammen im wesentlichen vom Ökonomen des lokalen TZ Projektes (Balla Drabo) und wurden ohne weitere Literaturangabe übermittelt. Wenn zusätzliche Quellen herangezogen wurden, sind diese zitiert.

Mehrere Faktoren haben zur Entstehung des Phänomens der ‚Groupements d’Intérêt Economique‘ im folgenden mit GIE abgekürzt, in Mali geführt. Die veränderten weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen haben viele Länder Afrikas zu drakonischen Sparmaßnahmen, insbesondere im Bereich der öffentlichen Verwaltung gezwungen. Diese Maßnahmen werden unter dem Begriff ‚Programmes d’Ajustement Structurel - Strukturanpassungsprogramme‘ zusammengefasst. Wesentliche Folgen sind:

- Ein stetiger Rückzug des Staates aus wirtschaftlichen Aktivitäten
- Die Förderung privatwirtschaftlicher Initiativen
- Der öffentliche Sektor ist nicht länger größter Arbeitgeber

Die Strukturanpassungsprogramme haben zu einer deutlichen Verringerung der Aktivitäten der öffentlichen Verwaltungen bis hin zum Einstellungstop geführt. Vom Arbeitsplatzabbau in diesem Bereich sind in erster Linie junge Schul- und Universitätsabgänger betroffen, die den größten Teil des ständig wachsenden Arbeitslosenheeres stellen.

Zur Bekämpfung der Arbeitslosigkeit setzen die malischen Autoritäten auf das Prinzip ‚Auto-emploi - Selbstbeschäftigung‘. Eines der Instrumente, die so zur Schaffung von Arbeitsplätzen beitragen sollen ist die Förderung der sogenannten GIEs.

## Rechtliche Grundlagen

Nach Artikel 734 des ‚Code de Commerce - Handelsgesetzbuches‘ ist ein GIE ein zeitlich begrenzter Zusammenschluss von zwei oder mehr Personen mit dem Ziel ein wirtschaftlich orientiertes Unternehmen zu gründen. Der Einsatz eigener Mittel soll zur Entwicklung einer wirtschaftlichen Aktivität führen, von der alle Mitglieder des GIE profitieren.

Juristisch gesehen ist ein GIE keine Gesellschaft und benötigt daher auch kein Starkapital. Gründungsmitglieder können sowohl Geschäftsleute als auch alle anderen natürlichen Personen ohne ausdrückliche Beschränkung sein. Die zugrunde zulegenden gesetzlichen Rahmenbedingungen hängen von der Wahl des Tätigkeitsbereiches ab.

Zur Anerkennung eines GIE gelten folgende Voraussetzungen:

- Vorhandensein einer Satzung
- Vorhandensein eines internen Reglements
- Vorhandensein eines Vertrages zwischen den Mitgliedern des GIE
- Einschreibung in das Handelsregister

## Vertragsgestaltung

Die Organisation eines GIEs wird in einem Vertrag festgelegt, der in schriftlicher Form vorliegen und die folgenden Angaben enthalten muss:

- Bezeichnung des Zusammenschlusses
- Name, soziale Begründung, juristische Form, eingetragene Nummer im Handelsregister
- Geplante Dauer des Zusammenschlusses
- Ziel des Zusammenschlusses
- Anschrift des Sitzes

Dieser Vertrag muss nicht notariell beglaubigt werden. Die Konsultation eines Notars wird jedoch angeraten.

Die Rechte und Pflichten jedes Mitgliedes müssen im Vertrag festgelegt werden, ebenso wie die Kontrolle der Verwaltung und Buchhaltung. Geschäftsführer und Schatzmeister werden von der Versammlung ernannt, die das Entscheidungsorgan des Zusammenschlusses darstellt.

Jedes Mitglied hat das Recht auf Einsicht in die Konten und haftet mit seinem persönlichen Vermögen. Jede finanzielle Entscheidung sollte daher einstimmig gefasst werden.

Schriftverkehr und Dokumente (Briefe, Rechnungen, Annoncen etc.), die an Dritte gerichtet sind, müssen eindeutig mit dem Namen des GIE gekennzeichnet sein, mit dem Zusatz ‚GIE régi par les articles 734 à 753 du Code de Commerce‘. Jeder Verstoß wird mit einer Geldbuße in Höhe von 25.000 bis 250.000 FCFA geahndet. Der unrechtmäßige Gebrauch der Bezeichnung GIE wird ebenfalls bestraft, mit einer Geldbuße in Höhe von 25.000 bis 2 Mio. FCFA und /oder einer Gefängnisstrafe von ein bis zwei Jahren.

Ein GIE kann in folgenden Fällen aufgelöst werden:

- Ende der vereinbarten Zeitdauer
- Erreichung des Zieles
- Entscheidung der Mitglieder
- Richterliche Entscheidung
- Entscheidung einer Person unter den Mitgliedern

Die Kosten für die Gründung eines GIE betragen zwischen 100.000 und 200.000 FCFA.

Detaillierte Bestimmungen zu Gründung, Verwaltung, Kontrolle, Umwandlung und Auflösung eines GIE sind im Livre 7 der ‚Acte Uniforme Relatif au Droit des Sociétés Commerciales et du Groupement d’Intérêt Economique‘, Artikel 869 - 885 aufgeführt.

### Steuerliche Rahmenbedingungen

Fällige Steuern und Abgaben werden in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 6-1: Steuern und Abgaben einer GIE

| Bezeichnung der Steuer   | Höhe                          | Zu zahlen auf:  |
|--|-------------------------------|---|
| Gewinnsteuer (BIC - Bénéfice Industriel et Commercial)             | 15 - 35 %                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gewinn, der unter den Mitgliedern aufgeteilt wird</li> <li>Gewinn, der durch den GIE erwirtschaftet und nicht unter den Mitgliedern aufgeteilt wird</li> </ul> |
| Einkommenssteuer (IGR - Impôt Général dur le Revenu)               | 15 %                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gewinn, der unter den Mitgliedern aufgeteilt wird</li> </ul>   |
| Pauschalsteuer (CF - Contribution Forfaitaire)                     | 7,5 %                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gewährte Bruttogehälter</li> </ul>   |
| Mehrwertsteuer (TVA - Taxe sur la Valeur Ajoutée)                  | 10 % reduziert<br>17 % normal | <ul style="list-style-type: none"> <li>Import, Produktion und andere Aktivitäten, die von natürlichen oder juristischen Personen ausgeübt werden</li> </ul>   |
| Dienstleistungsabgabe (TPS - Taxe sur les Prestations de Services) | 7 % reduziert<br>15 % normal  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dienstleistungen</li> </ul>  |
| Gewerbsteuer (Patente professionnelle)                             | von der Kommune festgelegt    | <ul style="list-style-type: none"> <li>siehe Steuerbefreiung</li> </ul>   |

Nach Artikel 243 des Allgemeinen Steuergesetzbuches ‚Code Général des Impôts‘ können GIEs unter folgenden Voraussetzungen von der Gewerbesteuer befreit werden:

- der GIE besteht aus jungen Diplominhabern oder freiwillig im Ruhestand befindlichen oder Arbeitslosen
- die Mitglieder legen Kopien der jeweiligen Zeugnisse, Geburtsurkunden, Ruhestands- und Entlassungspapiere vor
- die Mitglieder richten eine - mit 100 FFA frankierte - Anfrage mit den o.g. Unterlagen an den Leiter des örtlichen Steuerzentrums (Chef de Centre des Impôts du Lieu)

Die Steuerbefreiung gilt nicht für GIEs, die sowohl aus jungen Diplominhabern als auch aus Ruheständlern bestehen.

Die Höhe der Gewerbesteuerbefreiung beträgt:

- 100 % im ersten Jahr

- 50 % im zweiten Jahr
- 25 % im dritten Jahr

Als Ausgangsdatum gilt der Zeitpunkt der Gründung eines GIE, auch wenn die Tätigkeiten erst später aufgenommen werden.

Junge Diplominhaber können zusätzlich von der Pauschalsteuer befreit werden, wenn sie entsprechende Kopien ihrer Diplomzeugnisse dem Leiter des örtlichen Steuerzentrums vorlegen.

### Tätigkeitsbereiche der GIEs in Mali

GIEs sind in allen wirtschaftlichen Bereichen aktiv. Sie entstanden in Mali, wie auch in anderen Ländern Afrikas, aber vor allem in den Sektoren Entsorgung und anderen bislang öffentlichen Aufgaben. Die aktuelle Politik Dekonzentrierung / Dezentralisierung in Mali fördert diese Schwerpunktbildung noch, indem die jetzt zunehmend eigenverantwortlichen Gemeinden einige ihrer Aufgaben an GIEs delegieren. Dabei handelt es sich vor allem um die Entsorgung von Abfällen (Sammlung und Transport) und Abwässern (Leerung von Sanitäranlagen, Sicker- und Sammelgruben und Transport) und die Bewirtschaftung der Märkte und öffentlichen Toiletten (Reinhaltung etc.).

Die enge Zusammenarbeit der GIEs mit den kommunalen Verwaltungen führt dazu, dass der größte Teil der GIEs soziale und sanitäre Aufgaben wahrnimmt.

Obwohl die GIEs schon mit dem Beginn der Demokratisierung zu Beginn der neunziger Jahre entstanden sind, gibt es bis heute keine Untersuchung zu ihrer Bedeutung und ihrem Einfluss auf die Wirtschaft Malis. Man kann dennoch sagen, dass sie zur Verringerung der Arbeitslosigkeit (vor allem der Jüngeren) und der Verbesserung der Entsorgungssituation beitragen.

### GIEs in Koulikoro

Zur Zeit (Mai 2000) gibt es fünf GIEs in Koulikoro, von denen jedoch nur ein einziger funktionell, d.h. in seinem Bereich auch tatsächlich aktiv ist:

1. GIE SANUYA beschäftigt sich mit der Sammlung häuslicher Abfälle und ist der einzige funktionelle GIE in Koulikoro. Die Zahl seiner Abonnenten beträgt 349. Der Jahresumsatz liegt bei 100.000 FCFA<sup>4</sup>. Das Personal umfasst 7 Personen. Bemerkenswert ist - und das gilt für die meisten GIEs - dass die laufenden Kosten (Miete, Personalkosten, Unterhalt von Material und Tieren) 60 - 70 % des Umsatzes betragen.
2. GIE DANAYA (6 Mitglieder) hat sich um die Bewirtschaftung der Märkte beworben.
3. GIE FASO BARA (5 Mitglieder) hat sich mit dem Ziel gegründet, in den Bereichen Abwasserentsorgung, Sanitäranlagenleerung und Marktbewirtschaftung aktiv zu werden.
4. GIE BESSEYA ( 5 Mitglieder) möchte im Bereich Reinhaltung der Märkte und anderer Orte tätig werden.
5. GIE DJEYA MEGHETTAN (6 Mitglieder) beschäftigt sich mit Plastikrecycling und stellt Plastikordeln für die Fabrikation von Stühlen her.

---

<sup>4</sup> 100 FCFA entsprechen 1 FF, d.h. ca. 0,35 DM, ca. 0,18 €

Diese GIEs haben sich zur COGIKO - Coordination des GIE de la Ville de Koulikoro - zusammengeschlossen. Eine entsprechende Satzung wird zur Zeit mit Unterstützung des lokalen TZ-Projektes erarbeitet.

### Schlussfolgerung und Empfehlungen

Nach Einschätzung des lokalen TZ-Projektes wurden die an dieser Vereinigung beteiligten - noch nicht funktionellen - GIEs in erster Linie mit dem Ziel gegründet, von eventuell zu erwartenden finanziellen Beiträgen aus der malisch-deutschen Zusammenarbeit zu profitieren. Die wirkliche Motivation und konkreten Ziele der einzelnen GIEs bleiben eher im diffusen.

Das wirkliche Interesse an und das Vorhandensein der notwendigen Fähigkeiten für die zuverlässige Erfüllung der geplanten Aufgabenstellungen im Bereich Entsorgung, muss daher noch sorgfältig geprüft werden und wird sich in der zukünftigen Praxis zeigen.

Wie bereits im Bericht zu Phase A (Kapitel 3.5) beschrieben, stellt sich die wirtschaftliche Dynamik in Koulikoro im Vergleich zu anderen Städten - wie z.B. Kati - recht gebremst dar. Dass von fünf GIEs aus Koulikoro nur eines aktiv ist, ist symptomatisch dafür.

Ein GIE zu Unterhaltung und Betrieb der schon gebauten und für die Zukunft geplanten nachhaltigen Sanitäranlagen (Sanitäranlagen mit getrennter Fäkalien- und Urinsammlung und -behandlung, Grauwassersammlung und -behandlung) in Koulikoro zu identifizieren, das mit dem nötigen Engagement in diesem Bereich aktiv werden möchte, ist daher voraussichtlich keine einfache Aufgabe.

Hinzu kommt, dass das Einschalten einer GIE als ‚Zwischenhändler‘ das ganze Betriebssystem komplizierter und teurer machen würde und weder für die Sanitäranlagennutzer noch die interessierten Landwirte daraus Vorteile zu erwarten sind. Im Gegenteil, die Sanitäranlagenbesitzer müssten für die Leerung und die Landwirte für die Nährstoffe und Transport bezahlen. Es ist daher unwahrscheinlich, dass sich eine Betreiberorganisation unter den lokalen Umständen in Koulikoro wirtschaftlich erfolgreich betreiben lassen könnte.

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie wird sowohl die technische als auch die wirtschaftliche Machbarkeit einer Betreiberorganisation dennoch untersucht und überprüft, da diese unter anderen Umständen durchaus Sinn machen kann, z. B. in städtischen Umgebungen mit wenig landwirtschaftlicher Betätigung der Bewohner, größeren Entfernungen zu den Feldern, dichter Besiedlung etc.

## **6.5 Verwertung / Vermarktung der gewonnen Nährstoffe**

Entscheidender Erfolgsfaktor für die nachhaltige Implementierung alternativer Sanitärkonzepte ist die Rückführung der gewonnenen Nährstoffe in die Landwirtschaft / Nahrungsmittelproduktion. Nährstoffarme Böden und hohe Kosten für mineralische Düngemittel stellen gerade in Mali die betroffenen Landwirte vor große Probleme, die durch ein Angebot an Nährstoffen aus menschlichen Fäkalien und Urin wirksam unterstützt werden können. Sowohl die vorgeschlagenen Behandlungsverfahren für Fäkalien und Urin, als auch die Vorgaben für die Art und Weise der Nutzung, garantieren die hygienische Unbedenklichkeit. Dies sollte durch die geplanten Experimente an der IPR Katibougou (s. o.) noch untermauert werden.

Mali mit seinen armen Böden und geringen wirtschaftlichen Mitteln ist prädestiniert für eine weitgehende Nutzung menschlicher Ausscheidungen in der Landwirtschaft. Das geschieht aus der Not

zum Teil schon heute, allerdings unter nicht akzeptablen Bedingungen, die eine ernsthafte Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung darstellen.

Eine Aufklärungskampagne für Landwirte und die Öffentlichkeit (Verbraucher) sollte - unterstützt durch die Praxiserfahrungen und experimentellen Ergebnisse - diese Zusammenhänge erläutern und neben der Unbedenklichkeit der behandelten menschlichen Ausscheidungen auch deren Düngewert und Bodenverbesserungseigenschaften darstellen.

Eine derartige Kampagne müsste - parallel zu den anderen vorgesehenen Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit - vom lokalen TZ-Projekt mit seinen Mitarbeitern geplant werden.

Die Aussichten für eine erfolgreiche Vermarktung der aus menschlichen Ausscheidungen gewonnenen Düngemittel sind sehr hoch, da sich bereits jetzt Produkte wesentlich schlechterer Qualität (z. B. Latrineninhalte) verkaufen lassen.

### **6.5.1 Unterstützung durch Behörden / Gesetzgeber**

Mittelfristig ist eine Unterstützung nachhaltiger Ansätze in der Abwasser- und Abfallentsorgung durch eine gesetzliche Verankerung anzustreben. Durch externe fachliche Zuarbeit können die gesetzgebenden Behörden bei der Erarbeitung von Normen und Gesetzesvorlagen (Verordnungen) unterstützt werden. Dies betrifft sowohl die nötigen baulichen Einrichtungen als auch die zu beachtenden hygienischen Vorgaben.

Eine gesetzliche Verankerung der neuartigen Lösungsansätze im Sanitärbereich kann - zunächst ausgehend von Neubauten - deren Einführung unterstützen, wenn der ordnungsgemäße Vollzug und eine wirksame Kontrolle gewährleistet sind. Eine Finanzierung dieser Überwachungs- und Kontrollmechanismen könnte evtl. in Zukunft über die Einführung eines Gebühren- / Tarifsystems - eventuell gekoppelt an Wasser- oder Elektrizitätsgebühren, die bereits gezahlt werden - erfolgen.

Sowohl die Erarbeitung gesetzlicher Normen als auch die Einführung kostendeckender Gebühren- / Tarifsysteme ist ein schwieriger und zeitaufwendiger Prozeß, der daher nur mittel- bis langfristig Erfolg haben kann. Zur raschen erfolgreichen Einführung der skizzierten Lösungsansätze im Sanitärbereich sollte in erster Linie auf den Privatsektor gesetzt werden, der flexibel auf die sich ergebenden Marktchancen reagieren kann.

## **6.6 Bedarf an Aus- und Fortbildung**

### **6.6.1 Lokale Bauunternehmen / Handwerker**

Die Funktionsfähigkeit der vorgeschlagenen Sanitäranlagen - sowohl der dezentralen haushaltsbezogenen als auch der semizentralen - steht und fällt mit einer ordentlichen Bauausführung.

Mitarbeiter lokaler Handwerksbetriebe müssen daher von Anfang an intensiv geschult und ausgebildet werden, sowohl in Hinblick auf die theoretischen Grundlagen des Systemansatzes, als auch praktisch in Form von 'training on the job' beim Bau der Versuchsanlagen. Entsprechende Schulung / Training muss durch das lokale TZ-Projekt gewährleistet werden.

### **6.6.2 Haushalte als Nutzer der Anlagen**

Die örtliche Bevölkerung als Nutzer der on-site Systeme (Trockenlatrine mit Duschplatz) muss von den geplanten Umbauten / Verbesserungen ihrer traditionellen Anlagen überzeugt sein. Zum ordentlichen Betrieb und zur Wartung der neuen Anlagen ist die aktive Mitarbeit zumindest eines Haushaltsmitgliedes notwendig, der oder die von dem Prinzip überzeugt und daher in der Lage ist, die anderen Familienmitglieder in den ordentlichen Gebrauch einzuweisen.

Frauen spielen eine zentrale Rolle im Bereich Hygiene und Entsorgung im Haushalt und sollten daher von vornherein möglichst intensiv mit einbezogen werden.

Überzeugungsarbeit kann über eine Aufklärungskampagne zu Risiken (Gesundheit) und Problemen (Nährstoffe) der aktuellen Praxis im Vergleich mit den Vorteilen des neuen Systems geleistet und durch intensive Einzelberatung interessierter ‚Pilothaushalte‘ ergänzt werden.

Eine solche Aufklärungskampagne muss vom lokalen TZ-Projekt mit seinen lokalen Mitarbeitern geplant und durchgeführt werden.

### **6.6.3 Mögliche externe Betreiberorganisationen**

Noch zu gründende bzw. in Gründung befindliche privatwirtschaftliche Zusammenschlüsse, die für einen Betrieb der nachhaltigen Sanitärsysteme in Frage kommen, sollten identifiziert und über mögliche Aktivitäten informiert werden.

Eine mögliche Beratung / Schulung von privaten Kleinunternehmen müsste neben der technischen Ausbildung auch Aspekte der wirtschaftlichen Organisation - einschließlich Vertrieb und Marketing umfassen.

Dies könnte in der Form von Informationsveranstaltungen zur Existenzgründung geschehen, die vom lokalen TZ-Projekt organisiert werden müssten.

## 7 Planung und Bau von EcoSan-Versuchsanlagen

Anhand einer on-plot Versuchsanlage am Standort Koulikoro war beabsichtigt, die einzelnen Funktionsteile der Anlagen als dezentrales Modellsystem für eine Haushaltseinheit hinsichtlich ihrer Funktionsweise zu prüfen und erste Betriebsergebnisse sammeln zu können (s. Kap. 4.4).

Aus den in Kapitel 4.4 und Kapitel 4.5 vorgestellten Modulen der EcoSan-Sanitärkonzeption wurden im Rahmen der 1. Mission mit dem lokalen TZ-Projekt nach der Aufnahme der örtlichen Randbedingungen drei Varianten zur Realisierung ausgewählt. Eine vierte Variante wird auf der Basis der örtlichen Varianten theoretisch betrachtet. Aufgrund des modularen Aufbaus der EcoSan-Anlagen ist eine Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten möglich – die vier betrachteten Varianten sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 7-1: Darstellung der in Phase B realisierten Maßnahmen

| Var.                             | Wasser-<br>versorgung     | Dusche | Fäkalien-<br>behandlung | Urin-<br>behandlung | Grauwasser-<br>behandlung |                        |
|----------------------------------|---------------------------|--------|-------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|
|                                  |                           |        | Trocknung               | Trocknung           | Kiesfilter                | Langsam-<br>sandfilter |
| Dezentral                        |                           |        |                         |                     |                           |                        |
| 1                                | Haus-<br>anschluß         | X      | X                       | X                   | X                         |                        |
| 2                                | öffentliche<br>Zapfstelle | X      | X                       | X                   |                           | X                      |
| Semi-zentral                     |                           |        |                         |                     |                           |                        |
| 3                                |                           |        | X                       |                     |                           |                        |
| 4                                |                           |        |                         |                     | (X)                       |                        |
| (X) nur theoretische Betrachtung |                           |        |                         |                     |                           |                        |

### 7.1 Auswahl und Beschreibung der Standorte

Die Auswahl möglicher Standorte für den Bau von dezentralen EcoSan-Versuchsanlagen (haushaltsbezogene Sanitäranlagen mit getrennter Behandlung von Fäkalien, Urin und Grauwasser) in Koulikoro erfolgte durch das lokale TZ-Projekt in Zusammenarbeit mit dem Partner. So wurden 13 Standorte, verteilt auf verschiedene Stadtteile Koulikoros (Plateau I, Plateau II und Koulikoro-Ba), vorausgewählt (Annex 8). Anhand dieser Vorauswahl wurde zu Beginn der zweiten Mission im April 2000 eine Prioritätenliste erstellt und zusammen mit der Mission vier verschiedene Standorte besichtigt. Die Randbedingungen für die vier ausgewählten Standorte, von denen sich zwei auf dem Plateau I (überwiegend felsiger Untergrund) und zwei in Koulikoro-Ba (überwiegend sandiger Untergrund) befinden, sind aus Annex 9 ersichtlich. Zur Verdeutlichung der Standortauswahl sollen diese kurz beschrieben werden, zum besseren Verständnis wird auf die Fotos im Annex verwiesen.

### 7.1.1 Standortauswahl dezentrale Anlagen

#### Besuch Standort Mamadou Traore

Das Grundstück (concession) von M. Traore auf dem Plateau I wird von ca. 30 Personen bewohnt. M. Traore ist pensionierter Binnenschifffahrtskapitän und genießt ein hohes Ansehen im Ort. Er besitzt landwirtschaftliche Flächen und ist Jäger. Das Grundstück liegt am Ende einer wenig frequentierten, unbefestigten Straße. Seine vorhandene Latrine ist im ansteigenden Teil des Grundstückes in den Boden/Fels gehauen und grenzt mit einer Seitenwand an die Straße und ist voll gefüllt; eine Entleerung der Latrine ist in den nächsten Tagen beabsichtigt. Das Grauwasser fließt durch eine Wandöffnung auf die Straße ab und versickert dort.

M. Traore hat grundsätzlich Interesse an einer Nutzung der Fäkalien und der Nährstoffe, da er eigene landwirtschaftliche Flächen bewirtschaftet und diese dort zur Bodenverbesserung bzw. als Dünger nutzen würde.

#### Besuch Standort Moussa Keita

Das Grundstück von M. Keita befindet sich auf dem Plateau II. Das Grundstück ist durch einen schmalen Gang von der Straße zu betreten. Neben diesem Zugang besteht eine Zweikammer Latrine, deren Bodenplatte ca. 0,70 m über dem gewachsenen Boden liegt (Foto 10).

Das Grauwasser wird ebenfalls über eine Wandöffnung auf die Straße abgeleitet und versickert (Foto 11).

Beide Kammern der Latrine sind bis an die Unterkante der Bodenplatte gefüllt und bedürfen einer Entleerung. M. Keita führt diese Leerung nach eigenen Angaben selbst durch. Weitere Gespräche zeigten, dass die Leerung durch Entfernung eines Steines aus der Latrinewand erfolgt, so dass sich der Inhalt des oberen Latrinenbereichs über das Grundstück auf die Straße ergießt und dort in der Regenzeit mit dem Niederschlagswasser abfließt. Durch die Entleerung wurde Raum geschaffen, der für die Füllung für die Dauer eines Jahres, bzw. bis zur nächsten Regenzeit, ausreicht

M. Keita kann sich auf Befragen eine Nutzung des gereinigten Grauwassers als Gießwasser für Pflanzen oder für die Gartenbewässerung vorstellen. Weder Pflanzen noch ein Garten sind auf dem recht kärglich aussehenden Grundstück vorhanden. M. Keita ist in der Nachbarschaft anscheinend ein Stein des Anstoßes, da er seine Abfälle (feste Abfälle, Sanitäranlageninhalt) regelmäßig auf der Straße, die Hauptzugang zu einer Moschee ist, entsorgt. Eine Verbesserung der hygienischen Verhältnisse auf dem Grundstück hat neben der Verbesserung der Situation auf dem Grundstück auch eine hohe Öffentlichkeitsrelevanz.

