

Brasilianisch-Deutsches Gemeinschaftsprojekt

„Dezentrale Wasserver- und -entsorgung verbunden mit Stoff- und Energiegewinnung unter Berücksichtigung hygienischer Aspekte für die Region Piracicaba, Brasilien“

**Abschlussbericht
BMBF Förderkennzeichen 02 WD 0508**

Teilprojekt 2

„Regenwassernutzung und Grauwasser-Recycling als Bestandteil nachhaltiger Wasserkonzepte“

GeoTerra GmbH, Aachen

Projektleitung: Christian Wilhelm, Dr.-Ing.
wilhelm@geoterra.de

Projektdauer: 1.11.2004 – 31.12.2006



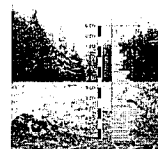
Gebäudeschadstoffkataster



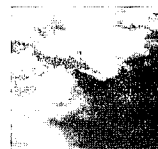
Alllastenbewertung und -sanierung



Hydro- / Geologie



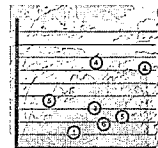
Baugrund



Regenwasserbewirtschaftung
Wassermanagement



Dezentrale Wasserversorgung
und Abwasserbehandlung



Forschung und
Entwicklung

GEO
Geologische **TERRA**
Beratungsgesellschaft mbH
®

Verbundprojekt: *Dezentrale Wasserver- und -entsorgung verbunden mit Stoff- und Energiegewinnung unter Berücksichtigung hygienischer Aspekte für die Region Piracicaba, Brasilien*

Teilprojekt 2: *Regenwassernutzung und Grauwasser-Recycling als Bestandteil nachhaltiger Wasserkonzepte.*

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WD0508 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Arbeitsziele	2
1.1	Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement	2
1.2	Regenwassernutzung	3
1.3	Water Reuse / Grauwasser-Recycling	3
1.4	Pilotanlagen	3
1.5	Workshops	3
2	Planung und Ablauf des Vorhabens	4
3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	5
4	Technisch-wissenschaftliche Ergebnisse	5
4.1	Marktstudie Wasserverbrauch und Reuse	5
4.2	Konzepte zum dezentralen Wassermanagement	11
4.3	Testanlage zur Hygienisierung von Kläranlagenabläufen	15
4.4	Planung von Pilotanlagen	17
5	Workshops	22
6	Verwertungsaussichten	22

1 Aufgabenstellung und Arbeitsziele

Ziel des Vorhabens war es Konzepte für ein nachhaltiges Wassermanagement unter den sozio-kulturellen Bedingungen in Piracicaba zu erarbeiten und umzusetzen.

Das Teilprojekt 2 befasste sich innerhalb des Verbundes mit dem Wassermanagement in der Gebäudetechnik. Vorhandene Konzepte zur dezentralen Wasserver- und entsorgung mussten die klimatischen Bedingungen in Piracicaba (subtropisch), die vorhandenen Strukturen in der Wasserver- und entsorgung sowie an das Verbraucherverhalten angepasst werden.

Das Vorhaben hatte es zum Ziel, die erarbeiteten Konzepte in einem konkreten Baugebiet („Monte Alegre“) und an bestehenden Gebäuden des brasilianischen Projektpartners, der Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), umzusetzen. Hierzu sollten vorhandene Technologien (Regenwassernutzung, Grauwasser-Recycling) angepasst werden. Die vorhandene Technik zur Regenwassernutzung war unter den besonderen hygienischen Anforderungen an die Lagerung des Regenwassers (Denguefieber) zu modifizieren und gegebenenfalls um weitere Aufbereitungsschritte zu erweitern. Neue Ansätze, z.B. die Verwendung von Kläranlagenabläufen als Betriebswasser, sollten in Zusammenarbeit mit den deutschen Projektpartnern entwickelt werden.

Um zu gewährleisten, dass die Ergebnisse des Vorhabens auch darüber hinaus Wirkung haben, war es ein wesentliches Ziel im Rahmen von Workshops Entscheidungsträger, aktive Planer und zukünftige Planer (Studenten) in Piracicaba auszubilden.