#### Besuch Standort Baba Simaga

Das Grundstück von Baba Simaga befindet sich wie das folgende im Stadtteil Koulikoro Ba. Die im hinteren Teil des Hofes gelegene Latrine wurde stillgelegt und zur Zeit wird eine neue Latrine benutzt. Diese ist mit einer Mauer von dem restlichen Grundstück abgetrennt. Urin, Dusch- und Analwaschwasser fließen in eine Rinne, in der auch das Niederschlagswasser aus dem Grundstück auf die Straße transportiert werden. Vor der Grundstücksaußenmauer befindet sich eine Bodensenke, in der das Grauwasser versickern soll. Diese Senke ist trotz Trockenzeit gefüllt mit grün gefärbtem Wasser, in dem eine große Anzahl von Mückenlarven erkennbar ist (Foto 12).

B. Simaga betrachtet insbesondere die Grauwasserableitung als unhaltbaren Zustand und ist der Meinung, dass die Gemeinde hier für Abhilfe sorgen muss. Ein eigenes Verantwortungsbewusstsein für das aus dem Grundstück auf die Straße abgeleitete Wasser ist nicht erkennbar. Trotz des Platz bietenden Grundstücks ist er der Meinung, dass er ein Recht hat, sein Grauwasser auf der Straße zu versickern.

Da es sich hier um eine Latrine handelt, die erst vor kurzem in Betrieb genommen wurde, ist für diesen Standort ein Latrinenneubau nicht sinnvoll.

### Besuch Standort Lassana Sangare

Das Grundstück von Lassana Sangare umfasst ein kleineres Grundstück, das sehr dicht bebaut ist. Die Latrine ist an der Außenwand zur Straße installiert. Hierbei handelt es sich um eine zweikammerige Latrine, von der die eine Kammer gefüllt und verschlossen ist und nicht mehr benutzt wird. Die zweite Kammer ist erst vor kurzer Zeit in Betrieb genommen worden.

Vor dem Haus verläuft in ca. 1,80 m Abstand die Rinne zur Regenwasserableitung, in dem Raum zwischen Rinne und Grundstücksaußenmauer ist die Trinkwasserleitung verlegt (Foto 13). Anhand dieser lokalen Situation wird beispielhaft die Installation eines dezentralen straßenbegleitenden Grauwasserfilters gezeigt. Diese Situation ist ein Beispiel für die mangelhafte hygienische Situation in Koulikoro, bei der Abwasserableitung und Trinkwasserentnahme in unmittelbarer Nähe liegen und die Gefahr einer Verkeimung der Trinkwasserstelle als sehr hoch einzuschätzen ist.

## **7.1.2 Standortauswahl Semi-zentrale Anlagen**

### Semi-zentrale Schlamm Trocknung

Für die ersten Versuche einer semi-zentralen Schlamm Trocknung wurde ein bestehendes Bauwerk außerhalb des Stadtgebiets an der Ausfallstraße nach Banama identifiziert (Foto 14). Dabei handelt es sich um ein Wasserbecken eines ehemaligen Straßenbaudepots, das nach Reinigung für den Versuch der Schlamm Trocknung verwendet werden konnte.

### Semi-zentrale Grauwasserreinigung im straßenbegleitenden Grauwasserfilter

Die vier Standorte wurden auch hinsichtlich der Eignung einer Installation eines grundstücks-externen Grauwasserfilters besichtigt. Insbesondere in Koulikoro-Ba ist eine Installation solcher Filter aufgrund der topographischen Verhältnisse grundsätzlich möglich. Der straßenbegleitende Grauwasserfilter hätte hier aufgrund der günstigen Untergrundverhältnisse realisiert werden können. Da für den Bau einer solchen Anlage die Zustimmung der örtlichen Administration erforderlich war und diese nicht absehbar war, wurde von einer Realisation im Rahmen der ersten Mission abgesehen.

## 7.2 Planung und Realisierung dezentraler EcoSan-Versuchsanlagen

### 7.2.1 Prototyp einer als machbar angesehenen dezentralen EcoSan-Sanitäranlage

In der Phase A wurde eine EcoSan-Versuchsanlage vorgeschlagen, die als Prototyp einer Latrine mit Dusche als Lösung zu sehen ist, die alle normalerweise bestehenden Bedürfnisse einbezieht. Die modularartig aufgebaute Toilettenanlage kann für größere Anlagen aneinander gereiht werden. Die einzelnen Komponenten sind flexibel den unterschiedlichsten Bedingungen anzupassen. Der Prototyp diente als Gesprächsgrundlage mit Entscheidungsträgern und weiteren Interessierten und wurde bei der Diskussion des Für und Wider sehr gut aufgenommen.

Bei der dargestellten Variante handelt es sich um eine "Maximalvariante" (max. Fäkalienmenge, hoher Wasserverbrauch). Die Größe der Latrine und der Dusche ist abhängig von der Haushaltsgröße, dem Wasserverbrauch und den Lebensgewohnheiten der Bewohner. Es muß eine Anpassung vor Ort erfolgen, dabei sind einfache und kostengünstige Lösungen anzustreben.

Zur Erleichterung der Trocknung, Leerung und auch des Baus angesichts des großenteils felsigen Untergrunds wird die gesamte Konstruktion oberirdisch ausgeführt und über einige Stufen erschlossen (auf den Plateaus bereits üblich). Sie verbraucht in dieser kombinierten Version aufgrund der für Großfamilien notwendigen Sammel- und Filterkapazität eine Grundfläche von ca. 15 m<sup>2</sup>. Dies wird aber angesichts der großen Grundstücke und der häufig mindestens ebenso großen bestehenden Latrinen als vertretbar angesehen.

Das Bauwerk kann je nach Finanzlage und Bedürfnissituation des Nutzers in verschiedenen Komfortstufen ausgeführt werden. So kann bei eigenem Wasseranschluß und gehobenem Anspruch eine Duschanlage mit Durchgangsventil und Duschkopf auf der Innenwand installiert werden. Möglich ist auch die Installation eines Außenwaschbeckens oder die Installation von Außenwasserzapfstellen.

Aus den Skizzen (Annex 10) sind die grundsätzliche Konstruktion und Abmaße ersichtlich.

### Fäkalien

#### Funktionsteil / Unterbau

Der Untergrund des Bauwerks wird, wo nicht Fels diese Maßnahme überflüssig macht, mit einer unbewehrten dünnen Betonsohle gegen Einsickerung abgedichtet.

In einem ca. 90 cm hohen, darauf gemauerten und von innen abgedichteten Sockel befinden sich auf ca. 2/3 der Grundfläche die beiden, in ca. jährlichem Wechsel alternierend genutzten Kammern der Latrine. Diese sind durch eine Zwischenwand (2/3 der Bauhöhe), die einen Wärmeübergang zwischen den Kammern erlaubt, getrennt.

Die Trocknungskammern stehen zur Sonnenseite etwa 55 cm über die Außenwand hinaus. Dieser Bereich wird zur stärkeren Erhitzung der Kammern mit einem schwarz lackiertem (Well-)Blech abgedeckt. Zur Entleerung kann das Blech (nach ca. einem Jahr Trocknungszeit ab Vollfüllung der einen und damit Wechsel der genutzten Kammer) angehoben werden. Das nun ungefährliche, im Volumen stark reduzierte, getrocknete, torfähnliche Fäkalmaterial läßt sich leicht mit Rechen und Schaufel o.ä. entnehmen.

Im Rahmen der Bemessung wird einer jährlichen Fäkalienmenge von 50 l Fäkalien pro Jahr und Person (Feuchtzustand) ausgegangen, die durch Trocknung auf 15-20 l schrumpfen. Das benötigte Kammervolumen für einen 10- bis 15-köpfigen Haushalt beträgt also mindestens 0,4 bis 0,6

m<sup>3</sup>, wobei bei der Bemessung des Kammervolumens eine gewisse Häufung unter der Füllöffnung berücksichtigt ist. Die Bemessungsmengen sind anhand der Modelllatrine zu überprüfen.

Beim vorgeschlagenen Toilettentyp kann pro Kammer eine Grundfläche (inkl. des mit Blech überdachten Bereichs) von 2,15 m \* 1,20 m genutzt werden. Bei einer maximalen Füllhöhe unter dem Füllloch von 0,60 m, einem Freibord zur Decke von 0,15 m und einer durchschnittlichen Füllhöhe über die gesamte Fläche von 0,30 m steht mit ca. 0,77 m<sup>3</sup> ein ausreichendes Speichervolumen zur Verfügung.

Der Abstand von der Vorderseite der Bedienungsöffnungen bis zu hinteren Kammerwand beträgt 2,30 m. Eine Verteilung der Fäkalien während des Betriebs und eine Entleerung der Kammern ist mit Hilfe eines Rechens o.ä. möglich, ohne dass hierfür die Kammern betreten werden müssen.

Als Filter- und Drainageschicht sollte vor jedem Benutzungsintervall eine ca. 5 cm dicke Schicht aus organischem Material (Holzhäcksel, Schilfschnitt, Stroh, alte Komposterde, Reste der Baumwollproduktion o.ä.) in die Kammern gefüllt werden. Bei der Entleerung der Kammern wird das Material mit unter die getrockneten Fäkalien gemengt und landwirtschaftlich genutzt.

Beide Kammern erhalten ein schwarz gestrichenes Entlüftungsrohr, das die Feuchtigkeit und ggf. auftretende Gerüche "über Dach" ableitet. Durch die Kaminwirkung wird durch die Zirkulation der Luft die Entlüftung in den Trockenkammern und der Feuchtigkeitsaustrag verbessert.

Die auf dem Sockel aufliegende Stahlbetondecke mit den beiden Füllöffnungen der Kammern bildet den Latrinenboden. Da zur Analhygiene Wasser verwendet wird, dient ein niedriger, um die Füllöffnung gemauerter oder aufbetonierter, Wasserabscheidekranz zur Minimierung des Abflusses in die Trocknungskammer. Die dennoch eintretenden Wasseranteile werden über die Filter- und Drainageschicht durch den mit Gefälle ausgebildeten Kammerboden in ein kleines, mit stark wasserverbrauchenden Pflanzen / Büschen, oder auch mit von den Bewohnern akzeptierte Nutzpflanzen, bestücktes Pflanzenbeet entsorgt.

Das Wasser von der Analhygiene fließt durch eine Wandöffnung unterhalb der Oberfläche in das Pflanzenbeet zur Reinigung und Verdunstung. Es wird sich bei dem Betrieb der Toilette nicht vermeiden lassen, dass geringe Mengen an Analwaschwasser in den Urinabfluß bzw. auch in den Fäkalienteil gelangen, da die Bewohner einen separaten Waschplatz zur Analhygiene nicht akzeptieren.

Herkömmlich werden die Toiletten ohne Überdachung ausgeführt. In diesem Fall müsste auch das Regenwasser abgeführt werden. Um eine Überlastung der Gelbwassertrocknungsfläche durch Niederschlagswasser und dessen Eintritt in den Fäkalientrocknungsteil zu vermeiden, wird die Modelltoilette mit einem einfachen Dach versehen. Andernfalls müssten die Ablauföffnungen während der Regenzeit verschlossen und nur bei Benutzung geöffnet werden, damit das Regenwasser entweder wie üblich über die Treppe abläuft oder über Austrittsöffnungen auf das Filterbeet fließt. Da traditionell die meisten der Toiletten sehr hell und aufgrund der guten Durchlüftung Geruchsprobleme fast kaum auftreten, wurde bei der EcoSan-Anlage darauf geachtet, dass durch eine „luftige“ Dachkonstruktion weiterhin ein ausreichender Lichteinfall und eine gute Durchlüftung gewährleistet ist.

### Toilettenraum

Grundsätzlich ist die Trocknungstoilette ohne Wände ausführbar, was z.B. für den Einbau an schon bestehenden, abgegrenzten Latrinenstandorten sinnvoll sein kann.

Für die Gestaltung der, eigentlich nur als Sichtschutz dienenden Wände des Latrinen- / Duschrums bestehen vielfältige Möglichkeiten. Von verputzten, in ansprechenden Farben gestrichenen, gefliesten oder anders gestalteten Massivwänden bis zu traditionellen, einfachen Wänden aus Bancosteinen (die jedoch auch leicht plastisch gestaltet werden können) oder lediglich Strohmatte bestimmen Finanzkraft, Geschmack und Wartungswille das Material.

Auch der Boden könnte bei hohen Ansprüchen z.B. gefliest werden. Eine mit Abstand zur Wandoberkante konstruierte und somit belüftete Dachkonstruktion (z.B. Wellblech) ist ebenso eine mögliche Option wie die Integration der Sanitärzelle in ein Wohnhaus.

In Ländern wie z.B. Kolumbien, wurden mit über das gewohnte Maß hinaus ansprechend gestalteten, etwa starkfarbig bemalten Latrinengebäuden große Akzeptanzerfolge erzielt (vgl. Kerr, 1990).

### Pflanzenbeet

Das Beet wird so ausgelegt, dass das anfallende Abwasser (Sickerwasser, Wasser von Analhygiene) gereinigt und weitestgehend verdunstet wird. Bei der Modellanlage wird eine Filterfläche von 1 m<sup>2</sup> gewählt.

Die Beschickung mit dem anfallenden Sickerwasser und Wasser der Analhygiene erfolgt in die Filterschicht, so dass kein direkter Kontakt mit dem Abwasser möglich ist. Eine Abdichtung ist nicht erforderlich. So kann das Abwasser entweder durch die Pflanzen aufgenommen werden, oder versickert in den Boden.

Zur Bepflanzung des Verdunstungsbeets mit geeigneten, stark verdunstenden Pflanzen liegen Erfahrungen aus Asien vor. Diese müssen unter den lokalen Bedingungen überprüft und optimiert werden. Als potentiell geeignete Pflanzen kommen bitter gource, plantain, canna indicus und ggf. schnell wachsende Lilien in Betracht (Winblad, 2000).

### Gelbwasser

Wie dies bereits bei den vorhandenen Latrinen üblich ist, wird zusätzlich eine Gelbwasserabflußrinne entgegen dem Gefälle des Latrinenbodens ausgebildet. Sie soll so profiliert sein, dass möglichst wenig Wasser der Analwäsche über sie abgeleitet wird.

Das Gelbwasser rinnt auf eine Gelbwassertrocknungsfläche zur Verdunstung.

### Gelbwassertrocknungsfläche

Die Verdunstungsfläche soll als flach ausgebildete Trocknungsfläche erstellt werden. Das Gelbwasser rinnt somit langsam auf der Fläche hinunter und sickert dabei in das Wandmaterial ein oder verdunstet. Auf den waagerechten Abschnitten der Trocknungsfläche wurde eine flache Verdunstungsmulden (1-2 cm tief) ausgebildet. Das abfließende Gelbwasser wird so über eine größere Oberfläche geleitet und die Kontaktfläche zwischen Flüssigkeit und Luft vergrößert..

Die Trocknungsfläche wird mit einem schwarz angestrichenem Blech überdacht. Dieses ist abnehmbar und in einem Abstand von ca. 20 cm über der Trocknungsfläche angebracht. Dadurch wird der Luftaustausch über der Trocknungsfläche und damit die Verdunstung des Gelbwassers gefördert.

Das Blech ist so auf die Auflagerkanten zu positionieren, dass eine Be- und Entlüftung möglich ist. Über die untenliegenden Öffnungen (hier ist die durch die Blechwellung entstehende Öffnung ausreichend) kann Luft zuströmen, die sich unter dem schwarzen Blech aufheizt und das aus dem Gelbwasser verdunstete Wasser durch die oberen Entlüftungsöffnungen austrägt. Durch die Erhitzung entsteht ein Kamineffekt, der die Verdunstung verbessert.

### Grauwasser

Das Duschwasser läuft auf der mit einem Gefälle ausgebildeten Boden der Dusche durch ein Verteilungsrohr in den seitlich angeordneten Grobfilter.

Von diesem fließt es in den Kiesfilter. Notwendiges Maß und Praktikabilität der Wartung müssen noch vor Ort getestet werden.

Nach der Passage des Kiesfilters gelangt das gefilterte Grauwasser in ein Sammelbecken mit insektendichter Abdeckung (zur Vermeidung eines Mosquitobrutplatzes). Nach Befragungen der Bewohner würde dieses kostenlose Wasser zur Bewässerung der eventuell auf dem Grundstück befindlichen Pflanzen, speziell auch der Bäume, als äußerst nützlich angesehen. Der potentielle Grauwasser muß anhand der Lebensgewohnheiten vor Ort abgeschätzt werden, da bei hohem Wasserverbrauch größere Grauwassermengen verwertet werden müssen.

### Grobfilter

Um eine vorzeitige Verstopfung des Kiesfilters zu vermeiden, wird die Zwischenschaltung eines Grobfilters / Fettfangs vorgesehen. Als Filtermaterial kann lokal anfallendes organisches Material (wie Gras, Stroh, in Koulikoro ggf. Reste der Baumwollproduktion) oder Kies (8 - 16 mm) verwendet werden.

Bei deckenden Ablagerungen auf der Filteroberfläche (Kalkseifen, Haare, sonstige Feststoffe, etc.), die einen deutlich sichtbaren Wassereinstau auf der Filteroberfläche bewirken, ist der Filter zu reinigen. Hierzu ist das Filtermaterial des Grobfilters auszutauschen, was angesichts der geringen Größe und guten Einsehbarkeit unkompliziert ist.

Der Grobfilter kann als kleineres vorgefertigtes Betonelement mit einer Fläche von ca. 0,5 \* 0,5 m<sup>2</sup> auf den Kiesfilter aufgelegt werden. Die Filterschichthöhe beträgt ca. 0,20 m. Durch mehrere Austrittsöffnungen fließt das Grauwasser auf den Kiesfilter. Eine Verbesserung der Verteilung des Wassers auf den Kiesfilter kann durch abgehende Rohre und Steinplatten (wirken als Prallteller) erreicht werden. Alternativ kann dieser Grobfilter auch aus Steinen auf einer Platte aufgeschichtet und mit Kies verfüllt werden. Die Steine sollen so gesetzt werden, dass durch die Spalte zwischen den Steinen der untersten Reihe eine Verteilung des Wassers auf den Kiesfilter erfolgt. Der Grobfilter kann auch durch ein mit Löchern versehenes Gefäß (Sieb, Eimer) vor Ort hergestellt werden; diese Ausführung wurde bei der Modellinstallation gewählt. Eine dauerhaft stehende Wasserfläche infolge Verstopfung der Durchtrittsöffnungen muß allerdings vermieden werden.

Über den Grobfilter können auch andere auf dem Grundstück anfallende Waschwässer zur Behandlung im Kiesfilter gegeben werden.

## Kiesfilter für Grauwasser

Der Kiesfilter wird aus zwei Schichten aufgebaut. Im unteren Bereich wird gröberer Kies (Korngröße 8 - 16 mm) ca. 0,10 m hoch als Drainageschicht eingebaut. Die Filterschicht besteht aus feinem Kies (Korngröße 2 - 8 mm) ca. 0,50 m hoch. Der Filterboden wird mit Magerbeton gegen den Untergrund abgedichtet. Das gereinigte Grauwasser kann in einem Behälter gesammelt und zur Bewässerung auf dem Grundstück genutzt werden. Überschüssiges Wasser kann entweder auf dem Gelände versickert werden, oder in den Straßenraum geleitet werden. Bei Bepflanzung des Straßenraums (Büsche, Bäume etc.) kann das überschüssige Wasser auch zur Bewässerung dieser Bepflanzung verwendet werden. Ist kein Interesse an der Nutzung des Wassers vorhanden, kann auf die untere Abdichtung verzichtet werden und das gereinigte Wasser versickert direkt in den Untergrund (bei versickerungsfähigen Böden).

Die bei der Modelltoilette ausgeführte Zuleitung des Wassers über Wandöffnungen und Verteilungsrohre ist die einfachste Variante der Verteilung und leicht herzustellen. Bei semizentralen Anlagen können auch einfache Schwallbeschickungsanlagen (z.B. Heber) Anwendung finden.

Je nach vorhandenen Höhenunterschieden und Untergrundverhältnissen sind verschiedene Ausführungsformen für den Kiesfilter möglich. Bei felsigem Untergrund und genügend Gefälle bietet sich ein Hochbeet an. Der Kiesfilter kann auch ebenerdig ausgeführt werden. Hier ist es möglich, sofern erforderlich oder gewünscht, diesen begehbar oder auch bepflanzt (z.B. mit Gras) zu gestalten.

Sollte auf der Oberfläche eine stärkere Verschmutzungsschicht durch das eingeleitete Grauwasser oder Staub aus der Luft festzustellen sein, wird die oberste Schicht gegen neuen Kies ausgetauscht.

## Erfahrungen aus der Planung

Nach dem Besuch der vier vorausgewählten Standorte mit Aufnahme der lokalen Randbedingungen begann die Anpassung der Sanitäranlagenplanung an die gegebenen Verhältnisse. Während dieser Anpassung zeigte es sich, dass ein Übertrag des in Phase A entwickelten Sanitäranlagenkonzeption nicht ohne weiteres möglich war. Die Standortbedingungen waren für alle der besichtigten vier Orte unterschiedlich, so dass eine Anpassung der Planung an die gegebenen Verhältnisse erforderlich wurde. Da seitens der Bewohner und auch seitens der Verwaltung teilweise eine mangelnde Motivation vorhanden war wurde vor Ort entschieden, die Realisierung der Sanitäranlagen auf zwei Standorte zu beschränken, da neben der Planung auch die Einweisung der Mitarbeiter (lokaler Mitarbeiter vor Ort, Handwerker etc.) und die Materialbeschaffung durch die Mitarbeiter vor Ort erforderlich war. Parallel hierzu wurde mit den Bauarbeiten begonnen, wobei abzusehen war, dass diese nicht während der ersten Präsenzphase der Gutachtermission im April (01.04.-12.04.2000) abgeschlossen werden konnten. Die Baubegleitung sollte durch den Praktikanten weitergeführt und in einen stabilen Betriebszustand überführt werden. Aufgrund der unzureichenden Funktionalität der Anlagen wurde eine zweite Präsenzphase in Koulikoro (08.-14.09.2000) erforderlich, in der eine konstruktive Verbesserung der Sanitäranlagen vorgenommen wurde.

Im Anhang sind die Sanitäranlagen für die beiden Standorte zeichnerisch dargestellt: neben der Ausführungsplanung (Annex 11 und Annex 14) finden sich auch die nach der Realisierung erstellten Bestandspläne (Annex 12 und Annex 15) und die nach der zweiten Mission im September veranlassten Änderungen in Form einer Änderungszeichnung (Annex 13 und Annex 16). Da die Anlagenänderungen in Abstimmung und unter Aufsicht durch den den lokalen Techniker erfolgte und zeitgleich umgesetzt wurde, waren für die Bestands- und Änderungszeichnungen Handskizzen ausreichend.

Gegenüber dem Ursprungsentwurf (Annex 10) wurden nach Kenntnis der genauen Standorte einige wesentliche Änderungen in der Phase der Ausführungsplanung vorgenommen. So wurde die Urintrocknung modifiziert und aus Platzgründen die Dusche in den Toilettenraum verlegt und der Grauwasserfilter an die örtlichen Verhältnisse angepasst. Dabei wurde bei diesen ersten Anlagen verstärkt auch auf den Kenntnisstand der lokalen Handwerker (Maurer etc.) zurückgegriffen; hier wurden Zugeständnisse auf die bisherige Arbeitsweise der Handwerker gemacht (Mauerdicke etc.).

### **7.2.2 Adaptierte Planung für den Haushalt Traore in Koulikoro**

Die bestehende Latrine wurde entleert und der Latrineninhalte auf der Straße zwischengelagert und mit Sand abgestreut. Da M. Traore eine eigene Nutzung der Fäkalien auf seinen Feldern durchführt, war in dem Latrineninhalte nur ein sehr geringer Störstoffanteil erkennbar.

Die Latrinenkammern wurden verfüllt und eine Ausgleichsschicht aus Beton erstellt, auf die das Sanitäranlagegebäude aufgesetzt wurde. Die Planung und die Ausführungszeichnungen der EcoSan-Sanitäranlage sind aus dem Annex (Annex 11 und Annex 12) ersichtlich. In dem Anlagegebäude sind in einem Raum zwei Fäkalienöffnungen und eine auf dem Boden abgetrennte Dusche installiert.

Vor dem Sanitäranlagegebäude befindet sich das Verdunstungsbeet für das Sickerwasser aus den Fäkalien und der Pflanzenfilter für die Grauwasserreinigung. Das Verdunstungsbeet wurde durch das Projekt vor Ort mit Zyperngrass (N'kono) und Gamba Grass bepflanzt (Foto 15). Zur Erhöhung der Verdunstungsrate wurde in Ergänzung zur ursprünglichen Planung versucht, den Grauwasserfilter ebenfalls mit den genannten Pflanzen zu besetzen. Seitlich neben dem Gebäude ist die Urintrocknung mit südöstlicher Ausrichtung vorgesehen. Die Fäkalienentnahme erfolgt von der Straße aus und ist nach Südwesten ausgerichtet (Foto 16). Das behandelte Grauwasser fließt in ein Fass und kann genutzt werden.

### **7.2.3 Adaptierte Planung für den Haushalt Keita in Koulikoro**

Die bestehende Zweikammer-Latrine wurde entleert, der Latrineninhalte auf der Straße zwischengelagert (Foto 17) und zur Trocknung in das dezentrale Schlamm-trockenbeet (s. Kap. 4.5.1 und Foto 18) transportiert. Die Sohle der beiden Fäkalienkammern wurden auf ein höheres Niveau gelegt und mit Magerbeton egalisiert. Die bestehenden Wände des Unterbaus und des Oberbaus wurden beibehalten; erforderliche Öffnungen wurden geschaffen, bzw. nicht notwendige Öffnungen wurden verschlossen. Die Bodenplatte wurde neu gefertigt und die für die getrennte Ableitung des Urins erforderliche Profilierung wurde erstellt. Alle neu erforderlichen Anlagenteile außerhalb der ursprünglichen Latrine wurden unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten neu erstellt.

Zur Grauwasserbehandlung wurde ein teilweise eingestauter Sandfilter mit kleinerer Körnung errichtet. Das filtrierte Grauwasser wurde in einem Becken neben dem Filter gesammelt, da M. Keita zunächst hohes Interesse an der Nutzung des anfallenden Grauwassers gezeigt hatte.

#### 7.2.4 Erfahrungen beim Bau

Anhand der beiden EcoSan-Sanitäreanlagen konnten erste Erfahrungen mit der Realisierung dieser Anlagen zur Fäkalientrocknung mit Urinabtrennung und Grauwasserbehandlung gesammelt werden. Die grundsätzliche Ausführung der EcoSan-Sanitäreanlagen orientiert sich an den in Mali bekannten und akzeptierten Latrinen. Eine getrennte Ableitung des Urins - in der Regel ungezielt und ohne Verwertungsabsicht - ist gängige Praxis. Besonderes Augenmerk bedarf die nasse Analhygiene, die in muslimischen Ländern üblich ist und deren Wassermenge nicht unterschätzt werden darf. Diese große Wassermenge und deren Ableitung war neben konstruktiven Fehlern die wichtigste Ursache für die Ansammlung von Flüssigkeit in den Trocknungskammern. Die in der zweiten Mission der Phase B vorgeschlagenen und vorgenommenen konstruktiven Änderungen sollten diese Fehlableitungen verhindern.

- Einbau der EcoSan-Sanitäreanlagen in den Bestand bedarf immer einer Detailplanung, da je nach Grundstück unterschiedliche Randbedingungen angetroffen werden:  
Platzangebot für Baumaßnahme  
Ausrichtung der Fäkalikammer und der Urintrocknung  
vorhandene Bausubstanz (Altanlage, Abflusssrinne etc.)
- Berücksichtigung wichtiger Details bei der Arbeit im Bestand:  
Südausrichtung der Urintrocknungsfläche  
keine Nordausrichtung für der Fäkalientnahmeöffnung
- präzise Modellierung der Zwischenplatte zur gezielten Ableitung der Teilströme (Gefälle, Rinnenausbildung, Abflussbarrieren etc.) erforderlich
- eine gezielte Einweisung und Ausbildung der Handwerker ist für die erfolgreiche Umsetzung der neuartigen der Sanitäreanlagen in Koulikoro zwingend erforderlich  
Hier würde die Einrichtung von Trainingskursen, wie sie z.B. von der schwedischen SIDA durchgeführt werden, den Kenntnisstand der lokalen Handwerker verbessern und die Einführung neuer Techniken erleichtern.
- ständige Bauüberwachung durch qualifiziertes Fachpersonal vor Ort erforderlich; neben Grundkenntnissen des Bauwesens muss das Verständnis für diesen neue Sanitärtechnik vorhanden sein
- hieraus resultiert ein anfänglich hoher Bedarf an Planungsaufwand und Bauüberwachung, der durch gezielte Schulung und Training des Personals vor Ort erreicht werden kann. Das Personal muss so geschult sein, dass immer eine einwandfreie Bauausführung gewährleistet werden kann.

Für den Einsatz der Sanitäreanlagen in Neubauten bzw. Neubaugebiete lassen sich standardisierte Anlagen entwickeln, die dann mit vorgefertigten Bauteilen erstellt werden können. Durch diese Maßnahmen lassen sich erhebliche Kosteneinsparungen erzielen. Nach Angaben des lokalen Projekts (Yacouba Diarra) gibt es in drei neuentstandenen Stadtvierteln (Souban, Koulikoro Ba Extension und Katibougou) noch 40 bis 90 % unbebaute Grundstücke die sich auf ca 600 aufsummieren lassen. Dem Bürgermeisteramt liegen teilweise bereits fertig ausgearbeitet Pläne für die Bebauung der Grundstücke in den drei Vierteln vor.

Für den Einbau von semi-zentralen oder dezentralen Sanitäreanlagen in den Bestand wird immer ein erhöhter Aufwand für Planung und Realisierung erforderlich sein, da in allen Fällen eine Anpassung an die Verhältnisse vor Ort unter möglichst weitgehender Nutzung von vorhandener Bausubstanz erfolgen sollte. Wegen der Vielfältigkeit der vorherrschenden Randbedingungen ist eine Entwicklung von Standardlösungen in diesem Fall äußerst schwierig. Zusätzlich besteht für diese Fälle ein erhöhter Bedarf an Einweisung und Training des beteiligten Personals (Bauüberwachung vor Ort, Handwerker etc.), damit auch ohne spezifische Einzelanweisung die Grundgedanken der Sanitäreanlagen auch richtig verwirklicht werden.

## 7.2.5 Erfahrungen beim Betrieb

### Standort M. Traore

Nach einem mehrmonatigen Betrieb der Anlage von M. Traore zeigten sich erhebliche Mängel in der Funktionsweise der Anlage, so dass einige konstruktive Verbesserungen an der Anlage vorgeschlagen und deren Umsetzung in der zweiten Mission vorgenommen wurden.

Tabelle 7-2: Betrieb der Sanitäreanlage M. Traore - Probleme, Ursachen und Lösungsvorschläge

| Problem  | Ursache   | Lösungsvorschlag   |
|--|---|--|
| große Mengen an Flüssigkeit in der Urintrocknung           | Analwaschwasser und Duschwasser fließen über die Urinableitungsrinne ab<br><br>häufiges Duschen der Bewohner<br><br>schlechte Verdunstung wg. unzureichender Verteilung | Gefälle der Bodenplatte wird wie in Planungszeichnung ausgeführt; Aufhöhung an der Urinableitungsrinne<br><br>Verdunstungsfläche wird neu nivelliert, alternatives Material wird getestet            |
| große Flüssigkeitsmengen in der Fäkalientrocknungskammer   | Drainagesystem unzureichend<br>Verstopfung der Ableitungen durch die Wände  | Ersatz der Drainageschicht in der Fäkalientrocknungskammer (Kies anstatt Stroh)<br>Zuführung von Asche zum Binden von Feuchtigkeit<br>Schutz der Ableitungsrohre<br>Vertiefung des Verdunstungsbeets |
| Grauwasser unzureichend gereinigt; Überlauf des Vorfilters | Vorfiltration läuft über<br>Verteilung des Zuflusses unzureichend   | Veränderung der Vorfiltration (Stroh statt Kies)<br>Verbesserung der Wasserverteilung  |
| in der Regenzeit Pfützenbildung aus Grau- und Regenwasser  | zu hoher Wasseranfall, keine ausreichende Nutzungsmöglichkeit   | Kiesfilter zur Infiltration mit Bepflanzung (Nutzpflanzen) und Dämpfung der Abflussspitzen   |

Deutlich werden die großen Flüssigkeitsmengen, die in den verschiedenen Kompartimenten anfielen. Regenwassereintritt infolge Undichtigkeiten konnte nach Besichtigung vor Ort ausgeschlossen werden. Die Ursache ist in der großen Menge an Analwaschwasser zu sehen, das zudem noch in die Urintrocknung abfloss bzw. durch die Dränage der Fäkalienkammer nicht abgeführt werden konnte.

Das Pflanzenbeet und der Kiesfilter wurden mit Gamba Grass bepflanzt, wobei bei dem Kiesfilter, die Füllung des Grobfilters gegen ein gröberes Material (Stroh) ausgetauscht wurde. Dieses Stroh hat sehr weiche Halme und muss in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden.

Das Grauwasser wurde in den trockenen Monaten nach Angaben der Mitarbeiter vor Ort von M. Traore für die Bewässerung bzw. Staubbindung genutzt. In den Regenmonaten besteht kein Interesse an einer Nutzung, da Niederschlagswasser in ausreichender Menge vorhanden ist. Daher wurde in der zweiten Präsenzphase ein Kiesfilter neben der Sanitäreanlage gebaut, damit insbesondere in der Regenzeit überschüssiges Grauwasser gespeichert und durch die Bepflanzung (Gamba Grass (Komuruni) als Nutzpflanze, das als Viehfutter Verwendung findet) aufgenommen werden kann; zusätzlich ist eine Nutzung der Anpflanzung beabsichtigt. Ein geringer Anteil des Grauwassers wird versickern, die Durchlässigkeit des Bodens ist allerdings an dieser

Stelle als gering anzusehen. Das Kiesbett wurde an der tiefsten Stelle des Grundstücks gebaut, so dass das in der Regenzeit Oberflächenwasser ebenfalls in Richtung des Kiesbetts entwässert und als Bewässerungswasser genutzt bzw. versickert werden kann. Der Überlauf in den Straßenraum wurde als Notentlastung beibehalten; somit ist bei starken Niederschlägen eine Abflussverzögerung und Dämpfung der Abflussspitze gegeben, die zur Entlastung der Erosionsrinnen bzw. der Gräben zur Niederschlagsableitung beiträgt.

Die Erfahrungen nach der Modifikation der Sanitäranlage müssen zeigen, ob auch in der Regenzeit eine durchgängige Verdunstung der Flüssigkeit aus dem Urin möglich ist. Konstruktiv wurde neben der Nivellierung der Urintrocknungsfläche ein Überlauf in das Versickerungskiesbett als Notentlastung vorgesehen.

Die Maßnahmen wurden während der zweiten Mission begonnen und wurden durch das Personal vor Ort über diesen Zeitraum hinaus weitergeführt. Dieses Personal übernimmt zudem auch die Betreuung und Überwachung in der anfänglichen Betriebszeit der Anlage (s. Annex 17 und Annex 18).

### Standort M. Keita

Während des ersten Betriebs der Anlage von M. Keita zeigten sich sehr schnell Akzeptanzprobleme seitens des Nutzers. Eine Nutzung des gereinigten Grauwassers fand zu keinem Zeitpunkt statt. Die Bepflanzung des Pflanzenbeets und die obere Kiesschicht waren schnell durch spielende Kinder zerstört. Zudem war der Sandfilter des öfteren überstaut, da der Filter an der Oberfläche durch feine Kornanteile verstopfte. Es wurde versucht, durch eine Überdeckung mit grobem Kiesmaterial der Verstopfungsgefahr zu begegnen.

Zudem zeigte M. Keita an dem Betrieb seiner sanitären Anlage deutliches Desinteresse und meldete gegenüber dem Projekt vor Ort Wünsche des weiteren Ausbaus (Türen, elektrisches Licht etc.) an.

Die während des ersten Betriebs aufgetretenen Probleme und deren Ursachen sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Probleme bei dieser Sanitäranlage liegen primär in der fehlenden Akzeptanz des Benutzers und dessen Fehlverhalten. Außerdem wurde wie bei der Sanitäranlage bei M. Traore eine große Flüssigkeitsmenge in der Fäkalienkammer festgestellt.

Tabelle 7-3: Betrieb der Sanitäranlage M. Keita - Probleme, Ursachen und Lösungsvorschläge

| Problem   | Ursache   |
|---|---|
| keine Flüssigkeit in der Urintrocknung                        | unklare Benutzung der Sanitäranlage   |
| große Flüssigkeitsmengen in der Fäkalientrocknungskammer      | Drainagesystem unzureichend<br>Grauwasser- Analwasch-<br>wasser- und Urinableitung in<br>die Fäkalienkammer |
| Grauwasser unzureichend gereinigt;<br>Überlauf des Vorfilters | Vorfiltration verstopft   |

Da für das Projekt vor Ort schnell erkennbar war, dass das wesentliche Interesse des Eigentümers an der Durchsetzung seiner Interessen mit möglichst geringem eigenen Engagement bestand und eine Kooperation mit ihm nicht möglich war, wurde die Toilette in einen dem ursprünglichen vergleichbaren Zustand zurückgebaut.

## 7.3 Planung und Realisierung semizentraler Grauwasserbehandlungsanlagen

### 7.3.1 Grundsatzplanung für straßenbegleitende Grauwasserfilter

Bei kleinen Grundstücken kann eine Behandlung des Grauwassers außerhalb der concession erfolgen. Hierzu wird an die Rückseite der Dusche straßenseitig ein Kiesfilter vorgesehen. Dieser kann bepflanzt werden und somit zur Verbesserung des Straßenbilds beitragen. In Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen kann das Grauwasser direkt unterhalb des Filters versickert werden oder in einen Pflanzstreifen im Straßenraum eingeleitet werden. Es müssen die Möglichkeiten vor Ort geprüft werden und eine Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten erfolgen. Skizzen des Filters sind in Annex 19 dargestellt.

Die Realisation der straßenbegleitenden Grauwasserfilter kann für verschiedene Randbedingungen in Betracht gezogen werden:

- geringes Platzangebot innerhalb des Grundstückes
- Ersatz eines vorhandenen Grauwassersickerschachts (puisard)
- Maßnahme zur Grauwasserbehandlung bei vorhandener funktionsfähigen Sanitäranlage
- Straßenverschönerung und / oder -profilierung

Das Interesse an einer Nutzung des gereinigten Grauwassers wurde bei der ersten Mission mehrfach bei Befragungen geäußert. Grundsätzlich sollte die Nutzung innerhalb der Concession angestrebt werden. Ein Speicher für das gereinigte Grauwasser ist vorzusehen, wobei dessen Dimensionierung abhängig ist von der Höhe des Wasserverbrauchs, der Anzahl der Bewohner und der Nutzung des Grauwassers. Ein Speichervolumen von 1 - 2 Tageswassermengen sollte nicht überschritten werden. Die Nutzung des Grauwassers kann als Brauchwasser für verschiedene Zwecke erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass das Grauwasser einer Reinigung und keiner Hygienisierung unterzogen worden ist. Es sollte daher nicht für Zwecke verwendet werden, die hygienisch einwandfreies Wasser verlangen, wie z.B.: Trink- und Kochwasser, Duschwasser. Die Verwendung als Waschwasser zum Wäschewaschen muß vor Ort geprüft werden.

Als Nutzungsmöglichkeiten für das gereinigte Grauwasser können genannt werden:

- Besprengen des Hofes und der Strasse zur Staubbindung und Verbesserung des Mikroklimas; dies ist bereits in Koulikouro alltägliche Praxis
- Gießwasser für Nutzpflanzen in der Concession  
Zur Zeit bestehen die concessionen aus trockenen Hofflächen, auf die teilweise ein Baum als Schattenspende gepflanzt ist. Anfallendes Grauwasser stünde jetzt zur Bewässerung von Pflanzen zur Verfügung, das im Gegensatz zur augenblicklichen Situation lokal vorhanden ist und nicht über längere Strecken herangeschaft werden muß. Die Akzeptanz für Bepflanzungen auf den Hofflächen innerhalb der concession ist zu prüfen. Ggf. sind die Bewohner im Rahmen der Informationsveranstaltungen zu motivieren, Bepflanzungen anzulegen. Die Wahl der Nutzpflanzen sollte sich an den Wünschen der Bewohner orientieren.
- Überlauf in Rinnenform innerhalb der concession zu vorhandenen Bepflanzungen (Bäume)
- Gießwasser für bestehende Bepflanzung
- Verdünnungswasser bei der Gelbwassernutzung

Besteht kein Interesse oder keine Möglichkeit an der Nutzung des gereinigten Grauwassers sollte es - wo es die Untergrundverhältnisse ermöglichen - lokal versickert werden. Ebenso sollte mit überschüssigem Grauwasser verfahren werden.

Im Rahmen der geplanten Informationsveranstaltung sind die zukünftigen Nutzer über die Qualität und die Quantität des zur Verfügung stehenden Grauwassers und dessen Nutzungsmöglichkeiten zu informieren; hierzu ist die Errichtung einer Demonstrationsanlage anzustreben. Die Grauwasserreinigung kann als deutliche Verbesserung der Lebensqualität dargestellt werden, da neben der Lösung der hygienischen Probleme Nutzwasser in guter Qualität zur Verfügung steht

und somit neue Aktivitäten, die Wasser erfordern - wie z.B. Anlegen eines Nutzgartens zur eigenen Versorgung, Anlegen von Zierpflanzen zur Verbesserung des Wohnumfeldes etc. - möglich werden.

### **7.3.2 Adaptierter Realisierungsvorschlag für den Standort Koulikoro-Bas**

Der Aufbau des straßenbegleitenden Grauwasserfilters kann dem Bericht der Projektphase A entnommen werden. Die verschiedenen besuchten Standorte wurden auch im Hinblick auf die Möglichkeit des Baus eines straßenbegleitenden Sandfilters besichtigt. Für zwei der Standorte in Koulikoro-Ba stünde ausreichend Platz im Straßenraum zur Installation eines solchen Filters zur Verfügung.

Vorab sind aber noch einige technische und administrative Randbedingungen zu beachten. In vielen Fällen ist die Wasserversorgungsleitung im seitlichen Straßenraum in geringem Abstand zur Grenze des Grundstückes (concession) verlegt. Die Positionierung eines Filters in dem Bereich einer Leitungstrasse (Wasser- oder Elektroversorgung) ist zu vermeiden. Zudem müsste die Installation auf öffentlichem Grund erfolgen. Da in der Regel die Straßen eine ausreichende Breite haben, so dass sich zwei Fahrzeuge - auch nach Straßeneinengung durch einen Filter - problemlos begegnen können, spricht aus räumlicher Sicht nichts gegen die Anordnung eines solchen Filters. Hier muss eine administrative Lösung seitens der Stadtverwaltung gefunden werden, die der grundsätzlichen Anordnung eines solchen Bauwerks positiv gegenüber stehen muss. Eine positive Einstellung seitens der Administration hätte eine Öffentlichkeitswirksamkeit, mit der man einen Willen zur Lösung des Grauwasserproblems in Koulikoro zeigen würde. Augenblicklich steht die Stadtverwaltung einer solchen Möglichkeit sehr ablehnend gegenüber.

Die mögliche Anordnung eines solchen straßenbegleitenden Grauwasserfilters ist in Foto 18 skizziert. Das gereinigte Grauwasser kann dann entweder im Straßenraum versickern oder in die vorhandenen Regenwasserableitungsrinnen ablaufen, die das ablaufende Wasser in Richtung Niger transportieren.

## **7.4 Planung und Realisierung semizentraler Fäkalienbehandlungsanlagen**

### **7.4.1 Planung eines Trockenbeetes in Koulikoro**

Für die Behandlung der Fäkalien aus den Gruben bereits bestehender Latrinen, werden semizentrale Trocknungsbeete vorgeschlagen. Als möglichst effizientes Verfahren wird die Lufttrocknung empfohlen, wobei in Abhängigkeit der Jahreszeit zwei unterschiedliche Beete zu bauen sind: Beete, die nur während der Trockenzeit (Verdunstung größer als Niederschlag) und Beete, die während der Regenzeit (Niederschlag größer als Verdunstung) beschickt werden.

#### Trockenzeit

Die Entleerung der Latrinen soll möglichst nach Ende der Regenzeit erfolgen, damit die Effizienz der Schlamm-trocknung gewährleistet ist. Hierfür ist es sinnvoll, ein Leerungsmanagement der Latrinen einzuführen.

Mit der Entleerung der Latrinen kann Ende September/Anfang Oktober begonnen und es sollte spätestens bis Ende April abgeschlossen werden, da im Mai die Niederschläge wieder zunehmen. Am Ende der Trockenzeit werden alle Beete geleert und gesäubert. Die leeren Beete werden geöffnet, so dass das Regenwasser abfließen bzw. versickern kann.

Der Schlamm sollte in einer Lage von ca. 10 cm gleichmäßig in den Trockenbeeten verteilt werden, damit eine schnelle Trocknung erfolgen kann. Ein Auflockern oder Wenden des Schlammes, z.B. manuell mit Rechen, fördert den Trocknungsprozeß. Hierfür sollten die Beete nicht breiter als drei Meter sein.

Die Beschickung erfolgt einmal in zwei Monaten bis zu einer Höhe von 15 cm. Die angenommene minimale Verdunstungsrate erfordert eine Verdunstungszeit von ca. 0,5 Monaten. Aufgrund unterschiedlicher Feststoffgehalte des Schlammes aus den Latrinen wird von einer Trocknungszeit von 1 Monat ausgegangen. Eine anschließende Resttrocknungszeit von 1 Monat soll eine Reduktion der pathogenen Keime bewirken. Nach dieser Zeit ist das Beet zu leeren und der getrocknete Schlamm kann zwischengelagert werden. Die Beschickung der Beete kann in den Monaten Oktober bis April erfolgen, es steht somit eine Beschickungszeit von 7 Monaten zur Verfügung.

### Regenzeit

Da nicht damit gerechnet werden kann, dass bei allen Bewohnern eine rechtzeitige Leerung der Latrinen in der Trockenzeit erreicht werden kann, ist ein Betrieb der Trockenbeete auch während der Regenzeit erforderlich. In der Regenzeit in den Monaten Juni - September ist die Niederschlagsrate höher als die Verdunstungsrate. Die Beete, die während der Regenzeit beschickt werden, müssen den in dieser Zeit nicht verdunsteten Niederschlag aufnehmen, der in der darauffolgenden Trockenzeit verdunstet. Für die in dieser Zeit enleerten Latrinen müssen die Trockenbeete modifiziert werden. Bei einer Beschickung von 15 cm in der Regenzeit muß der nicht verdunstete Regen (ca. 340 mm) gespeichert werden und in der Trockenzeit verdunstet werden. Die Seitenwände der Trockenbeete sind höher auszubilden ( $h = 0,60$  m). Die rechnerische Trocknungszeit verlängert sich auf 3 Monate zzgl. einer Resttrocknungszeit von 1 Monat. In der Regenzeit sind somit nur die erhöhten Beete zu beschicken. Es ist ein Beetvolumen von 30 % des gesamten erforderlichen Trockenvolumens in dieser erhöhten Bauweise auszubilden.

Für die Anwendung des getrockneten Schlammes in der Landwirtschaft sind die Ausführungen unter Kapitel 5.3.1 (s. auch Bericht Phase A Kap. 7) zu beachten. Da trotz Lufttrocknung nicht auszuschließen ist, dass infektiöse Wurmeier überleben, wird eine Zwischenlagerung des getrockneten Schlammes empfohlen. Die erforderliche Lagerzeit ist durch hygienische Untersuchungen vor Ort zu bestimmen.

Es wird weiterhin empfohlen, einen Stufenplan zum Bau der Beete in Abhängigkeit der Gegebenheiten vor Ort zu erarbeiten. So kann mit kleinen Beeten Erfahrungen zur Schlamm-trocknung gesammelt werden und diese bei der Errichtung weiterer Trocknungseinheiten mit einfließen. Weiterhin ist zu prüfen, ob eine Bepflanzung der Schlamm-schicht durch Aussaat die Trocknung des Schlammes bzw. das Produkt verbessert.

Alternativ zu den offenen Beeten wäre eine Überdachung der Trockenbeete - z.B. durch gespannte Folien (ähnlich zu Gewächshäusern) möglich. Diese Lösung würde zwar die Trocknung beschleunigen, macht aber zusätzliche Investitionen erforderlich und führt zu deutlich erhöhten Kosten.

Es wurden Vorversuche mit dem Inhalt der Latrine M. Keita zur semi-zentralen Schlamm-trocknung an dem in Kap. 7.1.2 beschriebenen Standort durchgeführt. In diesem Latrineneinhalt war ein hoher Anteil an Störstoffen (Metall, Kunststoff, Textilien etc.) erkennbar, da seitens des Benutzers aufgrund mangelnder Eigennutzung kein Interesse an einer reinen Sammlung besteht. Der Störstoffanteil des Sanitär-anlageninhalts ist aus dem Foto 17 im Annex ersichtlich.

Der Schlamm wurde in dem vorhandenen Becken gleichmäßig verteilt und in der Trockenzeit getrocknet.