Um diese Ziele im Vorhaben zu erreichen wurde das Teilprojekt in folgende Teilaufgaben untergliedert:

- TP1 Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement
- TP2 Regenwassernutzung
- TP3 Water reuse / Grauwasser-Recycling
- TP4 Pilotanlagen
- TP5 Workshops

1.1 Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement

Im Rahmen der Teilaufgabe Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement musste eine umfassende Studie zum Ist-Zustand der Regenwasserbewirtschaftung, sowie der Wasserver- und entsorgung durchgeführt werden. Diese Aufgabe hat zum Ziel nicht nur technische und planerische Fragestellungen zu beantworten, sondern insbesondere auch die sozio-kulturellen Aspekte zu berücksichtigen. Dieses Arbeitsziel sollte auf Grund zahlreicher Gespräche mit den brasilianischen Projektpartnern optimal in Verbindung mit der UNIMEP erreicht werden.

Basierend auf der Studie werden nachhaltige dezentrale Wasserkonzepte für das Baugebiet „Monte Alegre“ ausgearbeitet. Eine ökonomische Bewertung dieser Konzepte im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse setzt voraus, dass relevante Technologien verfügbar sind. Die Teilaufgaben Regenwassernutzung (TP2) und Water Reuse (TP3) sind demnach von großer Bedeutung zur Bearbeitung der Kosten-Nutzen-Analyse.

1.2 Regenwassernutzung

Die vorhandenen technischen Lösungen zur Regenwassernutzung müssen an die in Piracicaba herrschenden Bedingungen angepasst werden. Das Speichern des Regenwassers in Zisternen bietet den Überträgern (Mosquitos) des Denguefiebers potentielle Brutplätze. Diese Fragestellung stellt sich in Deutschland nicht und es war das Ziel des Vorhabens technische Lösungsansätze diesbezüglich zu erarbeiten.

1.3 Water Reuse / Grauwasser-Recycling

Ein wichtiger Bestandteil des nachhaltigen Wassermanagements ist die Wiederverwendung von Abwasser. Die Akzeptanz dieses Vorgehens wird im TP1 behandelt und es ist das Ziel der Teilaufgabe TP3, Qualitätskriterien und technische Aufbereitungsschritte zur Wiederverwendung verschiedener Abwasserteilströme zu definieren. Bestehende Technologien zur Aufbereitung von gering belastetem Abwasser von Duschen, Badewannen und Handwaschbecken (Grauwasser) werden angepasst. Die Wiederverwendung von fäkalhaltigem Abwasser (Schwarzwasser) als Betriebswasser im Gebäude kommt in Deutschland bislang nicht zur Anwendung. In Zusammenarbeit mit dem deutschen Projektpartner FHG IGB sollten Qualitätsziel und die Anforderungen an die technische Lösung zur Verwendung des Ablaufwassers der Kläranlage erarbeitet werden.

1.4 Pilotanlagen

Auf dem Campus Taquaral der UNIMEP bestehen vielfältige Möglichkeiten technische Teillösungen des nachhaltigen Wassermanagements in bestehenden Gebäuden umzusetzen. Diese Anlagen haben Pilot- bzw. Demonstrationscharakter und sollen auch vor dem Hintergrund der Ausbildung innerhalb der UNIMEP angelegt werden. Die Teilaufgabe Pilotanlagen muss in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner UNIMEP durchgeführt werden und ist von großer Bedeutung für die spätere Verwertung.

1.5 Workshops

Ziel der jährlich statt findenden Workshops ist es allen im Vorhaben relevanten Zielgruppen (Entscheidungsträger, Städteplaner, Gebäudetechnikplaner, Architekten etc.) die konzeptionellen und technischen Inhalte zu vermitteln. Insbesondere in der frühen Projektphase (1. und 2. Workshop) hatten die Workshops das Ziel gemeinsam mit den brasilianischen Partnern grundsätzliche Fragestellungen innerhalb der Projektbearbeitung effizient zu lösen.

2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde sehr zeitnah (7.-13.11.2004) mit der ersten gemeinsamen Reise aller Projektpartner nach Piracicaba gestartet. Im Rahmen der Reise wurde ein zweitägiger Workshop an der UNIMEP in Piracicaba von der Gruppe gestaltet. Im weiteren Verlauf wurden alle im Projekt relevanten Kläranlagen besichtigt sowie alle brasilianische Projektpartner (universitär und gewerbliche Partner, Wasserversorger und politische Entscheidungsträger) besucht.