#### **7.4.2 Erfahrungen beim Bau und Betrieb**

Nach der Trocknung erfolgte eine Aussortierung der Störstoffe und der Sanitäranlageninhalt wurde von Diplomanden der IPR als Düngestoff auf den Versuchsfeldern zum Anbau von Hirse (Sorgho) und Baumwolle eingearbeitet. Diese Versuche erfolgten im Rahmen eines Pilotforschungsvorhabens des lokalen Projekts zur Ermittlungen der Düngequalität von Fäkalien, Urin und Kompost. Die getrockneten Fäkalien (Exkremete) wurden auf jeweils 4 Feldern in Kombination mit folgenden anderen Düngestoffen aufgebracht:

Tabelle 7-4: Auszug aus dem Programm zu den Düngeversuchen mit Haushaltsabfällen und menschlichen Exkrementen

| Versuch  | Dünger und Düngegabe  |
|--|---|
|  | <b>Baumwollanpflanzung</b>  |
| 4  | 10 t / ha getrocknete Exkremente  |
| 5  | 200 kg/ha <i>complexe coton au semis</i> +<br>50 kg/ha Harnstoff während des Wachstums                  |
| 6  | 10 t / ha Gemisch aus getrockneten Exkrementen (1 Teil)<br>und unbehandeltem Haushaltsabfall (1 Teil)   |
| 7  | 10 t / ha Gemisch aus getrockneten Exkrementen (1 Teil)<br>und kompostiertem Haushaltsabfall (1 Teil)   |
| 9  | 10 t / ha getrocknete Exkremente traitement 4 + 50 % der<br>Harnstoffgabe aus Versuch 5                 |
|  | <b>Sorgho-Anpflanzung</b>   |
| 4  | 5 t / ha getrocknete Exkremente   |
| 5  | 100 kg/ha <i>complexe céréale au semis</i> +<br>25 kg/ha Harnstoff während des Wachstums                |
| 6  | 5 t / ha Gemisch aus getrockneten Exkrementen (1 Teil) und unbe-<br>handeltem Haushaltsabfall (1 aTeil) |
| 7  | 5 t / ha Gemisch aus getrockneten Exkrementen (1 Teil) und kom-<br>postiertem Haushaltsabfall (1 Teil)  |
| 10   | 5 t / ha getrocknete Exkremente + 50 % der Harnstoffgabe aus<br>Versuch 5                               |
| Anmerkung:<br>Die Versuchsnummern entsprechen den vom lokalen Projekt verwendeten Nummerierung |   |

Die Düngewirkung der getrockneten Exkremente wird u.a. anhand folgender Kriterien beurteilt:

- Anzahl der Pflanzen je Parzelle
- Pflanzenhöhe an verschiedenen Tagen des Wachstums
- Bestimmung der Blattoberfläche an verschiedenen Tagen des Wachstums
- Anzahl und Gewicht der Kapseln/Körner

Das genaue Untersuchungsprogramm, das von den beiden Diplomanden der IPR aufgestellt wurde liegt dem Bericht als Annex 6 bei.

Die Ergebnisse der Untersuchungen stehen zur Zeit noch aus, da die Ernte des Materials erst Ende des Jahres erfolgen wird. Ein Zwischenbericht der Diplomanden der IPR liegt zur Zeit noch nicht vor. Aussagen zur Düngefähigkeit des Materials lassen sich daher nicht treffen. Die während der zweiten Mission besichtigten Hirse (Sorgho)-Anbauflächen (Foto 9) zeigten für die mit Kunstdünger gedüngten Flächen den höchsten Pflanzenstand, den zweithöchsten Pflanzenstand wiesen die mit dem Gemisch aus kompostiertem Haushaltsabfall und getrockneten Exkrementen beaufschlagten Flächen auf.

## 8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von EcoSan-Sanitärsystemen

In Koulikoro wurde im Rahmen der finanziellen Zusammenarbeit in den siebziger Jahren eine zentrale Trinkwasserversorgung installiert, für die aufgrund zusätzlichen Bevölkerungswachstums, mangelnden Wasserdrucks, Defekten am Leitungssystem und an den öffentlichen Zapfstellen seit 1993 eine Erweiterung mit einem Aufwand von ca. 8,5 Mio. DM geplant wurde. Die vorhandene Flußwasserentnahmestelle wird allerdings erst im nächsten Jahr bei Niedrigwasser rehabilitiert werden. Zur Zeit wurden etwa 100 Familien mit neuen Hausanschlüssen versorgt. Nach der Rehabilitation des Versorgungsnetzes (Phase II) werden noch weitere 100 bis 150 Familien einen Hausanschluss bekommen. Der mit dem technischen Ausbau der Wasserversorgung verbundene höhere Wasserverbrauch hat zu einem nochmals erhöhten Abwasseraufkommen geführt, dessen Probleme nunmehr im Rahmen der technischen Zusammenarbeit gelöst werden sollen / müssen. Ziel ist es, den technisch, ökologisch und wirtschaftlich besten Lösungsansatz zu erarbeiten.

Die Wirtschaftlichkeit verschiedener Lösungsansätze wird im folgenden untersucht.

### 8.1 Methode

#### 8.1.1 Gesamtwirtschaftliche und einzelwirtschaftliche Betrachtung

Eine geplante Abwasserentsorgung wird normalerweise sowohl gesamtwirtschaftlich als auch einzelwirtschaftlich betrachtet. Unter die gesamtwirtschaftliche Betrachtung fällt ein Vergleich der Kosten der verschiedenen technischen Lösungsmöglichkeiten und der volkswirtschaftlichen Aspekte, die jedoch oft nicht quantifizierbar sind.

Die verschiedenen - theoretisch möglichen - technischen Lösungsansätze (konventionell, zentral und dezentral, Erläuterung und Darstellung siehe Kapitel 4) werden anhand von Geberinstitutionen erhaltenen Kennzahlen für Investitions- und Betriebskosten miteinander verglichen (s. Kapitel 8.2).

Als volkswirtschaftlicher Nutzen werden die hygienischen Auswirkungen, die Verwertung der Nährstoffe und die Auswirkungen auf den Schutz der Wasserressourcen berücksichtigt.

Der einzelwirtschaftlichen Analyse wird dann die volkswirtschaftlich vorteilhafteste Variante unterzogen (s. Kapitel 8.3).

Die einzelwirtschaftliche Betrachtung besteht normalerweise aus einer Finanzanalyse für den Träger des Entsorgungssystems, die eine Rentabilitätsanalyse (dynamische Gestehungskosten - 'financial internal rate of return') und eine Liquiditätsvorschau ('cash-flow forecast') beinhaltet, sowie einer Betrachtung der Finanzsituation (z. B. 'ability to pay') der Abnehmer (Haushalte).

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine konventionelle zentrale Abwasserentsorgung in armen Entwicklungsländern normalerweise niemals kostendeckend betrieben werden kann. Da die Verlegung eines zentralen Entsorgungssystems in felsigem Untergrund um ein Vielfaches aufwendiger und teurer ist und Koulikoro mit seinen Plateausiedlungen direkt auf den Felsboden gebaut ist, gilt diese Feststellung insbesondere hier.

Da es in Koulikoro keine klassische Trägerstruktur für ein Abwasserentsorgungssystem gibt, macht im Rahmen dieser Untersuchung die übliche einzelwirtschaftliche Rentabilitäts- und Liquiditätsanalyse für den Träger wenig Sinn.

Da der in dieser Studie vorgeschlagene dezentrale Lösungsansatz (EcoSan Anlagen) auf Haushaltsebene betrieben wird und daher ohne klassische Trägerstruktur auskommt, wird der Schwerpunkt der einzelwirtschaftlichen Betrachtung auf eine Finanzanalyse (Einnahmen- / Ausgabenrechnung) für die betroffenen Haushalte / Anlagenbetreiber gelegt, um zu einer Einschätzung der finanzwirtschaftlichen Machbarkeit und damit der Zahlungsfähigkeit ('ability to pay' im weiteren Sinn) der Anlagennutzer und -betreiber zu kommen (s. Kapitel 8.3).

Durch die Einführung der neuartigen EcoSan Anlagen können - im Gegensatz zu den traditionellen Systemen - Einnahmen (Einsparungen an Wasser und Gebühren für Latrineleerung und Ertragsteigerungen in der Landwirtschaft) erwirtschaftet werden. Die Höhe der möglichen Einnahmen / Einsparungen pro durchschnittlichem Haushalt wird ermittelt und den Ausgaben für Bau (Investitionen) und Betrieb einer EcoSan Anlage gegenübergestellt (s. Kapitel 8.3.1.1 und Kapitel 8.3.1.2).

Bei diesem Ansatz ist zu berücksichtigen, dass traditionelle Abwasserentsorgungssysteme bestehen, deren Ausgaben für Investitionen und Betrieb aktuell von den Einwohnern Koulikoros getragen und damit auch finanziert werden können. Daher werden zusätzlich die Mehrausgaben für den Bau einer EcoSan Anlage im Vergleich zu einer traditionellen Anlage ermittelt. Diese Mehrausgabenanalyse erlaubt Aussagen dazu, ob die Haushalte Koulikoros (theoretisch) in der Lage sind, die ihnen entstehenden Mehrkosten durch zusätzlich entstehende Einnahmen / Einsparungen zu decken (s. Kapitel 8.3.1.3)

Es werden zwei unterschiedliche Betreibermodelle untersucht:

- a. Völlig dezentraler Betrieb durch die Haushalte, d. h. Eigennutzung der Nährstoffe bzw. Abgabe der Nährstoffe an Selbstabholer, im folgenden als Modell **‚Eigennutzung / Selbstabholung‘** bezeichnet (s. Kapitel 8.3.1)
- b. Externe Organisation der Abholung und Vermarktung der Nährstoffe z. B. durch ein sog. GIE (Groupement d'Intérêt Economique), im folgenden als Modell **‚Externe Betreiberorganisation‘** bezeichnet (s. Kapitel 8.3.2)

Im einzelnen werden folgende Fragen untersucht:

- Können die Haushalte sich diese Lösung grundsätzlich leisten?
- Besteht ein Subventionsbedarf?
- Kann eine externe Betreiberorganisation wirtschaftlich arbeiten?
- Welche Annahmen müssen erfüllt sein, damit die Aussagen dieser Machbarkeitsbetrachtung belastbar sind?

### 8.1.2 Annahmen für das Modell **‚Eigennutzung / Selbstabholung‘**

In und um Koulikoro wird von einem Großteil der Bevölkerung Landwirtschaft betrieben. Dies lässt eine direkte Verwertung der Nährstoffe durch die Bevölkerung selbst als sinnvolle Betriebsstruktur erscheinen. Die vorgeschlagenen Systeme machen die Leerung der Fäkalkammern / Trockenurinbecken sehr einfach und damit von den Bewohnern / Nutzern selbst durchführbar. Familien, die die Nährstoffe selbst nicht nutzen möchten, können diese womöglich gegen Entgelt an Selbstabholer (benachbarte Landwirte) abgeben.

Unter dezentralen Anlagen werden Einrichtungen verstanden, die pro Grundstück errichtet werden und Eigentum der jeweiligen Familie sind. Bezugsgröße ist immer eine Anlage für einen durchschnittlichen Haushalt bestehend aus 10 Personen (s. Kap. 3.5).

### Einnahmen / Einsparungen

Das Modell Eigennutzung / Selbstabholung führt zu folgenden Einsparungen bzw. Einnahmen:

- Einsparungen an Trinkwasser
- Einsparungen für die Latrinenleerung
- Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft durch Nutzung der Nährstoffe (gilt nur für Haushalte, die Landwirtschaft betreiben)

Die Finanzanalyse untersucht, ob diese zusätzlichen Einnahmen die Ausgaben für die vorgeschlagene Lösung decken und sich somit eine finanzwirtschaftliche Machbarkeit für die Haushalte annehmen lässt.

### Ausgaben

Die Ausgaben eines Haushaltes setzen sich aus Investitionen für den Bau der Anlage und den laufenden Ausgaben für Betrieb und Wartung zusammen.

Eine Kostenschätzung für gesamtem Baukosten einer EcoSan Anlage wurden anhand praktischer Erfahrungen (s. Kapitel 7) ermittelt. Da die spezifischen Bedingungen (Platzangebot, vorhandene Bausubstanz, wirtschaftliche Kapazität und Ansprüche der Bewohner etc.) von Haushalt zu Haushalt in Koulikoro sehr unterschiedlich sind, werden eine Minimal- und eine Maximalvariante betrachtet, um eine realistische Spanne möglicher Investitionsausgaben abzudecken.

Bei der Minimalvariante wird zugrunde gelegt, dass die Bauausführung möglichst einfach gehalten wird (günstigste Materialien und einfacher Sichtschutz, wie Matten o. ä.) und keine größeren Restriktionen in Hinblick auf die Situation vor Ort, wie eingeschränktes Platzangebot innerhalb des Grundstücks und damit einhergehende bauliche Besonderheiten, oder schwierige Untergrundverhältnisse bestehen.

Bei der Maximalvariante wird eine deutliche höherwertige Bauausführung (wie qualitativ hochwertige Materialien, massive Wände, eventuell sogar der Einsatz von Sanitärkeramik - Upgrade der Anlagen) angenommen bzw. auch konstruktive Besonderheiten, die einen erhöhten Investitionsaufwand nach sich ziehen, wie beschränktes Platzangebot und / oder schwierige Untergrundverhältnisse.

Da die Haushalte bereits über (traditionelle) Sanitärsysteme verfügen, die sie selbst gebaut haben und damit auch finanzieren können, werden im Rahmen der vorliegenden Analyse neben den Gesamtausgaben für eine EcoSan Anlage auch nur die durch die Neuerungen gegenüber den traditionellen Anlagen entstehenden Mehrausgaben berücksichtigt.

Die Ausgaben für Investitionen setzen sich aus den jährlichen Abschreibungen und Kapitalkosten zusammen.

Bei dem Modell Eigennutzung / Selbstabholung werden - außer dem für die Wartung benötigtem Material - keine Betriebsausgaben (Lohn und Transportmittel) zugrunde gelegt, da Arbeitszeiten

und Transportkosten, die für die Leerung und den Transport auf die Felder von den überwiegend männlichen Haushaltsmitgliedern aufgebracht werden müssen, aus folgenden Gründen im malischen Kontext vernachlässigt werden können:

- Zeit, die die männlichen und weiblichen Haushaltsmitglieder mit einer selbständigen Tätigkeit (wie z. B. Verkauf eigener Produkte auf dem Markt) verbringen, wird nicht monetär bewertet. Die Arbeiten, die für Betrieb und Wartung der nachhaltigen Sanitärsysteme anfallen, können daher als Dienstleistungen, die im Rahmen kostenloser Hausarbeit sowohl von Männern als auch von Frauen erbracht werden, betrachtet werden.
- Familien, die Landwirtschaft betreiben, verfügen bereits über das vorherrschende Transportmittel (Eselskarren), das sie auch für den Transport von Saatgut und Nährstoffen und das Einbringen der Ernte einsetzen. Minderwertige Nährstoffe werden auch heute schon vor der Aussaat auf die Felder gebracht - es entstehen durch den Betrieb der nachhaltigen Sanitärsysteme daher keine zusätzlichen Transportkosten.

### 8.1.3 Annahmen für das Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘

Neben dem Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ ist die Sammlung und der Transport der gewonnenen Nährstoffe durch eine externe Betreiberorganisation denkbar. Dabei könnte es sich um ein GIE (Erläuterung siehe Kap. 6.4.3) handeln, ähnlich den bereits im Abfallsektor tätigen GIE's in Koulikoro. Inwieweit die Sammlung und der Transport der Nährstoffe durch eine externe Betreiberorganisation sinnvoll und wirtschaftlich ist, hängt allerdings auch stark von Faktoren wie Siedlungsstruktur, Bevölkerungszahl, landwirtschaftlichen Aktivitäten der Haushalte etc. ab und kann sich im städtischen Umfeld vollkommen anders darstellen. Die diesbezüglichen Schlussfolgerungen haben deshalb keine generelle Gültigkeit.

#### Einnahmen

Das Modell externe Betreiberorganisation kann sich über folgende mögliche Einnahmen finanzieren:

- Gebühren für die Sanitäreinrichtungenleerung
- Erlöse aus dem Verkauf der Nährstoffe

In der Finanzanalyse werden den Ausgaben die möglichen Einnahmen für die externe Sammlung und Vermarktung gegenüber stellt.

#### Ausgaben

Verwaltungs- und Overheadkosten sind im Fall einer lokalen GIE vernachlässigbar, da es sich um einen freiwilligen Zusammenschluss arbeitsloser Kleinunternehmer handelt, die für ihre Organisation keinen Verwaltungsapparat benötigen. Im vorliegenden Fall entsteht der externen Betreiberorganisation lediglich ein Investitionsbedarf für Transportmittel mit dazu notwendiger Ausrüstung. Diese Investitionsausgaben werden in spezifische Transportkosten pro km umgerechnet.

Zu den spezifischen Transportkosten pro km (Abschreibungen, Kapitalverzinsung und Unterhalt des Transportmittels) kommen die Lohnkosten für den Zeitaufwand der Arbeiter für Sammlung und Transport hinzu.

## 8.2 Gesamtwirtschaftliche Betrachtung

Das durch die zentrale Trinkwasserversorgung verschärfte Abwasserproblem in Koulikoro stellt aus hygienischer und ökologischer Sicht ein dringendes Problem dar, das gelöst werden muss. Eine Fortschreibung des bisherigen Zustandes ist nicht tolerierbar. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht geht es darum, die im Alternativenvergleich kostengünstigste Lösung zu identifizieren einschließlich der Betrachtung volkswirtschaftlicher Nutzen. Zu konventionellen zentralen Abwasserentsorgungssystemen gibt es dezentrale ökologische Alternativen, die hier betrachtet werden.

### 8.2.1 Kosten

Im folgenden werden die Investitions- und Betriebskosten für mögliche Systemvarianten dargestellt, um einen Vergleich bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit zu ermöglichen. Die anhand von recherchierten Kennzahlen dargestellten Lösungsvarianten für die Abwasserentsorgung in Koulikoro sind in Kapitel 4 beschrieben und auf in Hinblick auf ihre Realisierbarkeit unter den spezifischen lokalen Bedingungen hin bewertet.

Für die Berechnungen und Kostenermittlungen wird im Weiteren von folgenden Kennzahlen für das Gebiet von Koulikoro für den Ist-Zustand und für einen Planungshorizont von 15 Jahren ausgegangen (vergleiche Tabelle 3-1):

|  | Einheit   | IST-Zustand<br>2000 | Planungs-<br>horizont<br>2015 |
|--|-----------|---------------------|-------------------------------|
| Personen   | [E]       | 26.000              | 36.000                        |
| Anzahl Familien  | [Stk.]    | 3.074               | 4.260                         |
| Anzahl der Grundstücke   | [Stk.]    | 2.567               | 3.557                         |
| Verteilung der Einwohner<br>felsiger Untergrund (Plateau)<br>normaler Untergrund | [%]       | 33                  | 40                            |
|  | [%]       | 67                  | 60                            |
| Bewohner je Grundstück   | [E]       | 10                  | 10                            |
|  | [EW]      | 8                   | 8                             |
| durchschnittlicher Wasserverbrauch   | [l/(E*d)] | 50                  | 60                            |
| Durchschnittlicher Wasserverbrauch<br>mit Wasserspültoilette                     | [l/(E*d)] | 80                  | 90                            |

Die Kostenzusammenstellungen für die zentralen Systeme (Schwemmkanal, Condominial-Kanal, Small bore sewers mit Kläranlage bzw. Klärteichen) beruhen auf Kennzahlen pro Einwohner.

Bei den dezentralen Systemen (fosse septique, traditionelle Latrine, VIP Latrine, puisard und alternative nachhaltige Versuchsanlage) wird der Bedarf für eine Anlage pro durchschnittlichem Grundstück als Rechengrundlage angenommen.

Die in Annex 20 und Annex 21 zusammengestellten Kosten für Investitionen und Betrieb der verschiedenen Lösungsvarianten, werden in folgender Tabelle 8-1 gerundet und zusammengefasst dargestellt als Gesamtkosten für Koulikoro unter Berücksichtigung der o. g. Ausgangsannahmen (Aufschlüsselung s. Annex 20 und Annex 21). In der Tabelle werden neben den Investitions- und den Betriebskosten für den Ist-Zustand im Jahr 2000 und dem Planungshorizont 2015 auch die einwohnerspezifischen Kosten aufgeführt.

**Tabelle 8-1: Übersichtliche Kostenzusammenstellung für verschiedene Varianten zur Abwasserentsorgung in Koulikoro**

Angaben in DM (gerundet), Preise 2000, Betrachtung der Gesamtkosten für Koulikoro

| Variante                              | Ist Zustand 2000   |             |  |            | Planungshorizont 2015       |             |  |            |
|---------------------------------------|--|-------------|--|------------|-----------------------------|-------------|--|------------|
|                                       | Investitionen für Koulikoro  |             | Jährliche Betriebskosten für Koulikoro |            | Investitionen für Koulikoro |             | Jährliche Betriebskosten für Koulikoro |            |
|                                       | [DM]   | [DM/E]      | [DM/a]                                 | [DM/(E*a)] | [DM]                        | [DM/E]      | [DM/a]                                 | [DM/(E*a)] |
| <b>1. Zentrale Systeme</b>            |  |             |  |            |                             |             |  |            |
| Schwemmkanal mit Kläranlage           | ca. 41,4 Mio.  | ca. 1.590,- | ca. 266.000,-                          | ca. 10,23  | ca. 62,6 Mio.               | ca. 1.750,- | ca. 441.000,-                          | ca. 12,25  |
| Schwemmkanal mit Klärteich            | ca. 36,7 Mio.  | ca. 1.410,- | ca. 114.000,-                          | ca. 4,38   | ca. 55,8 Mio.               | ca. 1.550,- | ca. 189.000,-                          | ca. 5,25   |
| Condominio-Kanal mit Klärteich        | ca. 31,6 Mio.  | ca. 1.220,- | ca. 76.000,-                           | ca. 2,92   | ca. 48,5 Mio.               | ca. 1.350,- | ca. 126.000,-                          | ca. 3,50   |
| Small-bore sewer System mit Klärteich | ca. 20,1 Mio.  | ca. 770,-   | ca. 167.000,-                          | ca. 6,43   | ca. 29,7 Mio.               | ca. 850,-   | ca. 271.000,-                          | ca. 7,53   |
| <b>2. Dezentrale Systeme</b>          |  |             |  |            |                             |             |  |            |
| Fosses septiques mit Belebungsanlage  | ca. 14,6 Mio.  | ca. 560,-   | ca. 685.000,-                          | ca. 26,33  | ca. 21,1 Mio.               | ca. 590,-   | ca. 1,0 Mio.                           | ca. 28,25  |
| Traditionelle Latrinen mit puisards   | ca. 1,6 Mio.   | ca. 61,-    | ca. 37.000,-                           | ca. 1,42   | ca. 2,3 Mio.                | ca. 64,-    | ca. 51.000,-                           | ca. 1,41   |
| VIP Latrinen mit puisards             | ca. 2,1 Mio.   | ca. 80,-    | ca. 36.000,-                           | ca. 1,38   | ca. 3,0 Mio.                | ca. 83,-    | ca. 50.000,-                           | ca. 1,38   |
| EcoSan-Sanitäranlage                  | ca. 3,6 Mio.   | ca. 140,-   | ca. 13.500,- <sup>a)</sup>             | ca. 0,51   | ca. 5,2 Mio.                | ca. 150,-   | ca. 18.500,- <sup>a)</sup>             | ca. 0,51   |
| EcoSan-Sanitäranlage                  | ca. 3,6 Mio.   | ca. 140,-   | ca. 51.000,- <sup>b)</sup>             | ca. 1,97   | ca. 5,2 Mio.                | ca. 150,-   | ca. 72.000,- <sup>b)</sup>             | ca. 1,96   |
| EcoSan-Sanitäranlage                  | ca. 3,6 Mio.   | ca. 140,-   | ca. 375.000,- <sup>c)</sup>            | ca. 14,32  | ca. 5,2 Mio.                | ca. 150,-   | ca. 520.000,- <sup>c)</sup>            | ca. 14,33  |
| a)                                    | Bei Eigennutzung / Selbstabholung, s. Kapitel 8.3.1  |             |  |            |                             |             |  |            |
| b)                                    | Bei Betreiberorganisation und Verwertung von Trockenstoffen, s. Kapitel 8.3.2.2                            |             |  |            |                             |             |  |            |
| c)                                    | Bei Betreiberorganisation und Verwertung von Flüssigurin, abhängig vom Transportmittel, s. Kapitel 8.3.2.2 |             |  |            |                             |             |  |            |

Mögliche zentrale Lösungsvarianten liegen mit aktuellen Investitionskosten von ca. 20 bis ca. 40 Mio. DM und jährlichen Betriebskosten von ca. 76.000,- bis 266.000,- DM um etwa den Faktor 10 höher als die Kosten für latrinengestützte dezentrale Lösungsvarianten, mit Investitionskosten von ca. 1,6 bis ca. 3,6 Mio. DM und jährlichen Betriebskosten von ca. 13.000,- bis ca. 36.000,- DM (ohne Berücksichtigung der Sammlung von Flüssigurin).

Eine kostenmäßige Mittelstellung hinsichtlich der Investitionen nimmt die Lösungsvariante Fosses septiques mit Belebungsanlagen zur Behandlung ein, dabei sind die Betriebskosten aufgrund der Abfuhr und der Behandlung des Abwassers extrem hoch und stellen keine sinnvolle Variante dar.

Unter den haushaltsbezogenen latrinengestützten dezentralen Lösungsvarianten liegt die alternative Versuchsanlage in den geschätzten Gesamtinvestitionskosten höher als traditionelle oder VIP Latrinen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die traditionellen Latrinen aus hygienischer Sicht keine vertretbare Variante darstellen und im Falle der VIP Latrine nur die Fäkalien ordnungsgemäß behandelt werden, da durch 'puisards' keine ausreichende Behandlung des Grauwassers erreicht wird. Beide Varianten sind zudem nicht geeignet, um eine effiziente und sichere Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft zu gewährleisten (s. Kap. 4).

### 8.2.2 Volkswirtschaftliche Aspekte

Folgende qualitativen Aussagen können in Hinblick auf die volkswirtschaftlichen Aspekte der alternativen dezentralen Systeme (EcoSan Anlagen) gemacht werden

- Die zu erwartenden positiven Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung (Abnahme der auf verunreinigtes Wasser zurückzuführenden Infektionskrankheiten) und die damit einher gehenden Einsparungen beim Gesundheitswesen durch verbesserte Hygiene sind sowohl bei zentralen als auch bei dezentralen Lösungen zu erwarten.
- Das vorgeschlagene dezentrale EcoSan System hat dagegen aufgrund der möglichen hygienisch unbedenklichen Rückführung der Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen in die Landwirtschaft große Vorteile gegenüber einer zentralen Lösung. Die Zunahme der Wertschöpfung auf bäuerlicher Betriebsebene durch höhere Erträge ohne Erhöhung des Betriebsmitteleinsatz für Düngemittel ist, unter der in den vorherigen Kapiteln geschilderten Problemen der lokalen Landwirtschaft, beträchtlich. Dieser volkswirtschaftliche Nutzen begünstigt auch, wie weiter unten erläutert wird, die einzelwirtschaftliche Machbarkeit.
- Das nachhaltige dezentrale System weist darüber hinaus gegenüber einer konventionellen Schwemmkanalisation aus ökologischer Sicht noch folgende Vorzüge auf:
  - Schonung der Wasserressourcen durch Einsparungen beim Wasserverbrauch und dadurch ökologische und ökonomische Vorteile, wie verringerter Energieverbrauch etc.
  - Bodenverbesserungen durch die Bodenstrukturmaterialien in den getrockneten Fäkalien und damit volkswirtschaftliche Nutzen durch langfristige Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft
  - Wertschöpfung für Fäkalien und Urin und damit verbundener besserer Stoffstromtrennung (Bioabfall, Restabfall etc.)
- Die dezentralen Anlagen können - im Gegensatz zu den konventionellen zentralen Systemen - komplett von lokalen Handwerkern gebaut werden. Das würde zumindest in der Bauphase das lokale Handwerk fördern. Der langfristige Einfluss auf die lokale Arbeitsmarktsituation kann im

Moment nicht konkret abgeschätzt werden, da sowohl die konventionellen (Betriebs- und Wartungspersonal) als auch die alternativen Entsorgungssysteme (Betreiberorganisationen) Arbeitsplätze schaffen können.

### 8.2.3 Schlussfolgerungen

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht weist das vorgeschlagene dezentrale EcoSan System gegenüber herkömmlichen zentralen Lösungen eindeutige Vorteile auf. Bei unwesentlich höheren Kosten gegenüber den traditionellen Systemen löst EcoSan gleichermaßen die Abwasserproblematik, beansprucht jedoch erheblich weniger ökonomische Ressourcen als zentrale Systeme und hat erhebliche Nutzenvorteile in Hinblick auf natürlichen Ressourcenverbrauch und Ressourcennutzung (z. B. Landwirtschaft).

Daher wird aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die Lösungsvariante 'dezentrales haushaltsbezogenes EcoSan System' unter den besonderen lokalen Gegebenheiten in Koulikoro favorisiert. Diese Lösungsvariante wird im folgenden einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung unterzogen, um ihre finanzwirtschaftliche Machbarkeit zu untersuchen.

## 8.3 Einzelwirtschaftliche Betrachtung der EcoSan-Sanitärsysteme

In diesem Kapitel wird die für Koulikoro favorisierte Systemvariante (haushaltsbezogene EcoSan-Sanitäranlagen) unter Berücksichtigung der beiden möglichen Betreibermodelle 'Eigennutzung / Selbstabholung' und 'externe Betreibergesellschaft' in Form einer Finanzanalyse (Einnahmen-Ausgabenrechnung für die Haushalte) untersucht.

Durch die Einführung von EcoSan Systemen entstehen den Haushalten Einnahmen / Einsparungen, die sie bei den traditionellen Systemen nicht haben. Um zu Aussagen bezüglich der finanzwirtschaftlichen Machbarkeit der EcoSan Anlagen zu kommen, werden zunächst die Gesamtausgaben für den Bau und Betrieb von EcoSan Anlagen diesen Einnahmen gegenübergestellt.

Zusätzlich wird eine Mehrausgabenanalyse durchgeführt, die nur die Mehrausgaben für EcoSan Anlagen im Vergleich zu den bereits existierenden traditionellen Anlagen zugrunde legt. Dieser Ansatz erlaubt Aussagen dazu, ob die Einwohner Koulikoros die ihnen durch die neuartigen EcoSan Anlagen entstehenden Mehrausgaben tragen, d. h. durch die Ihnen dadurch entstehenden Einnahmen / Einsparungen abdecken können.

Der Vergleich entstehender Mehrausgaben und den direkt daraus resultierenden zukünftigen Einnahmen / Einsparungen kann als erweiterte 'ability to pay' Analyse betrachtet werden, die Aussagen zur finanzwirtschaftlichen Machbarkeit, d. h. der Zahlungsfähigkeit der Anlagenbetreiber bzw. -nutzer und damit zu einer langfristig erfolgreichen Umsetzbarkeit des vorgeschlagenen Systems erlaubt.

### 8.3.1 Modell Eigennutzung / Selbstabholung

Da der Großteil der Bevölkerung Koulikoros Landwirtschaft betreibt, ist das Modell Eigennutzung der gewonnenen Nährstoffe bzw. Abgabe an Selbstabholer (benachbarte Landwirte) - wie oben beschrieben - eine realistische Variante. Im folgenden werden die möglichen Einnahmen / Einsparungen durch die EcoSan-Anlagen den Ausgaben für Investitionen und Betrieb gegenübergestellt.

### 8.3.1.1 Einnahmen / Einsparungen

#### a. Einsparungen für Trinkwasser

Durch Gewinnung gereinigten Grauwassers, können in der Trockenzeit (Mitte Oktober bis Mitte Mai) nach konservativen Schätzungen (die wirkliche Menge hängt in hohem Maße von der Qualität des gefilterten Grauwassers ab, die erst noch im Praxisversuch getestet werden muss), je nach ursprünglichem Wasserverbrauch einer Familie ca.  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  des Verbrauches an Trinkwasser durch Verwendung gereinigten Grauwassers zur Staubbekämpfung auf den Höfen, zum Wäschewaschen und zur allgemeinen Reinigung und eingespart werden. In der Regenzeit (Mitte Mai bis Mitte Oktober) entfällt dieses Einsparpotential. Da die Zahlen für den individuellen Wasserverbrauch pro Familie, wie bereits in Bericht zu Phase A beschrieben, stark schwanken, werden zwei Szenarien zugrunde gelegt:

- Eigener Hausanschluss mit einem Verbrauch von 60 l / Tag \* Person  
=> 600 l / Tag => 18 m<sup>3</sup> / Monat \* Durchschnittsfamilie
- Öffentliche Zapfstelle mit einem Verbrauch von 20 l / Tag \* Person  
=> 200 l / Tag => 6 m<sup>3</sup> / Monat \* Durchschnittsfamilie

Für eine Abnahme von bis zu 20 m<sup>3</sup> pro Monat werden von der EDM (Energie du Mali) 126 FCFA / m<sup>3</sup> zuzüglich 18 % Mehrwertsteuer (149 FCFA / m<sup>3</sup>). Hinzu kommen monatlich 2.249 FCFA Zählergebühr zzgl. 18 % Mehrwertsteuer, die unabhängig von der verbrauchten Wassermenge ist und sich daher nicht auf das Einsparpotential auswirkt. Das Wasser an den öffentliche Zapfstellen kostet 500 FCFA / m<sup>3</sup>.

Bei eigenem Hausanschluss und damit höherem Wasserverbrauch wird ein Einsparpotential von ca.  $\frac{1}{3}$  für 7 Monate im Jahr angenommen. Ein durchschnittlich 10köpfiger Haushalt könnte in diesem Fall 6.300 FCFA (= DM 22,-) im Jahr an Wasserkosten sparen.

Bei der Versorgung über eine öffentliche Zapfstelle und damit einem deutlich geringeren Wasserverbrauch wird ein Einsparpotential von ca.  $\frac{1}{4}$  für 7 Monate pro Jahr angenommen. Ein durchschnittlicher 10köpfiger Haushalt könnte in diesem Fall 5.200 FCFA (= DM 18,-) im Jahr an Wasserkosten sparen.

#### b. Einsparungen Gebühren für die Sanitäranlagenleerung

Nach Angaben des lokalen Projektes betragen die Kosten für die Leerung einer konventionellen Sanitäranlage zur Zeit ca. 12.000 FCFA (= DM 42,-). Diese Sanitäranlagen werden im Durchschnitt alle drei Jahre geleert, woraus sich eine jährliche Belastung von ca. 4.000 FCFA (= DM 14,-) / Haushalt ergibt, die im Fall der alternativen Sanitäreinrichtung komplett entfallen würde. Das System ist so konstruiert, dass die Nutzer die getrockneten Fäkalien ohne Probleme und Gesundheitsgefährdung selbst entnehmen können bzw. dies Nachbarn mit Selbstnutzung überlassen können.

#### c. Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft

Ertragssteigerungen durch den Einsatz der gewonnenen Nährstoffe in der Landwirtschaft kommen nur den Landwirten unter den Eigennutzern, also den Haushalten, die die Nährstoffe direkt auf ihre eigenen Felder bringen, unmittelbar zu Gute.

Ein 10köpfiger Haushalt mit durchschnittlicher Kinderzahl produziert pro Jahr Nährstoffe, die durchschnittlich 0,38 ha (0,32 bis 0,44 ha) Getreidekulturen mit ausreichend Nährstoffen versorgen können (s. Kap. 5.4.2). Sie könnte daher ihre aktuellen durchschnittlichen Erträge von ca. 850 kg / ha für Mil und ca. 950 kg / ha für Sorgho - nach Angaben des OHVN - um durchschnittlich 37,5 % (30 - 45 %) steigern. Die mögliche Ertragssteigerung hängt neben der Nährstoffzufuhr wesentlich von den klimatischen Verhältnissen, d. h. in erster Linie dem Zeitpunkt und der Ertragsfähigkeit der jährlichen Regenfälle ab.

Für diese Getreide können nach Angaben des lokalen Projektes folgende saisonabhängige Preise erzielt werden:

Tabelle 8-2: Erlöse für Getreide

| Erlöse / Preise<br>in FCFA pro kg | Zeitpunkt des Verkaufes |       |      |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|------|
|                                   | Januar                  | April | Juli |
| <b>Sorgho</b>                     | 70                      | 100   | 140  |
| <b>Mil</b>                        | 60                      | 90    | 130  |

Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Erlös von 105 FCFA / kg für Sorgho und 95 FCFA / kg für Mil.

Wenn diese Durchschnittszahlen zugrunde gelegt werden, ergeben sich für in der Landwirtschaft tätige Haushalte, zusätzliche Einnahmemöglichkeiten von 11.500 FCFA (= DM 40,-) / Jahr (Mil) bis 14.200 FCFA (= DM 50,-) / Jahr (Sorgho).

Diese Erlöse aus Ertragssteigerungen kommen allen Getreide anbauenden Haushalten direkt zugute. Die Haushalte, die ihre Nährstoffe an Selbstabholer (Nachbarn) abgeben, können von der möglichen Ertragssteigerung nur profitieren, wenn sie ein Entgelt für die Abholung verlangen. Inwieweit das unter den aktuellen Bedingungen realistisch ist, kann momentan nicht eingeschätzt werden, da noch keine praktischen Erfahrungen zu Akzeptanz und Wirksamkeit der getrockneten Nährstoffe vorliegen.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird daher konservativ angenommen, dass zunächst kein Entgelt für abgeholte Nährstoffe von Privathaushalten erhoben wird und diese dann ihre Investitionen lediglich durch Wassereinsparungen und die Einsparungen für die Sanitäranlagenleerung gegen finanzieren können.

Die möglichen jährlichen Einnahmen / Einsparungen pro Haushalt sind in folgender zusammengefasst.

Tabelle 8-3: Einnahmen / Einsparungen pro Haushalt und Jahr - Modell Eigennutzung / Selbstabholung  
in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt mit 10 Personen

| Einnahmen / Einsparungen:   |                            | Erläuterungen / Annahmen                                    |
|---|----------------------------|---|
| <b>a. Einsparungen an Trinkwasser</b>                                       |                            |   |
| Eigener Hausanschluss (1/3 Einsparung)                                      | 6,3                        | 42 m <sup>3</sup> / 7 Monate (149 FCFA / m <sup>3</sup> )   |
| Öffentliche Zapfstelle (1/4 Einsparung)                                     | 5,2                        | 10,5 m <sup>3</sup> / 7 Monate (500 FCFA / m <sup>3</sup> ) |
| <b>b. Einsparungen für Sanitäreanlagenleerung</b>                           |                            |   |
| Leerung   | 4,0                        | 12.000 FCFA / Sanitäreanlage alle drei Jahre                |
| <b>c. Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft</b>                         |                            |   |
| Anbau von Sorgho  | 14,2                       | 37,5 % Steigerung, 0,38 ha, 105 FCFA/kg                     |
| Anbau von Mil   | 11,5                       | 37,5 % Steigerung, 0,38 ha, 95 FCFA/kg                      |
| <b>Summe der Einnahmen / Einsparungen für Landwirte</b>                     |                            |   |
| Ungünstigere Bedingungen  | <b>20,7</b><br>(= DM 76,-) | öffentl. Zapfstelle, Anbau von Mil                          |
| Günstigere Bedingungen  | <b>24,5</b><br>(= DM 86,-) | Hausanschluss, Anbau von Sorgho                             |
| <b>Summe der Einnahmen / Einsparungen für Haushalte ohne Landwirtschaft</b> |                            |   |
| Ungünstigere Bedingungen  | <b>9,2</b><br>(= DM 32,-)  | öffentliche Zapfstelle                                      |
| Günstigere Bedingungen  | <b>10,3</b><br>(= DM 36,-) | Hausanschluss   |

### 8.3.1.2 Ausgaben

#### a. Investitionen

Wie bereits oben ausgeführt, werden für den Fall der dezentralen Anlagen zwei mögliche Varianten, eine Minimal - und eine Maximalvariante (s. Kap. 8.1.2) betrachtet. Für die Minimalvariante werden Gesamtbaukosten in Höhe von 300.000 FCFA und für die Maximalvariante von 600.000 FCFA angenommen (s. Annex 21). Es besteht hier ein erhebliches Kosteneinsparpotential, wenn teilstandardisierte und vorgefertigte Bauteile eingesetzt werden. Dieses Potential ist zur Zeit nicht quantifizierbar und soll durch das lokale TZ-Projekt ermittelt werden (s. Annex 7)

Die Größenordnung der für die beiden Varianten zugrunde gelegten Investitionen wurde aufgrund lokaler Auskünfte ermittelt und dann in Hinblick auf tatsächliche Material- und Arbeitskosten in der Praxis überprüft. Die genaue Kostenermittlung entspricht der ursprünglichen Kostenschätzung (Bericht Phase A); die Praxiserfahrungen mit dem Bau der beiden EcoSan-Versuchsanlagen sind ausführlich in Kapitel 4.4 dargestellt.

Wie hoch die realen Ausgaben für einen Haushalt in diesem Bereich zwischen Minimal- und Maximalvariante tatsächlich sein werden, muss im Einzelfall nach einer Besichtigung und Begutachtung vor Ort bestimmt werden.

Für die Ausgaben, die einer Familie durch die zusätzlichen Anlagenteile und Geräte für Wartung und Betrieb entstehen, wird eine Abschreibung für die Anlagenteile über 30 Jahre (Lebensdauer der Anlage), für die Geräte von 10 Jahren angenommen.

Die Kapitalkosten werden für zwei unterschiedliche Szenarien wie folgt angenommen:

1. Der Haushalt verfügt über das notwendige Kapital = 4 % (aktueller Guthabenzins in Mali)
2. Der Haushalt muss einen Kredit in voller Höhe aufnehmen = 12 % (aktueller Kreditzins in Mali)

Eine Zusammenstellung der Investitionsausgaben, in die Anschaffungskosten der für Wartung und Betrieb notwendigen Geräte (Rechen, Schaufel, Eimer, Spachtel) mit einbezogen wurden, und der sich daraus ergebenden jährlichen Belastung pro Anlage ist folgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 8-4: Jährliche Gesamtausgaben für Investitionen pro Haushalt - Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ für die Minimal- und die Maximalvariante<sup>5</sup>

Angaben in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt mit 10 Personen

| Investitionen                               | Minimal-variante              | Maximal-variante              | Erläuterungen / Annahmen          |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Bau nachhaltiges Sanitärsystem              | 300,0                         | 600,0                         |                                   |
| Geräte zu Betrieb und Wartung               | + 10,0                        | + 10,0                        | Rechen, Schaufel, Spachtel, Eimer |
| <b>Ausgaben</b>                             | <b>310,0</b><br>(= DM 1000,-) | <b>610,0</b><br>(= DM 2130,-) |                                   |
| <b>Jährliche Ausgaben für Investitionen</b> |                               |                               |                                   |
| Abschreibung pro Jahr für Anlagenteile      | 10,3                          | 20,3                          | 30 Jahre Lebenszeit               |
| Abschreibung pro Jahr für Geräte            | 1,0                           | 1,0                           | 10 Jahre Lebenszeit               |
| <b>1. bei 4 % Kapitalkosten</b>             |                               |                               |                                   |
|   | 12,4                          | 24,4                          | 4 % Guthabenzinsen                |
| Summe der Ausgaben / Jahr                   | <b>23,7</b><br>(= DM 83,-)    | <b>45,7</b><br>(= DM 160,-)   |                                   |
| <b>2. bei 12 % Kapitalkosten</b>            |                               |                               |                                   |
|   | 37,2                          | 73,2                          | 12 % Kreditzinsen                 |
| Summe der Ausgaben / Jahr                   | <b>48,5</b><br>(= DM 170,-)   | <b>94,5</b><br>(= DM 330,-)   |                                   |

## b. Ausgaben für Betrieb und Wartung

Der Betrieb der Anlagen beinhaltet vor allem die Sammlung / Entnahme der Nährstoffe und ihren Transport auf die Felder. Folgende Nährstofffraktionen können entstehen und genutzt werden:

- **Getrocknete Fäkalien**  
Die Leerung des Sammelbeckens erfolgt einmal pro Jahr, bevorzugt zu Beginn der Regenzeit, vor der Aussaat, da die Bodenverbesserungsmittel zu diesem Zeitpunkt benötigt werden. Falls eine Leerung zu diesem Zeitpunkt nicht koordiniert werden kann, können die getrockneten Fäkalien am Rand der Felder zwischengelagert bzw. direkt in den Boden eingearbeitet werden.
- **Getrockneter Urin**  
Die Trocknung von Urin wird gegenüber einer Flüssigsammlung wie in Kap. 4.4, Kap. 4.5.2 und Kap. 5.3 beschrieben aus mehreren Gründen (Hygiene, Lagerungsfähigkeit, geringe Transportkosten) favorisiert. Nach theoretischen Berechnungen müsste die Trocknung funktionieren, aber da unter den lokalen klimatischen Bedingungen noch keinerlei praktische Er-

<sup>5</sup> Die Angaben in DM sind auf- bzw. abgerundet angegeben (100 FCFA = 0,35 DM, ca. 0,18 €)

fahrungen vorliegen, müssen Annahmen getroffen werden. Die Volumina an Trocken-substanz (ca. 70 – 80 kg pro Jahr und Haushalt - genaue Mengen können erst im Praxisversuch ermittelt werden) werden ca. einmal pro Monat entnommen. Sie werden bei der Anlage / auf dem Grundstück des Haushalts in einem geschlossenen Gefäß zwischengelagert und zusammen mit den getrockneten Fäkalien einmal pro Jahr auf die Felder verbracht.

- Flüssigurin  
Falls die Trocknung des Urin nicht wie vorgesehen funktioniert, wird die Verwertung von Flüssigurin in Betracht gezogen. Die Sammlung würde dann in Plastikcontainern erfolgen, die ca. einmal pro Woche und Haushalt entleert werden müssten (s. Kap. 4.5.2.1). Dies würde beim Modell Eigennutzung / Selbstabholung zusätzliche Investitionsausgaben (für Pumpe / Saugvorrichtung / Transportcontainer) erfordern, außerdem wäre der wöchentliche Transport für einen Einzelhaushalt schwierig zu gewährleisten. Die Wirtschaftlichkeit der Verwertung von Flüssigurin wird daher nicht für die Einzelhaushalte, sondern lediglich für das externe Betreibermodell betrachtet.

Folgende Wartungsarbeiten an den Anlagen sind voraussichtlich regelmäßig auszuführen:

- Kiesfilter zur Grauwasserreinigung:  
Der Wartungsaufwand für den Grauwasserfilter ist derzeit schwierig abzuschätzen, da noch keine Erfahrungen bzw. gesicherten Erkenntnisse aus dem Betrieb vorliegen. Es wird angenommen, dass die Filteroberfläche mit ihrer Bepflanzung regelmäßig (etwa einmal pro Monat) auf eventuelle Ablagerungen, Verstopfungen etc. kontrolliert und falls nötig ersetzt werden sollte.  
Ein Kompletttausch des Kiesel im Grauwasserfilterbecken sollte voraussichtlich (es liegen noch keine Erfahrungswerte vor) alle fünf Jahre erfolgen. Die Kosten für eine Füllung (ca. 1 m<sup>3</sup> Kies / Sand einer definierten Porengröße) liegen bei 7.500 FCFA (= DM 26,-). Kies kann direkt vor Ort durch Siebung von Nigersand / -kies gewonnen werden. Ausgetauschter Kies kann wieder ins Flussbett zurückgeführt werden oder als Baumaterial genutzt werden, da er lediglich durch organisches nicht toxisches Material (Biofilm, der sich durch die Grauwasserreinigung gebildet hat) belastet ist.
- Fäkalienkammern:  
Die in Gebrauch befindliche Fäkalienkammer sollte zumindest anfänglich (bis erste gesicherte Erfahrungen vorliegen) regelmäßig (1 x im Monat) kontrolliert werden und der sich bildende Fäkalienhaufen (unter dem Loch) gegebenenfalls mit Hilfe eines Rechens verteilt werden.

Diese einfachen Wartungsarbeiten können nach vorheriger Einweisung vom Familienvorstand oder dem ältesten Sohn übernommen werden. Es werden dafür daher nur die Ausgaben für Material (Kies / Sand) veranschlagt und kein zeitlicher Arbeitsaufwand berechnet, da diese Arbeiten im Lauf der normalen Haushaltsroutine mit erledigt werden können. Die zu Wartung und Betrieb notwendigen Geräte (Schaufel, Rechen, Eimer, Spachtel) sind bereits in den Investitionsausgaben berücksichtigt.

Als Ausgaben für Wartung fallen im Rahmen des Modells Eigennutzung / Selbstabholung jährlich 1.500 FCFA an (7.500 FCFA pro fünf Jahre für Austausch des Kiesel im Grauwasserfilter). Die folgende Tabelle gibt die Gesamtausgaben für das untersuchte Modell wieder.

Tabelle 8-5: Summe der Gesamtausgaben pro Haushalt - Modell Eigennutzung / Selbstabholung  
Angaben in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt  
mit 10 Personen

| <b>Ausgaben für Investitionen und Wartung:</b>            |                             |                             |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
|   | <b>Minimalvariante:</b>     | <b>Maximalvariante:</b>     |
| 1. 4 % Kapitalkosten                                      | <b>25,2</b><br>(= DM 88,-)  | <b>47,2</b><br>(= DM 165,-) |
| 2. 12 % Kapitalkosten                                     | <b>50,0</b><br>(= DM 175,-) | <b>96,0</b><br>(= DM 336,-) |
| Jeweils inklusive 1.500 FCFA (= DM 5,-) pro Jahr für Kies |                             |                             |

### 8.3.1.3 Mehrausgabenanalyse

Da die Einwohner Koulikoros aktuell in der Lage sind die Ausgaben (aus Investitionen und Betrieb) für ihre traditionellen Entsorgungssysteme zu tragen, wird im Rahmen dieser Mehrausgabenanalyse untersucht, inwieweit die durch den Bau von EcoSan Anlagen entstehenden Mehrkosten durch die zusätzlich entstehenden Einnahmen / Einsparungen gedeckt werden können. Die Art der Betrachtung erlaubt eine realistische Abschätzung der finanzwirtschaftlichen Machbarkeit der EcoSan Systeme für den Einzelhaushalt.