In der ersten Projektphase bis Mitte 2005 wurden die im TP1 „Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement“ benötigten Grundlagen ermittelt. Im Rahmen der zweiten Reise nach Piracicaba im April 2005 wurden mit den brasilianischen Partnern Möglichkeiten diskutiert den Wasserverbrauch an einzelnen Objekten vor Ort über den Projektzeitraum differenziert zu ermitteln. Darüber hinaus wurde die Sporthalle auf dem Gelände der UNIMEP als geeignet erachtet eine Pilotanlage zur Regenwassernutzung zu errichten. Zur Ausarbeitung eines Konzepts zum nachhaltigen Wassermanagement im Bauvorhaben Monte Alegre wurden vom Investor geeignete Daten zur Verfügung gestellten (s. Kap. 4.2).

Auf Grund der ausgefallenen Reise im November 2005 konnten bezüglich des Baus von Pilotanlagen auf dem Campus der UNIMEP nur kleine Fortschritte erzielt werden. Zur Bewertung der Qualität von Abläufen der Kläranlagen vor dem Hintergrund der Wiederverwendung wurde mit der FHG IGB im Herbst 2005 ein Arbeitsprogramm definiert und abgestimmt. Die Untersuchungen sollen neben Labortests in Deutschland auch im Rahmen von Feldversuchen in Brasilien stattfinden (s. Kap. 4.3). Die Versuche in Deutschland sollten in 2006 abgeschlossen werden und die Testanlage sollte im letzten Projektjahr auf einer Kläranlage in Piracicaba getestet werden.

In der zweiten Projektphase (2006) wurden die Planung der Konzepte zum nachhaltigen Wassermanagement im Bauvorhaben Monte Alegre (TP 1) sowie die Grundlagen der Planung der Pilotanlage für Regenwassernutzung in der Sporthalle des Campus der UNIMEP abgeschlossen (s. Kap. 4.4). In Absprache mit den Partnern der UNIMEP konnte in dieser Projektphase kein Konsens darüber gefunden werden, welches Konzept in der Sporthalle umgesetzt werden soll. In der zweiten Jahreshälfte 2006 ist die Kooperationsbereitschaft der brasilianischen Partner, sowie die Bereitschaft Geld in die Pilotanlagen zu investieren - im Rahmen dieses Teilprojekts – zurückgegangen. Es hat in dieser Phase auch keine weiteren Reisen durch Mitarbeiter der GeoTerra GmbH nach Brasilien gegeben.

Darüber hinaus haben der im Verbundprojekt gesammelten Erfahrungen gezeigt, dass insbesondere hinsichtlich Wiederverwendung von Abwasser oder der direkten Nutzung von Regenwasser in Brasilien noch kein entwicklungsfähiger Markt ist. Der Schutz der Umwelt mittels eines höheren und besseren Anschlussgrads der Menschen an eine Abwasserbehandlung wird in Brasilien vorrangig der Einsparung der Ressource Wasser behandelt.

Die bis Ende 2006 geplanten Arbeiten im Rahmen des Projekts wurden zu einem sinnvollen Ende gebracht. In Abstimmung mit dem Koordinator des Verbundprojekts (FHG IGB) wird das Teilprojekt 2 „Regenwassernutzung und Grauwasser-Recycling als Bestandteil nachhaltiger Wasserkonzepte.“ zum 31.12.2006 frühzeitig beendet, da die Umsetzung von Pilotanlagen in der 3. Projektphase unwahrscheinlich geworden ist (s. Kap. 6 Verwertungsaussichten). Die Teilprojekte des Koordinators und des Industriepartners (Fa. MAXX) sind von dieser Entscheidung unbeeinflusst, da außer der Veranstaltung von Workshops in Piracicaba keine unmittelbaren gemeinsamen Aktivitäten geplant waren.

3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Kooperation im Verbund der deutschen Projektpartner war konstruktiv. Im Rahmen der beiden Reisen nach Brasilien unter Federführung der FHG IGB wurden sehr konzentriert viele Kontakte zu Entscheidungsträgern verschiedener Städte und Gemeinden sowie zu den verantwortlichen Personen beim brasilianischen Projektpartner UNIMEP und anderen universitären Einrichtungen geknüpft. Ein Workshop wurde gemeinsam an der UNIMEP im November 2004 veranstaltet.

Die Kooperation mit den brasilianischen Projektpartnern stellte sich im zweiten Projektabschnitt schwieriger dar. Hinsichtlich der Umsetzung von Pilotmaßnahme auf dem Campus wurden keine Entscheidung seitens der UNIMEP getroffen. Die Koordination und Kommunikation mit dem Investor des Baugebietes „Monte Alegre“ war darüber hinaus nicht immer hinreichend. In der zweiten Hälfte von 2006 wurde das Personal an der UNIMEP sowohl auf der administrativen als auch auf der operativen Seite ausgetauscht. Dies war ein Aspekt das Teilprojekt „Regenwassernutzung und Grauwasser-Recycling als Bestandteil nachhaltiger Wasserkonzepte“ vorzeitig abzubrechen (s. Kap. 6 Verwertungsaussichten).