Nach Angaben des lokalen Projektes liegen die Baukosten für eine traditionelle Sanitäranlage bei 93.000 - 130.000 FCFA (Mittelwert: 110.000 FCFA). Hinzu kommen die Kosten für den Bau einer Abwassersickergrube (puisard), die bei sandigem Untergrund mit 45.000 FCFA und bei felsigem Untergrund mit 120.000 FCFA veranschlagt werden. Die Gesamtkosten für den Bau einer traditionellen Anlage liegen daher bei ca. 155.000 FCFA (bei sandigem Untergrund) bis 230.000 FCFA (bei felsigem Untergrund).

Bei der Mehrausgabenanalyse für die Minimalvariante (sandiger Untergrund, günstige Materialien, einfachste Ausführung) werden daher als Anteil für den Bau einer traditionellen Sanitäranlage 150.000 FCFA (= ca. DM 525,-) angenommen.

Im Fall der Maximalvariante wird, neben felsigem Untergrund, angenommen, dass ein Haushalt, der eine Maximalvariante möchte, auch für eine traditionelle Sanitäranlage mehr (250.000 FCFA = ca. DM 875,-) für bessere Materialien und eine aufwendigere Bauausführung investieren würde.

Die Ergebnisse der Mehrausgabenanalyse sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 8-6: Jährliche MehrAusgaben für Investitionen pro Haushalt - Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ für die Minimal- und die Maximalvariante<sup>6</sup>  
Angaben in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt mit 10 Personen

| Investitionen                               | Minimal-<br>variante         | Maximal-<br>variante          | Erläuterungen / Annahmen          |
|---|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Bau nachhaltiges Sanitärsystem              | 300,0                        | 600,0                         |                                   |
| Bau traditionelle Sanitäranlage             | - 150,0                      | - 250,0                       |                                   |
| Geräte zu Betrieb und Wartung               | ++ 10,0                      | + - 10,0                      | Rechen, Schaufel, Spachtel, Eimer |
| <b>Mehrausgaben</b>                         | <b>160,0</b><br>(= DM 560,-) | <b>360,0</b><br>(= DM 1260,-) |                                   |
| <b>Jährliche Ausgaben für Investitionen</b> |                              |                               |                                   |
| Abschreibung pro Jahr für Anlagenteile      | 5,0                          | 11,7                          | 30 Jahre Lebenszeit               |
| Abschreibung pro Jahr für Geräte            | 1,0                          | 1,0                           | 10 Jahre Lebenszeit               |
| <b>1. bei 4 % Kapitalkosten</b>             |                              |                               |                                   |
|   | 6,4                          | 14,4                          | 4 % Guthabenzinsen                |
| Summe der Ausgaben / Jahr                   | <b>12,4</b><br>(= DM 43,-)   | <b>27,1</b><br>(= DM 95,-)    |                                   |
| <b>2. bei 12 % Kapitalkosten</b>            |                              |                               |                                   |
|   | 19,2                         | 43,2                          | 12 % Kreditzinsen                 |
| Summe der Ausgaben / Jahr                   | <b>25,2</b><br>(= DM 88,-)   | <b>55,9</b><br>(= DM 195,-)   |                                   |

An den Ausgaben für Betrieb und Wartung ändert sich gegenüber der Gesamtausgabenbetrachtung nichts. Als Summe für die Mehrausgaben eines Haushaltes durch den Bau und Betrieb einer EcoSan Anlage ergibt sich daher folgendes:

<sup>6</sup> Die Angaben in DM sind auf- bzw. abgerundet angegeben (100 FCFA = 0,35 DM, ca. 0,18 €)

Tabelle 8-7: Summe der Mehrausgaben pro Haushalt - Modell Eigennutzung / Selbstabholung  
Angaben in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt  
mit 10 Personen

| <b>Ausgaben für Investitionen und Wartung:</b>            |                            |                             |
|---|----------------------------|-----------------------------|
|   | <b>Minimalvariante:</b>    | <b>Maximalvariante:</b>     |
| 1. 4 % Kapitalkosten                                      | <b>13,9</b><br>(= DM 48,-) | <b>28,6</b><br>(= DM 100,-) |
| 2. 12 % Kapitalkosten                                     | <b>26,7</b><br>(= DM 93,-) | <b>57,4</b><br>(= DM 200,-) |
| Jeweils inklusive 1.500 FCFA (= DM 5,-) pro Jahr für Kies |                            |                             |

#### 8.3.1.4 Schlussfolgerungen

Im folgenden werden die Gesamt- und die Mehrausgaben für den Bau und Betrieb von EcoSan Anlagen zusammengestellt. Dabei sind noch keinerlei externe Unterstützung, wie finanzielle Beihilfen z. B. durch internationale Geberinstitutionen bzw. den malischen Staat enthalten.

Die Gegenüberstellung der Gesamtausgaben und der möglichen Einnahmen / Einsparungen für den Bau und Betrieb einer EcoSan Anlage pro durchschnittlichen Haushalt ist in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 8-8: Gegenüberstellung der Gesamtausgaben und Einnahmen / Einsparungen pro Haushalt und Jahr  
in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt mit 10 Personen

| <b>Gesamtausgaben pro Jahr</b>      |             | <b>Einnahmen / Einsparungen pro Jahr</b> |                    |
|-------------------------------------|-------------|--|--------------------|
| Minimalvariante, 4 % Kapitalkosten  | <b>25,2</b> | Nicht - Landwirte                        | <b>9,2 - 10,3</b>  |
| Minimalvariante, 12 % Kapitalkosten | <b>50,0</b> |  |                    |
| Maximalvariante, 4 % Kapitalkosten  | <b>47,2</b> | Landwirte                                | <b>20,7 - 24,5</b> |
| Maximalvariante, 12 % Kapitalkosten | <b>96,0</b> |  |                    |

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass die jährlichen Gesamtausgaben eines Haushaltes für den Bau und Betrieb einer EcoSan Anlage nicht durch die entstehenden Einnahmen gedeckt werden können.

Die Betrachtung der Gesamtausgaben stellt allerdings nur einen Aspekt der einzelwirtschaftlichen Machbarkeit dar und erlaubt keine Aussagen zur tatsächlichen finanzwirtschaftlichen Situation der Haushalte.

Im Rahmen der Mehrausgabenanalyse wurde daher untersucht, ob die Haushalte die durch EcoSan Anlagen entstehenden Mehrausgaben durch die ebenfalls entstehenden zusätzlichen

Einnahmen decken können. Diese Mehrausgabenanalyse basiert auf der Annahme, dass die Einwohner aktuell in der Lage sind die Ausgaben für ihre traditionellen Systeme zu tragen.

Die Ergebnisse der Mehrausgabenanalyse sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 8-9: Gegenüberstellung der Mehrausgaben und der zusätzlichen Einnahmen /  
Einsparungen pro Haushalt und Jahr  
in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und durchschnittlichem Haushalt mit 10 Personen

| Mehrausgaben pro Jahr               |             | Einnahmen / Einsparungen pro Jahr |                    |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------------|--------------------|
| Minimalvariante, 4 % Kapitalkosten  | <b>12,4</b> | Nicht - Landwirte                 | <b>9,2 - 10,3</b>  |
| Minimalvariante, 12 % Kapitalkosten | <b>25,2</b> |                                   |                    |
|                                     |             |                                   |                    |
| Maximalvariante, 4 % Kapitalkosten  | <b>27,1</b> | Landwirte                         | <b>20,7 - 24,5</b> |
| Maximalvariante, 12 % Kapitalkosten | <b>55,9</b> |                                   |                    |

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich, dass der Bau und Betrieb einer dezentralen Sanitäreinrichtung unter folgenden Bedingungen finanzwirtschaftlich machbar ist. Diese Feststellung ist allerdings unabhängig von der Frage, ob die Haushalte auch bereit sind, die Mehrausgaben zu tragen (s.u.).

- Für Haushalte ohne eigene Landwirtschaft ist selbst die Minimalvariante - auf der Grundlage dieser einzelwirtschaftlichen Betrachtung - nicht finanzwirtschaftlich machbar, da den jährliche Ausgabe von mindestens 12.400 FCFA (= DM 43,-), Einnahmen von maximal 10.300 FCFA (= DM 36,-) gegenüberstehen.
- Für Haushalte mit eigener Landwirtschaft ist die Minimalvariante unter günstigen Bedingungen (Hausanschluss, Anbau von Sorgho) grundsätzlich finanzwirtschaftlich machbar. Selbst wenn für den Bau ein Kredit zu marktüblichen Bedingungen aufgenommen werden muss, stehen den jährlichen Ausgaben in Höhe von 25.200 FCFA (= DM 88,-) geringfügig höhere Einnahmen von 24.500 FCFA (= DM 86,-) gegenüber.
- Die Maximalvariante ist für Landwirte selbst unter günstigen Annahmen finanzwirtschaftlich nicht machbar, da den jährlichen Ausgaben von 27.100 (= DM 95,-) bis 55.900 FCFA (= DM 195,-), maximale Einnahmen von 24.500 FCFA (= DM 86,-) gegenüberstehen.

Diese konservativen Annahmen beruhenden Schätzungen zeigen, dass die Mehrausgaben für das vorgeschlagene dezentrale Sanitärsystem unter bestimmten Bedingungen - in Hinblick auf die Zahlungsfähigkeit der Nutzer / Betreiber - finanzwirtschaftlich machbar sein können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Mehrausgaben für das vorgeschlagene EcoSan System (Modell Eigennutzung / Selbstabholung) höchstwahrscheinlich für einen beträchtlichen Teil der Haushalte in Koulikoro - ohne externe Unterstützung - grundsätzlich finanzwirtschaftlich machbar sind, nämlich vor allem für die Haushalte, die eigene Landwirtschaft betreiben. Wie hoch dieser Anteil ist, lässt sich aufgrund der aktuellen Datenlage nicht eindeutig bestimmen.

Bei dieser Betrachtung muss berücksichtigt werden, dass konventionelle Abwasserentsorgungssysteme in der Regel nicht nach einzelwirtschaftlichen Kriterien beurteilt werden, sondern in

Entwicklungsländern im Regelfall im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit oder aus dem Staatshaushalt finanziert werden.

Daraus folgt, dass - auch wenn für einen Teil der Haushalte eine mittelfristige finanzwirtschaftliche Machbarkeit gegeben ist - zur flächendeckenden Versorgung von Koulikoro mit EcoSan Anlagen externe finanzielle Beihilfen nötig sind, wie zinslose Darlehen, Zinssubventionen oder Baukostenzuschüsse.

Die wichtigste Position in den jährlichen Gesamtkosten stellt der Preis des Geldes - die Kapitalkosten - dar. Die Gewährung eines zinslosen Darlehens z. B. durch eine internationale Geberorganisation würde diese Kapitalkosten für den Einzelhaushalt auf 0 % reduzieren. Für die jährlichen Gesamtausgaben des Haushaltes ergibt sich dann folgendes:

- Minimalvariante: 11.300,- FCFA
- Maximalvariante: 21.300,- FCFA

und für die Mehrausgaben:

- Minimalvariante: 6.000,- FCFA
- Maximalvariante: 12.700,- FCFA

bei jährlichen Einnahmen von 9.300,- bis 24.500,- (s. o.)

Die Gewährung zinsloser Darlehen an die Haushalte für den Bau von EcoSan Anlagen würde zumindest die Minimalvariante für den größten Teil der Haushalte finanzwirtschaftlich tragbar machen, selbst wenn man die Gesamtausgaben zugrunde legt. Die Haushalte, für die dieses nicht gilt, müssten eine zusätzlich Unterstützung - etwa durch Baukostenzuschüsse - erhalten.

### **8.3.2 Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘**

Sogenannte Zusammenschlüsse aus wirtschaftlichem Interesse ‚Groupement d’Intérêt Economique - GIE‘ sind in Kapitel 6.4.3 ausführlich beschrieben und kommen als mögliche Betreiberorganisationen der nachhaltigen Sanitärsysteme in Frage.

Ihre Aufgabe wäre die Sammlung und der Transport der gewonnenen Nährstoffe. Die Wartungsarbeiten an den Anlagen können - wie oben beschrieben - von den Haushalten selbst durchgeführt werden.

### 8.3.2.1 Einnahmen

Die Einnahmemöglichkeiten des betrachteten Modells ‚Externe Betreiberorganisation‘ ergeben sich aus:

1. Gebühren, die bei den Anlagenbetreibern für die Sammlung / Leerung erhoben werden

Da von den Haushalten unter den bestehenden wirtschaftlichen Umständen nicht mehr als 4.000 FCFA pro Anlage und Jahr verlangt werden können, müssten die restlichen Betriebsausgaben und der angestrebte Gewinn aus dem Verkauf der Nährstoffe Erlöst werden.

2. Erlöse, durch den Verkauf der Nährstoffe an Landwirte

Bauern bezahlen nach Angaben des OHVN schon heute für minderwertigere Nährstoffe folgende Preise:

- ca. 300 CFA pro Eselskarren (charette) für ‚vorkompostierten‘ (ca. 6 Monate gelagerten) organischen Hausmüll
- ca. 750 CFA pro Eselskarren (charette) für die Rückstände aus ausgepressten Baumwollkernen,

(wobei keine gesicherten Erkenntnisse über deren Nährstoffgehalt vorliegen und somit keine Aussagen zum Mengenbedarf getroffen werden können), kann diese Größenordnung als realistische angenommen werden. Die Höhe des Erlöses hängt natürlich in erster Linie von der Qualität und Wirksamkeit der getrockneten Fäkalien / Urin ab, die durch praktische Versuche bewiesen werden muss.

Unter den aktuellen Bedingungen wird ein maximal zu erzielender Preis von 1.000 FCFA / Eselskarren (= Jahresproduktion einer durchschnittlichen Anlage) im Falle der Trockenstoffe angenommen.

Daraus folgt, dass eine externe Betreiberorganisation maximal 5.000 FCFA pro Anlage und Jahr einnehmen kann.

### 8.3.2.2 Ausgaben

Eine Betreiberorganisation muss - um überlebensfähig zu sein - wirtschaftlich arbeiten und folgende Ausgaben decken:

- Jährliche Belastung durch Transportmittel und Ausrüstung (Abschreibungen und Kapitalverzinsung)
- Arbeits- und Lohnkosten für Sammlung und Transport

Zwei Szenarien werden unterschieden:

1. Sammlung und Transport von **Trockenstoffen** (Fäkalien / Urin)
2. Sammlung und Transport von **Flüssigurin** und getrockneten Fäkalien

Die beiden Szenarien unterscheiden sich zum einen in ihren jährlichen Belastungen durch Investitionen (Abschreibungen und Kapitalverzinsung) und zum anderen durch den sehr unterschiedlichen Transport- und Arbeitsaufwand pro Anlage.

Die Kapitalverzinsung wird für eine externe Betreiberorganisation mit 12 % angenommen, da die Verzinsung des eingesetzten Kapitals den marktüblichen Kreditzinsen entsprechen sollte, um für ein privatwirtschaftliches Unternehmen interessant zu sein.

Als Transportmittel für Koulikoro ist aktuell der Eselskarren (charette) das vorherrschende Transportmittel, mit einer Transportkapazität von bis zu 250 kg bzw. ca. 1 m<sup>3</sup> über eine maximale Strecke von ca. 20 km / Tag.

Als alternatives motorisiertes Transportmittel käme ein Moped mit Anhänger in Frage, das im unwegsamen steilen Gelände zu dem Großteil der Feldern im Durchschnitt 5 km pro Stunde zurücklegen kann, d. h. bei einem Arbeitstag von 8 Stunden ca. 40 km und damit etwa doppelt soviel wie ein Eselskarren. Die Transportkapazität wird mit der doppelten Menge des Eselkarren, d. h. 500 kg angenommen. Die Transporteffizienz würde sich daher etwa um den Faktor 4 erhöhen.

Größere motorisierte Fahrzeuge, wie Pickups und Lastwagen sind unter den lokalen Verhältnissen aktuell nicht einsetzbar, da zum einen ein Großteil der Haushalte mit derartigen Fahrzeugen aufgrund der engen Gassen (insbesondere Koulikoro Ba und Gare) nicht angefahren werden kann und zum anderen die Wege zu dem Großteil der Felder auf den Plateaus für größere Fahrzeuge unpassierbar sind. Außerdem sind derartige Fahrzeuge zur Zeit in Koulikoro nicht vorhanden und können nur gegen hohe Gebühren in Bamako (20.000 - 30.000 FCFA / Fahrt je nach Größe) ausgeliehen bzw. für sehr hohe Anschaffungskosten (ca. 5 - 8 Mio. FCFA gebraucht, je nach Größe) gekauft werden können.

Die jährlich einmal abzufahrenden Mengen bestehen aus dem Inhalt der Fäkalienkammer und der Urintrocknung einer durchschnittlichen Anlage, die von 10 Personen (8 Einwohnerwerte) benutzt wird. Da bisher keine Erfahrungen über die anfallenden Mengen vorliegen, können diese nur anhand von Annahmen und Literaturwerten abgeschätzt werden (eigene Literaturlauswertung (Otterpohl zitiert in: del Porto, 2000)):

Fäkalien:

|  |                |          |
|--|----------------|----------|
| mittlere Feststoffmenge<br>bei 45 g TS/(EW*d)              | 16 kg TS/(E*a) |          |
| geschätzter Feststoffgehalt der<br>gesammelten Fäkalien    | 75 %           |          |
| Menge gesammelter Fäkalien<br>16 kg TS/(E*a) / 0,75 * 8 EW |                | 170 kg/a |

Urin:

|  |                |         |
|--|----------------|---------|
| mittlere Feststoffmenge<br>bei 60 g TS/(E*d)                   | 21 kg TS/(E*a) |         |
| Nährstoffanteil (s. Kap. 5.4.2)                                | 80 %           |         |
| mittlere Erfassungsrate<br>(Mittelwert aus Tabelle 5-6)        | 55 %           |         |
| Menge getrockneten Urins<br>21 kg TS/(E*a) * 0,8 * 0,55 * 8 EW |                | 74 kg/a |

Die Menge an gesammelten Fäkalien und getrocknetem Urin entspricht etwa 240 kg und würde auf einen Eselskarren passen, der bis zu ca. 250 kg transportieren kann.

Ein Moped mit Anhänger könnte die getrockneten Ausscheidungen von 2 Haushalten per Fuhre transportieren.

Für die Sammlung und den Transport von getrockneten Fäkalien und Urin muss sowohl ein Eselskarren als auch ein Moped / Anhänger mit Schaufel, Rechen, Spachtel und Eimer ausgerüstet sein.

Für die Sammlung von Flüssigurin kämen zusätzlich eine transportable Fußpumpe und ein Plastik-Transportbehälter (Fassungsvermögen 500 l) hinzu.

#### a. Investitionen

##### für Eselskarren:

Die notwendigen Ausgaben für Investitionen betragen nach Angaben des lokalen Projektes:

- Esel: 70.000 FCFA (5 Jahre Lebenszeit)
- Eselskarren: 140.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)
- Geräte (s.o.): 10.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)
- Fußpumpe: 80.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)
- Transportbehälter: 75.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)

Für den Esel entstehen zusätzlich folgende Unterhaltskosten:

- Ein Esel erfordert nach Angaben des lokalen Projektes folgende Aufwendungen für Unterhalt: 12.950 FCFA / Monat für Futter (pro Tag: 2 kg Sorgho + 4 Haufen Blattwerk + 1 Eimer Wasser + 3 Sträuße trockene Kräuter)
- 1.040 FCFA / Monat für Tierarzt (Aufwendungen für die alle drei Monate nötige Bekämpfung von Parasiten)

Die Ausgaben für Investitionen und Unterhalt werden als Kosten pro Transportkilometer für 200 kg Gewicht berechnet, indem sie auf die maximal von einem Eselskarren pro Jahr zurücklegbaren km (ca. 20 km / Tag => ca. 5.200 km / Jahr bei 260 Arbeitstagen) bezogen werden.

##### für Moped mit Anhänger:

Die notwendigen Ausgaben für Investitionen betragen nach Angaben des lokalen Projektes:

- Moped: 450.000 FCFA (5 Jahre Lebensdauer)
- Anhänger: 140.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)
- Geräte (s.o.): 10.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)
- Fußpumpe: 80.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)

- Transportbehälter: 75.000 FCFA (10 Jahre Lebensdauer)

Für das Moped entstehen zusätzlich folgende Wartungs- und Betriebskosten:

- Die Wartungskosten (Reparaturen und Ersatzteile) werden mit 10 % der Anschaffungskosten pro Jahr angenommen, da zum einen der Reparaturbedarf aufgrund der schlechten Straßenverhältnisse recht hoch anzusetzen ist und zum anderen Ersatzteile in der Regel nicht vor Ort hergestellt werden können, sondern importiert werden müssen. Daraus ergeben sich jährliche Wartungskosten in Höhe von 45.000 FCFA.
- Der Treibstoffverbrauch wird aufgrund der Steigungen und der Beladung mit ca. 4 Liter pro 100 km angenommen. Der Preis für ein Gas/Ölgemisch liegt bei 325 FCFA / l.

Die Ausgaben für Investitionen und Unterhalt werden als Kosten pro Transportkilometer für 200 kg Gewicht (d. h. den Inhalt einer EcoSan Anlage) berechnet, indem sie auf die maximal von einem Moped mit Anhänger pro Jahr zurücklegbaren km (ca. 40 km / Tag => ca. 10.400 km / Jahr bei 260 Arbeitstagen) bezogen werden.

Das führt unter Berücksichtigung der Abschreibungen für Investitionen und der angenommen Transportleistungen zu folgenden spezifischen Transportkosten je Inhalt einer Anlage (ca. 240 kg):

Eselskarren: 43 FCFA (= DM 0,15,-) / km und Anlage für den Transport von Trockenstoffen

49 FCFA (= DM 0,17,-) / km und Anlage für den Transport von Flüssigurin

Moped: 17 FCFA (= DM 0,06,-) / km und Anlage für den Transport von Trockenstoffen

18,5 FCFA (= DM 0,06,-) / km und Anlage für den Transport von Flüssigurin

Die jeweiligen Unterschiede in den spezifischen Transportkosten für Trockenstoffe und Flüssigurin ergeben sich aus den für den Transport von Flüssigurin höheren Investitionskosten für Pumpe und Transportbehälter

Die Unterschiede zwischen den Transportmitteln Eselskarren und Moped ergeben sich aus den höheren Kapazitäten des Mopeds (doppelt so viele Kilometer pro Tag mit doppelt hoher Beladung (Berechnung s. Annex 22) bei etwas höheren jährlichen Aufwendungen für Abschreibung, Wartung und Treibstoff.

## **b. Betriebsausgaben**

Die Betriebsausgaben für eine externe Betreiberorganisation bestehen bei vorliegendem Rechenmodell in erster Linie aus den Lohnkosten für den Arbeitsaufwand (Grundlage Minimallohn = 1.000 FCFA (= DM 3,50,-) / Tag). Dieser Arbeitsaufwand wird auf einen durchschnittlichen Haushalt pro Jahr bezogen.

---

Arbeitsaufwand für die Sammlung und den Transport von Trockenstoffen (Fäkalien / Urin):

Als zeitlicher Aufwand für die Sammlung der getrockneten Fäkalien wird  $\frac{1}{2}$  Tag pro Jahr und Anlage angenommen. Für die Sammlung des getrockneten Urins kommen ca. 2 Stunden pro Monat, d. h. 3 Tage pro Jahr und Anlage hinzu. Der getrocknete Urin wird wie unter Eigennutzung beschrieben, an der Anlage gesammelt und einmal pro Jahr zusammen mit den getrockneten Fäkalien auf die Felder gebracht.

Als zeitlicher Aufwand für den Transport mit Eselskarren auf ein ca. 4 km entferntes Feld (= 8 km hin und zurück) wird  $\frac{1}{2}$  Tag und für eine Entfernung von 0,5 km (= 1 km hin und zurück) 0,5 Stunden pro Anlage und Jahr angenommen.

Als zeitlicher Aufwand für den Transport mit Moped auf ein 4 km entferntes Feld (= 8 km hin und zurück) werden 2 Stunden für 2 Anlagen, d. h. 1 Stunde pro Anlage und Jahr und für eine Entfernung von 0,5 km (= 1 km hin und zurück) entsprechend 15 Minuten pro Anlage und Jahr angenommen. D. h., der zeitliche Aufwand für den Transport der Inhalte einer Sanitäreinrichtung verringert sich durch den Einsatz eines Mopeds auf ca.  $\frac{1}{4}$  verglichen mit dem Eselskarren.

Die Aufwendungen für die Sammlung (entleeren, beladen, entladen) sind für beide Transportmittel gleich.

Arbeitsaufwand für die Sammlung und den Transport von Flüssigurin / getrockneten Fäkalien:

Für die Sammlung und den Transport von Flüssigurin ergibt sich folgender zusätzlicher zeitlicher Aufwand:

Der Flüssigurin muss bei einer 10köpfigen Familie ca. einmal pro Woche (ca. 200 l) abgefahren werden. Daraus ergibt sich ein zeitlicher Aufwand für die Leerung des Sammelbehälters von ca. 2 Stunden pro Woche => ca. 13 Tage pro Jahr und Anlage für beide Transportmittel.

Der zeitliche Aufwand für den Transport per Eselskarren beläuft sich - je nach Entfernung - für 4 km Entfernung (8 km hin und zurück) bei 26 Tagen und für 0,5 km (= 1 km hin und zurück) bei 3,25 Tagen pro Anlage und Jahr liegt.

Bei dem Einsatz eines Mopeds reduziert sich dieser zeitliche Aufwand auf etwa  $\frac{1}{4}$ , da ein Moped doppelt so viele Kilometer mit einer doppelt so hohen Beladung zurücklegen kann wie ein Eselskarren. D. h. bei 4 km entfernten Feldern ca. 6,5 Tage und bei 0,5 km entfernten Feldern ca. 0,8 Tage.

Je nach gesammelter Nährstofffraktion (Trockenstoffe oder Flüssigurin) ergeben sich unter Berücksichtigung der oben getroffenen Annahmen folgende Gesamtausgaben pro Anlage in Abhängigkeit des Transportmittels und der Entfernung zu den Feldern:

Tabelle 8-10: Gesamtausgaben pro durchschnittlicher Anlage - Modell Externe Betreiberorganisation'

Angaben in 1000 FCFA, Preise 2000, Betrachtung pro Jahr und Anlage

| 1. Sammlung und Transport von Trockenstoffen              |                           |                           | Erläuterungen / Annahmen |
|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Betriebskosten Sammlung (Löhne)</b>                    | <b>Eselskarren</b>        | <b>Moped</b>              |                          |
| Leerung Fäkalienkammer (0,5 d / Jahr)                     | 0,5                       | 0,5                       | Lohn 1000 FCFA / Tag     |
| Entnahme von Trockenurin<br>(2 h / Monat = 3 Tage / Jahr) | 3                         | 3                         | Lohn 1000 FCFA / Tag     |
| <b>Betriebskosten Transport (Löhne)</b>                   |                           |                           |                          |
| 0,5 km (0,5 h / Jahr)                                     | 0,06                      | 0,015                     | Lohn 125 FCFA / Stunde   |
| 4 km (4 h / Jahr)   | 0,5                       | 0,125                     | Lohn 125 FCFA / Stunde   |
| <b>Spezifische Transportkosten</b>                        |                           |                           | s. Annex 22              |
| bei 0,5 km Entfernung zu den Feldern                      | 0,04                      | 0,02                      | 1 km hin und zurück      |
| bei 4 km Entfernung zu den Feldern                        | 0,3                       | 0,1                       | 8 km hin und zurück      |
| <b>Summe Ausgaben für Investitionen und Betrieb</b>       |                           |                           |                          |
| 0,5 km Entfernung zu den Feldern                          | <b>3,6</b><br>(= DM 13,-) | <b>3,5</b><br>(= DM 12,-) | pro Anlage und Jahr      |
| 4 km Entfernung zu den Feldern                            | <b>4,3</b><br>(= DM 15,-) | <b>3,7</b><br>(= DM 13,-) | pro Anlage und Jahr      |

| 2. Sammlung und Transport von Flüssigurin                  |                             |                            | Erläuterungen / Annahmen                      |
|--|-----------------------------|----------------------------|---|
| <b>Betriebskosten Sammlung (Löhne)</b>                     | <b>Eselskarren</b>          | <b>Moped</b>               |   |
| Leerung Fäkalienkammer (0,5 d / Jahr)                      | 0,5                         | 0,5                        | Lohn 1000 FCFA / Tag                          |
| Entnahme von Flüssigurin<br>(2 h / Woche = 13 Tage / Jahr) | 13                          | 13                         | Lohn 1000 FCFA / Tag                          |
| <b>Betriebskosten Transport (Löhne)</b>                    |                             |                            |   |
| 0,5 km (0,5 h / Woche = 3,3 Tage / Jahr)                   | 2,5                         | 0,8                        | Lohn 1000 FCFA / Tag                          |
| 4 km (4 h / Woche = 26 Tage / Jahr)                        | 20,4                        | 6,5                        | Lohn 1000 FCFA / Tag                          |
| <b>Spezifische Transportkosten</b>                         |                             |                            | s. Annex 22                                   |
| bei 0,5 km Entfernung zu den Feldern                       | 3,4                         | 1,0                        | 1 km hin und zurück pro Woche = 52 km / Jahr  |
| bei 4 km Entfernung zu den Feldern                         | 27,5                        | 7,7                        | 8 km hin und zurück pro Woche = 416 km / Jahr |
| <b>Summe Ausgaben für Investitionen und Betrieb</b>        |                             |                            |   |
| bei 0,5 km Entfernung zu den Feldern                       | <b>19,3</b><br>(= DM 67,-)  | <b>15,3</b><br>(= DM 53,-) | pro Anlage und Jahr                           |
| bei 4 km Entfernung zu den Feldern                         | <b>60,0</b><br>(= DM 210,-) | <b>27,7</b><br>(= DM 97,-) | pro Anlage und Jahr                           |

### 8.3.2.3 Schlussfolgerung

Die Sammlung von Trockenstoffen durch eine externe Betreiberorganisation könnte nach dieser Abschätzung sowohl mit Eselskarren als auch mit Mopeds wirtschaftlich betrieben werden, wenn die Haushalte bereit wären für die Leerung, die sie auch selber durchführen können, zu bezahlen.

Gesamtausgaben für Investitionen und Betrieb in Höhe von 3.500 - 4.300 FCFA / Jahr und Anlage je nach Transportmittel und Entfernung zu den Feldern (s. Tabelle 8-10) ständen mögliche Einnahmen in Höhe von 5.000 FCFA / Jahr gegenüber. Damit wären für die Betreiberorganisation eine Wirtschaftlichkeit zwar theoretisch gegeben, die aber zu Lasten der finanzwirtschaftlichen Machbarkeit der Anlagen für die Haushalte gehen würde. Da es zudem sehr unwahrscheinlich ist, dass ein Großteil der Haushalte bereit ist für die Abholung der Nährstoffe zu bezahlen, werden der erfolgreichen Etablierung externer Betreibergesellschaften unter den aktuellen Bedingungen in Koulikoro keine realistischen Chancen eingeräumt.

Die Sammlung und der Transport von Flüssigurin durch eine externe Betreiberorganisation liegt bei Einsatz des Transportmittels Eselskarren bei Gesamtausgaben für Sammlung und Transport von 19.300 bis 60.000 FCFA / Anlage und Jahr je nach Entfernung zu den Feldern. Beim Einsatz von Mopeds zum Transport verringern sich diese Gesamtausgaben aufgrund der höheren Transportkapazität und der höheren Transportgeschwindigkeit auf 15.300 bis 27.700 FCFA / Anlage und Jahr je nach Entfernung zu den Feldern (s. Tabelle 8-10).

Bei möglichen Einnahmen von 5.000 FCFA / Anlage und Jahr sind beide Systeme unter den aktuellen lokalen Bedingungen daher nicht wirtschaftlich.

Das Modell externe Betreiberorganisation wird daher für Koulikoro nicht empfohlen. Unter anderen Umständen (wie z. B. im städtischen, dichtbesiedelten Bereich), wo auch größere und effizientere Transportmittel eingesetzt werden können, kann das Modell ‚externe Betreiberorganisation‘ dennoch durchaus sinnvoll und notwendig sein und sollte daher unter anderen Randbedingungen erneut untersucht werden.

## 8.4 Zusammenfassung

Das vorgeschlagene dezentrale Abwasserentsorgungssystem ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht konventionellen zentralen und dezentralen Alternative eindeutig überlegen. Es beansprucht - im Vergleich zu zentralen Systemen - deutlich geringere ökonomische (volkswirtschaftliche) Ressourcen und weist bei gleichem hygienischen Nutzen bedeutende Vorteile in Hinblick auf die Nutzung natürlicher Ressourcen auf (geringerer Wasser- und Ressourcenverbrauch, langfristige Verbesserung der Bodenstruktur und damit Verminderung von Erosion und Desertifikation). Darüber hinaus weist es positive gesamtwirtschaftliche Effekte durch die Nutzung der Nährstoffe in der Landwirtschaft auf.

Im Vergleich der Kennzahlen für verschiedene Lösungsvarianten, liegen sowohl die was die Investitions- als auch die jährlichen Betriebskosten für dezentrale Latrinensysteme um Größenordnungen unter denen für eine zentrale Abwasserentsorgung (s. Tabelle 8-1). Gegenüber anderen Latrinensystemen weist die alternative Versuchsanlage bei nur geringfügig höheren Kosten zwei wichtige Vorteile auf. Zum einen die effiziente und hygienisch unbedenkliche Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft und zum anderen eine Reinigung des Grauwassers, die zumindest eine eingeschränkte Nutzung erlaubt.

Daher wurde diese Variante einer einzelwirtschaftlichen Analyse unterzogen, mit dem Ziel, ihre finanzwirtschaftliche Machbarkeit für die betroffenen Haushalte zu untersuchen.

Aus einzelwirtschaftlicher Sicht ergibt ein Vergleich der beiden Modelle ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ und ‚Externe Betreiberorganisation‘, dass eine externe Betreiberorganisation unter den aktuellen Bedingungen in Koulikoro keine Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg hat. Eine Sammlung und Verwertung von Flüssigurin kann unter den spezifischen lokalen Bedingungen nicht wirtschaftlich betrieben werden.

Das Modell ‚Eigennutzung / Selbstabholung‘ kann bei einer Verwertung der getrockneten Nährstoffe für Haushalte, die eigene Landwirtschaft betreiben finanzwirtschaftlich machbar sein. In diesem Fall decken die Einnahmen / Einsparungen (durch geringeren Trinkwasserverbrauch, keine Kosten für die Latrinenleerung und höhere Erträge in der Landwirtschaft) die Mehrausgaben für den Bau und Betrieb von EcoSan Anlagen.

Da die finanzwirtschaftliche Machbarkeit jedoch nicht unter allen Randbedingungen gegeben ist (z.B. im Fall der Nicht-Landwirte) und ein Teil der Haushalte in Koulikoro auch bei nachgewiesener mittelfristiger finanzwirtschaftlicher Machbarkeit nicht in der Lage sein wird, das notwendige Anfangs-Investitionskapital aufzubringen, ist eine finanzielle Unterstützung zumindest der einkommensschwachen Haushalte vermutlich unumgänglich.

Wie oben gezeigt, machen die Kapitalkosten den entscheidenden Anteil bei den Ausgaben für EcoSan Anlagen aus. Eine Unterstützung der Haushalte durch zinslose Darlehen (0 % Kapitalkosten) / Zinssubventionen oder Baukostenzuschüsse wäre daher ein Möglichkeit die flächendeckende Einführung von EcoSan Systemen zu unterstützen.

Die Gewährung von zinslosen Darlehen für den Bau von EcoSan Anlagen würde diese voraussichtlich für den größten Teil der Haushalte Koulikoros finanzwirtschaftlich machbar machen (s. Kapitel 8.3.1.4).

Zusätzlich sollte über die Gewährung von Baukostenzuschüssen für einen Teil der Haushalte nachgedacht werden, auch um die Einführung des EcoSan Systems in Koulikoro zu beschleunigen.

Unter der Annahme, dass ca. 50 % der durchschnittlichen Haushalte einen finanziellen Beitrag in Höhe von 200.000 FCFA (Mittelwert aus den Zusatzinvestitionen für den Bau einer Minimal- bzw. Maximalvariante) = ca. DM 700,- benötigen würde, ergibt sich folgendes:

50 % der Bevölkerung entspricht ca. 13.000 Personen und damit ca. 1.300 durchschnittlichen Haushalten. Bei DM 700,- Subventionsbedarf pro Haushalt ergäbe sich daraus ein Gesamtvolumen an Investitionsbeiträgen für eine ordentliche Abwasserentsorgung in Koulikoro von ca. DM 910.000,-.

Bei dieser Summe handelt es sich um eine grobe Schätzung. Sie gibt jedoch einen Anhaltspunkt über die Höhe des Mittelbedarfes für notwendige Investitionen im Bereich Abwasserentsorgung für Koulikoro, die in jedem Fall nur einen Bruchteil der ebenfalls grob geschätzten Kosten für ein konventionelles System in Höhe von ca. 40 Mio. DM ausmachen würden.

Hinzu kommt, dass das vorgeschlagene dezentrale System keine weiteren Subventionen für Betrieb und Unterhalt erfordert, die bei konventionellen Systemen in der Regel noch über einen langen Zeitraum notwendig sind.

Wie in den Kapiteln zur technischen Machbarkeit ausführlich beschrieben, kann das vorgeschlagene neuartige Sanitärssystem nur mit intensiver externer technischer Beratung und Begleitung erfolgreich eingeführt werden. Diese müsste neben der theoretischen Schulung lokaler Handwerksbetriebe auch intensive ‚training on the job‘ Maßnahmen umfassen.

Des Weiteren ist für eine erfolgreiche Implementierung des vorgeschlagenen dezentralen Entsorgungssystems eine begleitende umfassende Aufklärungs- und Sensibilisierungskampagne unbedingt notwendig, um auch die Bevölkerung von den Vorteilen der neuartigen Anlagen in Bezug auf:

- Stadtbild / Sauberkeit
- Gesundheit
- Bodenverbesserung / höhere landwirtschaftliche Erträge
- mittel- und langfristige Wirtschaftlichkeit

zu überzeugen.

## 9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

### 9.1 Aus technischer Sicht

Das vorgeschlagene alternative Abwasserentsorgungssystem auf der Basis der getrennten Erfassung der Teilströme und Nutzung (EcoSan-Konzept) ist in Mali grundsätzlich technisch realisierbar, auch wenn zur großflächigen Einführung noch weitere praktische Erfahrungen - insbesondere in Hinblick auf die Urintrocknung - gesammelt werden müssen.

Die flächendeckende Einführung dieses dezentralen Abwasserentsorgungssystems mit EcoSan-Sanitäreinrichtungen kann nur schrittweise und unter Berücksichtigung der folgenden Randbedingungen erfolgen:

- Einbau der EcoSan-Sanitäreinrichtungen in den Bestand bedarf immer einer Detailplanung, da je nach Grundstück unterschiedliche Randbedingungen angetroffen werden:
  - Platzangebot für Baumaßnahme
  - Ausrichtung der Fäkalkammer und der Urintrocknung
  - vorhandene Bausubstanz (Altanlage, Abflussrinne etc.)
- Eine gezielte Einweisung und Ausbildung der Handwerker ist für die Planung und den erfolgreichen Bau der neuartigen Sanitäreinrichtungen in Koulikoro zwingend erforderlich
- Zumindest in der Anfangsphase ist eine ständige Bauüberwachung durch qualifiziertes Fachpersonal vor Ort erforderlich; bei dem neben Grundkenntnissen des Bauwesens das Verständnis für diese neue Sanitärtechnik vorhanden sein muss
- Hieraus resultiert ein anfänglich hoher Bedarf an Planungsaufwand und Bauüberwachung, der durch gezielte Schulung und Training des Personals vor Ort erreicht werden kann. Das Personal muss so geschult sein, dass immer eine einwandfreie Bauausführung gewährleistet werden kann.

Für den Einsatz der EcoSan-Sanitäreinrichtungen in Neubauten bzw. Neubaugebiete lassen sich standardisierte Anlagen entwickeln, die dann mit vorgefertigten Bauteilen erstellt werden können. Durch diese Maßnahmen lassen sich erhebliche Kosteneinsparungen erzielen.

Für den Einbau von semi-zentralen oder dezentralen Sanitäreinrichtungen in den Bestand wird immer ein erhöhter Aufwand für Planung und Realisierung erforderlich sein, da in allen Fällen eine Anpassung an die Verhältnisse vor Ort unter möglichst weitgehender Nutzung von vorhandener Bausubstanz erfolgen sollte. Wegen der Vielfältigkeit der vorherrschenden Randbedingungen ist eine Entwicklung von Standardlösungen in diesem Fall äußerst schwierig. Zusätzlich besteht für diese Fälle ein erhöhter Bedarf an Einweisung und Training des beteiligten Personals (Bauüberwachung vor Ort, Handwerker etc.), damit auch ohne spezifische Einzelanweisung die Grundgedanken der Sanitäreinrichtungen auch richtig verwirklicht werden.

### 9.2 Aus ökologischer Sicht

Das vorgeschlagene EcoSan-Konzept mit dezentralen EcoSan-Sanitäreinrichtungen weist eine Vielzahl ökologischer Vorteile auf:

- Einsparung von Trinkwasser durch Verwendung gereinigten Grauwassers als Nutzwasser (z.B. zur Pflanzenbewässerung, Hofbesprengung etc.)
- Verringerter Energieverbrauch für Transport und Behandlung infolge nicht erforderlicher technischer Aggregate

- Kein Eintrag von Nährstoffen und Krankheitserregern in die aquatische Umwelt (Grundwasser, Gräben, Oberflächengewässer)
- Die Rückführung und Nutzung von Nährstoffen bedeutet eine erhebliche Schonung der Ressourcen
- Durch die Rückführung organischen Materials als Bodenstrukturmaterial findet auf nachhaltige Weise eine Bodenverbesserung statt. Gleichzeitig ist damit langfristig eine Ertragssteigerung und somit auch ein volkswirtschaftlicher Nutzen verbunden.

### 9.3 Aus sozio-kultureller Sicht

Das vorgeschlagene alternative Abwasserentsorgungssystem auf der Basis der getrennten Erfassung der Teilströme und Nutzung orientiert sich an den in Mali / Koulikoro eingeführten und akzeptierten Latrinen. Die Gefahr einer Nicht-Akzeptanz durch die Nutzer ist demnach als sehr gering einzuschätzen. Eine getrennte Ableitung des Urins - in der Regel ungezielt und ohne Verwertungsabsicht - ist gängige Praxis.

Mangelhafte hygienische Aspekte der aktuellen Fäkalien- und Abwasserentsorgung und die damit verbundenen Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung sind ein entscheidendes Argument für eine Neuordnung der Abwasserentsorgung. Der Bevölkerung ist der Zusammenhang von Krankheiten und ihrem aktuellen Umgang mit Abwasser / Fäkalien im allgemeinen nicht bewusst. In diesem Bereich sind daher umfangreiche Aufklärungs- und Sensibilisierungsmassnahmen erforderlich, um eine mittel- und langfristig erfolgreiche Einführung alternativer Sanitärsysteme zu gewährleisten.

Durch den Einsatz von EcoSan-Systemen ist eine positive Auswirkung auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung (Abnahme der auf verunreinigtes Wasser zurückzuführenden Infektionskrankheiten) und die damit einhergehenden Einsparungen beim Gesundheitswesen infolge verbesserter Hygiene zu erwarten.

### 9.4 Aus wirtschaftlicher Sicht

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist das vorgeschlagene dezentrale System herkömmlichen zentralen Lösungsansätzen gegenüber eindeutig überlegen. Es löst gleichermaßen die Abwasserproblematik, beansprucht jedoch erheblich weniger ökonomische Ressourcen und hat erhebliche Nutzensvorteile in Hinblick auf natürlichen Ressourcenverbrauch und Ressourcennutzung (z. B. Landwirtschaft). Darüber hinaus weist es positive gesamtwirtschaftliche Effekte durch die Nutzung der Nährstoffe in der Landwirtschaft auf.

Gegenüber anderen Abwasserentsorgungs- und Latrinenystemen weist der alternative differenzierende Ansatz (EcoSan) zwei wesentliche Vorteile auf, die sich entscheidend auf die finanzwirtschaftliche Machbarkeit auswirken. Zum einen die effiziente Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft und zum anderen eine Reinigung des Grauwassers, die zumindest eine eingeschränkte Nutzung erlaubt.

Die Nutzung der Nährstoffe durch die lokalen Landwirten ermöglicht eine Erhöhung der Erträge aus der Feldbewirtschaftung. Somit wird bei Einführung eines solchen Systems langfristig eine Verbesserung der Lebensbedingungen für die örtliche Bevölkerung eintreten, da ein natürlicher

Dünger zur Verfügung steht und ggf. auf den Einsatz teurer mineralischer Dünger verzichtet werden kann. Somit ist langfristig auch mit einer Verbesserung der Ernährungssituation zu rechnen.

Allerdings kann nur die Verwendung der Nährstoff in getrockneter Form auch diese Effekte erzielen, da bei dem Einsatz von Flüssigdüngern hohe Transport- und Speicherkapazitäten erforderlich werden. Die Verwendung flüssiger Dünger macht nur bei einer Eigenverwendung der Nährstoffe Sinn.

Aus einzelwirtschaftlicher Sicht ergibt ein Vergleich zweier möglicher Nutzer-/Betreibermodelle ('Eigennutzung / Selbstabholung' und 'Externe Betreiberorganisation'), dass eine externe Betreiberorganisation unter den aktuellen Bedingungen in Koulikoro keine Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg hat. Eine Sammlung und Verwertung von Flüssigurin kann unter den spezifischen lokalen Bedingungen nicht wirtschaftlich betrieben werden. Das Modell 'Eigennutzung / Selbstabholung' kann bei einer Verwertung der getrockneten Nährstoffe für Haushalte, die eigene Landwirtschaft betreiben, durchaus finanzwirtschaftlich machbar sein.

## 9.5 Schlussfolgerung

Es wird unter der Berücksichtigung der oben genannten Aspekte empfohlen, die alternativen dezentralen Anlagen mit Teilstromtrennung und Nährstoffnutzung schrittweise in Koulikoro einzuführen. Diese Einführung kann zur Erreichung kurzfristiger Verbesserung der sanitären Situation durch semi-zentrale Maßnahmen unterstützt werden. Zur Beantwortung der zur Zeit noch nicht ganz gelösten Fragestellungen müssen unter Einbindung lokaler Partner die ersten Anlagen über einen längeren Zeitraum intensiv begleitet werden, so dass hinsichtlich Änderungen und Auswirkungen auf den Bau Optimierungspotentiale ausgeschöpft werden und hinsichtlich des Betriebs noch Erfahrungen gesammelt werden können, die dann bei einer flächendeckende Verbreitung der Anlagen zur Verfügung stehen.

## 10 Literatur

- R. Ayres and D. Mara  
A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques  
World Health Organisation Geneva, 1996
- Brockhaus Lexikon in 20 Bänden, 1986  
Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München  
ISBN 3-423-03311-8
- A. Burström, H. Jönsson, 1998  
Double flushed urine separating toilets - user experiences and a follow up of problem  
Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala  
Report 229
- CAN 2002 - Dossier de Candidature de la Commune de Koulikoro, 1998  
Region de Koulikoro, Cercle de Koulikoro, Commune de Koulikoro
- Chemie für Schule und Beruf, 1994  
Eckhard Ignatowitz und Gerhard Haering  
ISBN 3-8085-7053-9
- CIA Factbook, 1999  
<http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/ml.html>
- H. Ebert und M. Körner, 1998  
Beratung bei der Konzeptionseentwicklung für die zweite Phase (11/1998 -10/2001)  
GTZ Projekt Kommunale Dienste Koulikoro, Mali  
PN : 94.2209.8-00.100
- EAWAG / SANDEC, 1999  
Transformation des excréta en compost - le cas de Niono au Mali  
A. Montangero, M. Strauss, S. Traoré et W. Parmentier
- H. Ebert und M. Körner, 1998  
Beratung bei der Konzeptionseentwicklung für die zweite Phase (11/1998 -10/2001)  
GTZ Projekt Kommunale Dienste Koulikoro, Mali  
PN : 94.2209.8-00.100
- Etude du Milieu de la ville de Koulikoro, 1996  
Synthèse du Rapport  
par K. N'Diaye, H. D. Diallo et D. Diabate
- D. Hellström and J. Thurdin, 1998  
Drying as a Urine Dewatering Method  
Vatten, 54/2, p. 109 - 114
- Holleman-Wiberg - Lehrbuch der anorganischen Chemie, 1976  
Walter der Gruyter Verlag, ISBN 3-11-005962-2
- IGIP - Hydroplan, 1997  
Renforcement et Extension du Sytème d'AEP de la Ville de Koulikoro - Avant Projet Sommaire  
EDM - Energie du Mali ; Financement : KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau
- H. Jönsson, A. Burström, J. Svensson, 1998  
Measurements on two urine separating sewage systems  
Urine solution; toilet usage and time spent at home in an eco village and an apartment district  
Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala  
Report 228

- 
- H. Jönsson, B. Vinneras, C. Höglund and T.-A. Stenström, 1999  
Source separation of urine  
Wasser & Boden, 51/11, p. 21 - 25
  - Journal Officiel de la République du Mali, Juli 1998  
Livre 7: Le Groupement d'Intérêt Economique, Titres 1 - 5
  - F. Kaeser, April 2001  
mdl. Mitteilungen zur Kostenschätzung
  - C. Kerr Ed., 1990  
Community Health and Sanitation  
Intermediate Technology Publications, London
  - KfW Arbeitshilfen, Materialien, Diskussionsbeiträge N°20, 1997  
Sind städtische Wasserversorgungsprojekte in Mali nachhaltig wirksam?  
KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau
  - KfW, 2001  
telefonmündliche Mitteilung Herr Karl, April 2001
  - B. Koné, 1999  
Rapport d'Enquête Sanitaire : Situation des Puisards de la Commune de Koulikoro  
Mairie de Koulikoro, Brigade d'Hygiène
  - J. Lange und R. Otterpohl  
Abwasser Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft, 1997  
Jörg Lange und Ralf Otterpohl  
ISBN 3-9803502-1-5
  - Lois et Décrets de la Décentralisation; März 1999  
Loi N°96 - 051 déterminant les Ressources Fiscales des Communes  
Présidence de la République  
Mission de Décentralisation et des Réformes Institutionnelles
  - H.T. Mann und D. Williamson, 1993  
Water Treatment and Sanitation  
Intermediate Technology Publications, London
  - Mémento de l'Agronomie, 1993  
Collection 'Techniques rurales en Afrique'  
Ministère de la coopération, République Française
  - Modellhafte nachhaltige Sanitärsysteme für Mali - Bericht Phase A, März 2000  
Mission / Vorstudie zur Erarbeitung eines nachhaltigen Sanitärkonzeptes am Beispiel der  
Städte Koulikoro und Kati  
Otterwasser GmbH, im Auftrag der GTZ
  - R. A. Reed, 1995  
Sustainable Sewerage
  - T. Niess  
Eaux et Assainissement: Renforcement des Services  
Communaux de Koulikoro, Mali  
Studie über die Stärkung des partizipativen Ansatzes  
08.05. - 30.05.1996
  - R. Otterpohl, M. Oldenburg und J. Zimmermann, 1999  
Integrierte Konzepte für die Abwasserentsorgung ländlicher Siedlungen  
Wasser & Boden, 51/11, p. 10 - 13

- del Porto D., Steinfeld, C., 2000  
The Composting Toilet System  
Published by The Center For Ecological Pollution Prevention, Concord, Massachusetts
- T. A. Stenström, C. Höglund, H. Jönsson, 1999  
Evaluation of microbial risks and faecal contamination of urine diverting sewage systems  
Wasser & boden, 51/10, S. 11-14
- TZ Projekt ‚Verbesserung des kommunalen Managements der Wasser- und Abfallwirtschaft Koulikoro, Mali‘, 2000 - Entwurf  
‚Coordination des GIE de la Ville de Koulikoro (COGIKO) - Statuts et Règlement Intérieur- Entwurf
- TZ Projekt ‚Verbesserung des kommunalen Managements der Wasser- und Abfallwirtschaft Koulikoro, Mali‘, 2000 - Entwurf
- Untersuchung des Aufkommens fester Abfälle in Koulikoro, Mali; Nov./Dez. 1999  
‚Entwicklung eines Vorschlages zur Verbesserung des Managements fester Abfälle‘  
Int. Technologieberatung Dr. Vest im Auftrag der GTZ (lokales TZ Projekt)
- C. Visker et B. Sissoko, 1998  
Utilisation des excréta comme fertilisant dans l’agriculture en zones urbaines et péri-urbaines de Bamako  
KTI - Institut Royal de Tropiques, Amsterdam - Pays - Bas  
CEK - Cabinet d’études Kéita - Kala Saba, Bamako - Mali
- Werner, C., 2000  
mündliche Mitteilung vom 30.03.2000
- U. Winblad, 2000  
persönliche Mitteilung
- World Bank Technical Paper N° 408, 1998  
Graeme Donovan and Frank Casey  
‚Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa‘
- WHO Guidelines, 1989  
Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture  
prepared by Duncan Mara and Sandy Cairncross

---

## 11 Annex

- Annex 1      Übersichtsplan von Koulikoro
- Annex 2      Stadtteilschema
- Annex 3      Klimadaten - Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration)
- Annex 4      Arrêté N° 7 du Maire de la Ville de Koulikoro
- Annex 5      Zeichnungen aus den malischen Normen
- Annex 6      Untersuchungsprogramm der Diplomanden an der IPR
- Annex 7      Protokolle der beiden Missionen
- Annex 8      Liste der Vorauswahl der Standorte
- Annex 9      Auswahl der Standorte
- Annex 10     Skizzen der Modelltrinen
- Annex 11     Sanitäranlage M. Traore - Planungszeichnung
- Annex 12     Sanitäranlage M. Traore - Ausführungszeichnung
- Annex 13     Sanitäranlage M. Traore - Änderungszeichnung
- Annex 14     Sanitäranlage M. Keita - Planungszeichnung
- Annex 15     Sanitäranlage M. Keita - Ausführungszeichnung
- Annex 16     Sanitäranlage M. Keita - Änderungszeichnung
- Annex 17     Hinweise zur Bedienung der Sanitäranlagen
- Annex 18     Checkliste zur Überwachung des anfänglichen Betriebs der Sanitäranlagen (nach konstruktiver Verbesserung) und Überwachungsprogramm für die Überwachung durch das lokale Projekt
- Annex 19     Beispiele für straßenbegleitende Filter zur Grauwasserreinigung
- Annex 20     detaillierte Kostenübersicht der verschiedenen Lösungsansätze
- Annex 21     Kostenschätzung der EcoSan-Versuchsanlagen
- Annex 22     Spezifische Transportkosten
- Annex 23     Fotos

Annex 1    Übersichtsplan von Koulikoro

Annex 2    Stadtteilschema

Annex 3 Klimadaten - Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration)

Annex 4 Arrêté No 7 du Maire de la Ville de Koulikoro

Annex 5 Zeichnungen aus den malischen Normen

Annex 6      Untersuchungsprogramm der Diplomanden an der IPR

Annex 7    Protokolle der beiden Missionen

Annex 8 Liste der Vorauswahl der Standorte

Annex 9 Auswahl der Standorte

Annex 10 Skizzen der Modelllatrinen

Grundriß der Modelllatrine

Grundriß der Modelllatrine

Grundriß der Modelllatrine

Schnitt durch Modelllatrine

Explosionsbild der Modelllatrine

Explosionsbild der Modelllatrine

Aussenansicht der Modelllatrine

Annex 11 Sanitäreanlage M. Traore - Planungszeichnung

Annex 12 Sanitäranlage M. Traore - Ausführungszeichnung

Annex 13 Sanitäreanlage M. Traore - Änderungszeichnung

Annex 14 Sanitäranlage M. Keita - Planungszeichnung

Annex 15 Sanitäranlage M. Keita - Ausführungszeichnung

Annex 16 Sanitäranlage M. Keita - Änderungszeichnung

Annex 17 Hinweise zur Bedienung der Sanitäranlagen

Annex 18    Checkliste zur Überwachung des anfänglichen Betriebs der Sanitäranlagen (nach konstruktiver Verbesserung) und Überwachungsprogramm für die Überwachung durch das lokale Projekt

Annex 19 Beispiele für straßenbegleitende Filter zur Grauwasserreinigung

Schnitt durch einen straßenbegleitenden Filter

Schnitt durch einen straßenbegleitenden Bodenfilter

Annex 20    detaillierte Kostenübersicht der verschiedenen Lösungsansätze

Annex 21 Kostenschätzung der EcoSan-Versuchsanlagen

## Kostenschätzung

Die Kostenschätzung beruht auf dem während dem Bauphase der beiden Sanitäranlagen protokollierten Personal- und Materialeinsatz. Diese Aufzeichnungen wurden sorgfältig analysiert und auf Einsparungsmöglichkeiten kontrolliert. Die verwendeten Baustoffmengen wurden mit den Planzeichnungen abgeglichen und anhand der Massenermittlungen der Materialeinsatz neu kalkuliert. Mithilfe der Einheitspreise für das verwendete Material lassen sich die Kosten für die beiden Sanitäranlagenbauten als dezentrale Anlagen ermitteln. Hierbei wird die Sanitäranlage bei M. Traore als Neubau (Maximalvariante) und die Sanitäranlage bei M. Keita als Sanierung bzw. Umbau (Minimalvariante) angesehen.

### Kostenschätzung dezentrale Anlagen

Die Kostenaufstellungen für die beiden Sanitäranlagen sind baugruppenabhängig aufgeteilt in Material- und Personalkosten.

Die Kostenermittlung erfolgt auf der Basis der von dem Praktikanten vor Ort ermittelten Massen und Kosten und sind aber unter der Vorgabe der die folgenden Aspekte überarbeitet worden:

- Die Baustoffmengen sind auf der Grundlage der vor Ort aktualisierten und angepassten Pläne ermittelt
- Für die Massenbaustoffe (Sand, Kies, Zement, Wasser, Steine) wurde ein Aufschlag von 20 - 40 % berücksichtigt. Dieser beinhaltet Reste bei der Verarbeitung, Bruch und Mengen für die Anpassung vor Ort
- Mischungen von Materialien für Beton und Mörtel wurden anhand von Erfahrungswerten abgeschätzt.  
Hierbei wurde für die Sohle ein Beton B 10 (Mischungsverhältnis Zement : Zuschlagsstoff ca. 1:5) und für die Zwischenplatte ein Beton B 25 (mit Stahlbewehrung - Mischungsverhältnis Zement : Zuschlagsstoff ca. 1:3) zugrunde gelegt.  
Für Mauer- und Verputzmörtel wurde ein Mörtel entsprechend Mörtelgruppe III (Mischungsverhältnis Zement : Sand ca. 1:4) angenommen.
- Die Personalkosten wurden auf der Basis der Beurteilung des Hospitanten reduziert. In dieser Beurteilung wurde für die einzelnen Bauschritte das erforderlicher Personal ermittelt.
- Die Kosten sind aus der Tabelle im Anhang ersichtlich. Diese Kosten sind auf die verschiedenen Baugruppen verteilt.
- Zu den Materialkosten werden neben den verbrauchten Materialien anteilig die mehrfach zu verwendenden Werkzeuge gerechnet.
- Die Kosten für Werkzeug infolge Abnutzung sind anteilig berücksichtigt.
- Die Personalkosten enthalten die Kosten für externe Handwerker (Maurer, Hilfskräfte, Tischler und Zimmermann), die als Tagesarbeiter verpflichtet wurden.

Die detaillierten Kosten können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden

Tabelle 1: Material- und Personalkosten für die Neuerrichtung der Sanitäreanlage M. Traore [in FCFA]

|                            | Summe<br>Material | Summe<br>Personal | Summe          |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Vorbereitung               | 0                 | 2.000             | 2.000          |
| Sohle                      | 32.115            | 8.000             | 40.115         |
| Urintrocknung              | 34.115            | 12.000            | 46.115         |
| Pflanzenfilter, Kiesfilter | 28.578            | 14.000            | 42.578         |
| Sockel                     | 68.794            | 95.000            | 163.794        |
| Zwischenplatte             | 103.565           | 0                 | 103.565        |
| Oberbau                    | 63.700            | 55.000            | 118.700        |
| Dach                       | 49.850            | 13.000            | 62.850         |
| Sonstige                   | 5.575             | 0                 | 5.575          |
| <b>Summe</b>               | <b>386.290</b>    | <b>199.000</b>    | <b>585.290</b> |

Tabelle 2: Material- und Personalkosten für die Neuerrichtung der Sanitäreanlage M. Keita [in FCFA]

|                            | Summe<br>Material | Summe<br>Personal | Summe          |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Vorbereitung               | 0                 | 0                 | 0              |
| Sohle                      | 5.568             | 5.000             | 10.568         |
| Urintrocknung              | 56.626            | 21.000            | 77.626         |
| Pflanzenfilter, Kiesfilter | 45.065            | 30.000            | 75.065         |
| Sockel                     | 25.193            | 24.000            | 49.193         |
| Zwischenplatte             | 9.636             | 8.000             | 17.636         |
| Oberbau                    | 24.629            | 12.500            | 37.129         |
| Dach                       | 33.000            | 4.000             | 37.000         |
| Sonstige                   | 3.675             | 0                 | 3.675          |
| <b>Summe</b>               | <b>203.391</b>    | <b>104.500</b>    | <b>307.891</b> |

Basierend auf dieser Kostenermittlung werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Kap. 8) die Kosten für die Maximalvariante (Neubau einer Sanitäreanlage) auf 600.000 FCFA und für die Minimalvariante (Umbau oder Sanierung einer Sanitäreanlage) auf 300.000 FCFA angesetzt. Die in Phase A aufgestellte Kostenschätzung für eine Sanitäreanlage mit Dusche in Höhe von 645.100 FCFA wurde somit für einen Neubau recht gut eingehalten.

Beim Bau weiterer Sanitäreanlagen können folgende weitere Einsparpotential ausgeschöpft werden:

- Einsatz von geschulten Arbeitern
- langfristige Bindung von Personal - ggf. mit der Aushandlung von Pauschalverträgen
- bessere Ausnutzung des angelieferten Baumaterials
- Vorfertigung von Anlagenteilen an anderem Ort
- Verringerung von Wand- und Deckendicken auf statisch mögliche, aber bisher in Mali unübliche Größen
- Vorfertigung von Schalungs- und Stützelementen und Mehrfachnutzung an verschiedenen Baustellen
- Nutzung eines Werkzeugpools

Die Möglichkeit des Einsatzes von Bauteilen, die eine Vorfertigung des Oberbaus ermöglichen - z.B. der Einsatz von Plattenelementen als Wandteile - wird von dem Projekt vor Ort geprüft. Ergebnisse hierzu liegen zur Zeit noch nicht vor.

## Kostenschätzung semi-zentrale Anlagen

Da im Rahmen der Mission die Realisierung von semi-zentralen Anlagen nicht möglich war, bzw. schon bestehende Anlagen für die Schlamm-trocknungsversuche genutzt wurden, lassen sich die Kosten hierfür nur aufgrund der gewonnenen Erfahrungswerte abschätzen. Es werden daher für die spezifischen Kosten für den Bau der Sanitäranlagen (Stundenaufwand, Tageslöhne etc.) auf die rechnerisch erforderlichen Massen mit einem Unsicherheitszuschlag von 20 % übertragen.

## Fäkalschlamm-Trockenbeete

Für die Installation der semi-zentralen Schlamm-trockenbeete wird davon ausgegangen, dass diese außerhalb des Ortes im Bereich nutzbarer Lehmvorkommen platziert werden. Während der Mission konnten diese Plätze zum Beispiel auf dem Plateau oder in Flussnähe lokalisiert werden.

Die detaillierte Gestaltung der Trockenbeete ist dem Bericht zur Projektphase A (S. 141) zu entnehmen.

Bei einer Beetgröße mit einer nutzbaren Trockenfläche von 300 m<sup>2</sup> und einer maximalen Füllhöhe von 0,15 m lässt sich das Trockenbeet mit einer Schlammmenge von 45 m<sup>3</sup> beschicken. Bei einer Trockenzeit von 1 Monat und einem jährlichen Beschickungszeitraum in der Trockenzeit von 7 Monaten können ca. 315 m<sup>3</sup> Schlamm aus den Latrinen in der semi-zentralen Anlage getrocknet werden. Geht man von einer Schlammmenge wie bei der Latrine von M. Keita von ca. 6 m<sup>3</sup> aus, so entspricht die zu behandelnde Schlammmenge einem Inhalt von ca. 50 Latrinen.

Tabelle 4: Material- und Personalkosten für die Neuerrichtung eines semi-zentralen Schlamm-trockenbeets [in FCFA]

|                   | Summe<br>Material | Summe<br>Personal | Summe          |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Kosten je Einheit |                   |                   |                |
| Vorbereitung      | 0                 | 18.000            | 18.000         |
| Erstellung Wall   | 75.750            | 9.000             | 84.750         |
| Schieber          | 9.000             | 9.000             | 18.000         |
| Sonstige          | 18.250            | 0                 | 18.250         |
| <b>Summe</b>      | <b>103.000</b>    | <b>36.000</b>     | <b>139.000</b> |

Aus dieser Kostenabschätzung ergibt sich ein spezifischer Preis von 465 FCFA/m<sup>2</sup> Schlamm-trockenfläche.

Es wird davon ausgegangen, dass die Schlamm-trockenbeete aus Lehm gefertigt werden, da dies ein sehr preiswerter Baustoff ist, der an vielen Orten in und um Koulikoro vorhanden ist. Es wird daher sicherlich erforderlich sein, dass am Ende einer Regenzeit die Lehmwälle des Trocken-beetes aufgrund der Abspülungen und Erosionen mit Lehm nachgearbeitet werden müssen.

### **Straßenbegleitender Grauwasserfilter**

Der straßenbegleitende Grauwasserfilter wird exemplarisch für die Reinigung des Grauwassers aus dem Grundstück Lassana Sangare geplant. Auf diesem Grundstück leben nach Angaben der Bewohner ca. 30 Personen. Da die Bewohner über ihren Wasserverbrauch keine Angaben machen konnten, wird nach dem subjektiven Eindruck der Mission und des lokalen Projekts von einem niedrigen Wasserverbrauch (s. Bericht Phase A) ausgegangen.

Für die Reinigung des Grauwassers wird von einer erforderlichen Filterfläche von 1,5 m<sup>2</sup> ausgegangen. Die Details des Filteraufbaus können dem Bericht der Phase A (S. 142) entnommen werden.

Tabelle 5: Material- und Personalkosten für die Neuerrichtung eines dezentralen straßenbegleitenden Grauwasserfilters [in FCFA]

|              | Summe<br>Material | Summe<br>Personal | Summe         |
|--------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Vorbereitung | 0                 | 2.000             | 2.000         |
| Kiesfilter   | 37.950            | 12.000            | 49.950        |
| Umbau Dusche | 12.214            | 12.000            | 24.214        |
| Sonstige     | 8.000             | 0                 | 8.000         |
| <b>Summe</b> | <b>58.165</b>     | <b>26.000</b>     | <b>84.165</b> |

Hieraus ergeben sich spezifische Kosten von ca. 56.000 CFA/m<sup>2</sup>.

Diese Kosten beinhalten auch die Anpassung des Duschplatzes an die für die Grauwasserreinigung erforderlichen Bedingungen. Der Filter würde mit geringer Einbindung in den Boden vor dem Grundstück aus dem Erdreich herausstehen. Daher ist eine Anhebung der Duschfläche erforderlich, die sich ohne Probleme realisieren ließe, da die Grundfläche der alten, jetzt verfüllten Latrine als Duschplatz genutzt wird und die Fläche somit auch zur Disposition steht. Die Ableitung des gereinigten Grauwassers kann in den bereits vorhandenen Graben erfolgen oder durch eine Versickerung vor Ort erfolgen.

Annex 22 Spezifische Transportkosten

Tabelle 1: Spezifische Transportkosten - Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘ - Transportmittel Eselskarren  
in 1000 FCFA, Preise 2000

| 1. Investitionen für die Sammlung von Trockenstoffen                               |              | Erläuterungen / Annahmen          |
|--|--------------|-----------------------------------|
| Esel   | 70,0         |                                   |
| Eselskarren  | 140,0        |                                   |
| Geräte zu Betrieb und Wartung  | 10,0         | Rechen, Schaufel, Spachtel, Eimer |
| <b>Summe Investitionen</b>   | <b>220,0</b> |                                   |
|  |              |                                   |
| Abschreibung pro Jahr für Esel   | 14,0         | 5 Jahre Lebenszeit                |
| Abschreibung pro Jahr für Karren / Geräte  | 15,0         | 10 Jahre Lebensdauer              |
| Unterhalt Esel pro Jahr  | 168,0        | 14.000 FCFA pro Monat             |
| Kapitalverzinsung  | 26,4         | 12 %                              |
| <b>Summe jährliche Belastung</b>   | <b>223,4</b> | für Sammlung und Transport        |
|  |              |                                   |
| <b>=&gt; Spezifische Transportkosten bei 5.200 km Jahresleistung: 43 FCFA / km</b> |              |                                   |

| 2. Investitionen für die Sammlung von Flüssigurin                                  |              | Erläuterungen / Annahmen        |
|--|--------------|---------------------------------|
| Esel   | 70,0         |                                 |
| Eselskarren  | 140,0        |                                 |
| Transportable Fusspumpe  | 80,0         |                                 |
| Plastik-Transportcontainer   | 75,0         |                                 |
| Geräte zu Betrieb und Wartung  | 5,0          | Rechen, Schaufel                |
| <b>Summe Investitionen</b>   | <b>370,0</b> |                                 |
|  |              |                                 |
| Abschreibung pro Jahr für Esel   | 14,0         | 5 Jahre Lebenszeit              |
| Abschreibung pro Jahr für Karren / Geräte  | 30,0         | 10 Jahre Lebensdauer            |
| Unterhalt Esel pro Jahr  | 168,0        | 14.000 FCFA pro Monat. Tierarzt |
| Kapitalverzinsung  | 44,4         | 12 %                            |
| <b>Summe jährliche Belastung</b>   | <b>256,4</b> | für Sammlung und Transport      |
|  |              |                                 |
| <b>=&gt; Spezifische Transportkosten bei 5.200 km Jahresleistung: 49 FCFA / km</b> |              |                                 |

Tabelle 2: Spezifische Transportkosten - Modell ‚Externe Betreiberorganisation‘  
in 1000 FCFA, Preise 2000

| 1. Investitionen für die Sammlung von Trockenstoffen  |              | Erläuterungen / Annahmen          |
|---|--------------|-----------------------------------|
| Moped   | 450,0        |                                   |
| Anhänger  | 140,0        |                                   |
| Geräte zu Betrieb und Wartung   | 10,0         | Rechen, Schaufel, Spachtel, Eimer |
| <b>Summe Investitionen</b>  | <b>600,0</b> |                                   |
|   |              |                                   |
| Abschreibung pro Jahr für Moped   | 90,0         | 5 Jahre Lebensdauer               |
| Abschreibung pro Jahr für Karren / Geräte   | 15,0         | 10 Jahre Lebensdauer              |
| Wartung und Betrieb   | 180,2        | Reparaturen und Treibstoff        |
| Kapitalverzinsung   | 72,0         | 12 %                              |
| <b>Summe jährliche Belastung</b>  | <b>357,2</b> | für Sammlung und Transport        |
|   |              |                                   |
| <b>=&gt; Spezifische Transportkosten bei 10.400 km Jahresleistung: 34 FCFA / km für 2 Anlagen = 17 FCFA / km und Anlage</b> |              |                                   |

| 2. Investitionen für die Sammlung von Flüssigurin   |              | Erläuterungen / Annahmen   |
|---|--------------|----------------------------|
| Moped   | 450,0        |                            |
| Anhänger  | 140,0        |                            |
| Transportable Fußpumpe  | 80,0         |                            |
| Plastik-Transportcontainer  | 75,0         |                            |
| Geräte zu Betrieb und Wartung   | 5,0          | Rechen, Schaufel           |
| <b>Summe Investitionen</b>  | <b>750,0</b> |                            |
|   |              |                            |
| Abschreibung pro Jahr für Moped   | 90,0         | 5 Jahre Lebensdauer        |
| Abschreibung pro Jahr für Karren / Geräte   | 30,0         | 10 Jahre Lebensdauer       |
| Wartung und Betrieb   | 180,2        | Reparaturen und Treibstoff |
| Kapitalverzinsung   | 90,0         | 12 %                       |
| <b>Summe jährliche Belastung</b>  | <b>390,2</b> | für Sammlung und Transport |
|   |              |                            |
| <b>=&gt; Spezifische Transportkosten bei 10.400 km Jahresleistung: 37 FCFA / km für 2 Anlagen = 18,5 FCFA / km und Anlage</b> |              |                            |

Annex 23 Fotos

Foto 1      Sorgho-Bündel nach der Ernte

Foto 2      Sorgho-Getreide

Foto 3      Sorgho-Anbauflächen während der Trockenzeit

Foto 4      Kolben von Miel nach der Ernte

Foto 5      Miel-Getreide

Foto 6 Pflug

Foto 7 Charette bei der Beladung

Foto 8      Charette

Foto 9      Sorgho-Anbauflächen während der Regenzeit (Versuchsflächen auf dem Gelände der IPR)

Foto 10 Vorderseite der vorhandenen Latrine M. Keita

Foto 11 Rückseite der vorhandenen Latrine M. Keita mit Entleerungsöffnung und gelagertem Latrineneinhalt

Foto 12      Grauwasserableitung bei M. Simaga

Foto 13      Straßenraum vor dem Grundstück M. Sangare

Foto 14      Becken zur Schlamm Trocknung vor der Befüllung

Foto 15      bepflanztetes Pflanzenbeet Sanitäranlage M. Traore

Foto 16 Rückseite der Sanitäranlage M. Traore mit Öffnungen zur Fäkalienentnahme

Foto 17      Inhalt der Latrine M. Keita nach Leerung

Foto 18 Flächen zur Installation eines straßenbegleitenden Grauwasserfilters vor dem Grundstück M. Sangare (schraffiert)