4 Technisch-wissenschaftliche Ergebnisse

Im Folgenden sind die technisch wissenschaftlich erzielten Ergebnisse des Forschungsvorhabens zusammengefasst dargestellt. Abgesehen von der Umsetzung der Pilotmaßnahmen auf dem Campus der UNIMEP wurden die Teilprojekte grundsätzlich gemäß der Aufgabenstellungen und Zielsetzungen durchgeführt. Das Arbeitsfeld wurde in Absprache mit dem Projektkoordinator (FHG IGB) und dem Projektträger im TP3 Water Reuse dahingehend modifiziert, dass zunächst eine Testanlage in Deutschland errichtet wurde, bevor eine Anwendung in Brasilien realisiert werden sollte.

4.1 Marktstudie Wasserverbrauch und Reuse

Grundlage zur Ausarbeitung von nachhaltigen Wasserkonzepten sind Daten zur Wasserverbrauch und zum Stand der lokalen Technik in der Wasserversorgung und Abwasserbehandlung. Die Grundlagen wurden im Rahmen der Brasilienreisen im November 2004 und im April 2005 vor Ort erarbeitet. Zeitgleich wurden Daten aus dem Internet

recherchiert und im Rahmen von bedeutenden internationalen Messen (ISH Frankfurt im März 2005, IFAT München im April 2005) in Deutschland gesammelt.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Quellen zum Wasserverbrauch dargestellt.

Tabelle 1: Wasserverbrauch in Brasilien nach Anwendungen

Quelle	Prefeitura Ilha Solteira	Universidade de Sao Paulo (USP)	UniAgua	LAACTA	Aquastock
	Offizielle Website von Ilha Solteira (Sao Paulo)	Untersuchung der USP	Wasser Universität (NGO)	Analytisches Labor für Wasser- und Umweltberatung	Lieferant von Regenwassernutzungsanlagen in Brasilien
bezüglich	Ilha Solteira (SP)	Apartmentgebäude	Brasilien	Brasilien	Brasilien
Wasserverbrauch (l/E*d)	ohne Angabe	ohne Angabe	200	200	ohne Angabe
Toilette (%)	70	29	33	33	20-25
Hygiene (%)		34	25	25	15-20
Küche (%)	10	5	27	27	7-15
Konsum (%)					
Wäsche (%)	10	9	12		10-15
Garten (%)					25-30
Auto (%)				12	0-5
Sonstiges (%)	10	6	3	3	0-7
Gesamt (%)	100	100	100	100	100
Quelle	1)	2)	3)	4)	5)

1) http://www.ilhasolteira.sp.gov.br/dae/dicas_economia.shtml

2) <http://www.deca.com.br/vitrine/aqua/introducao.html>

3) <http://www.uniagua.org.br/?tp=3&pag=reuso.htm>

4) <http://www.laacta.com.br/faqs.htm>

5) <http://www.aquastock.com.br/beneficios.htm>

Die Charakteristik des Wasserverbrauchs ist sehr unterschiedlich zum durchschnittlichen Verbrauch in Deutschland. Der Verbrauch insgesamt liegt nach den meisten Quellen bei ca. 200 l/d pro Kopf (in Deutschland < 130 l/d).

Eine differenzierte Betrachtung des Verbrauchs im Haushalt ist die Grundlage zur Ausarbeitung eines Konzepts. Mit den Partnern in Brasilien wurden die Möglichkeiten diskutiert, Wasserverbräuche in einem Haushalt zu ermitteln. Im Berichtszeitraum konnte kein Objekt gefunden werden in dem man die gewünschte Maßnahme messtechnisch hätte umsetzen können. Es ist aber das Ziel im Laufe des Projekts entsprechenden Messungen an den geplanten Pilotmaßnahmen zu realisieren.

Zur Bewertung des Einsparpotentials der Regenwassernutzung wurden die täglichen Niederschlagswerte der Wetterstation der Außenstelle der Universität von Sao Paulo in Piracicaba (ESALQ) herangezogen. Im Folgenden sind die Jahresniederschläge von 1984

bis 2004 (Abbildung 1), sowie die entsprechenden Verteilung auf die Monate (Abbildung 2) dargestellt.

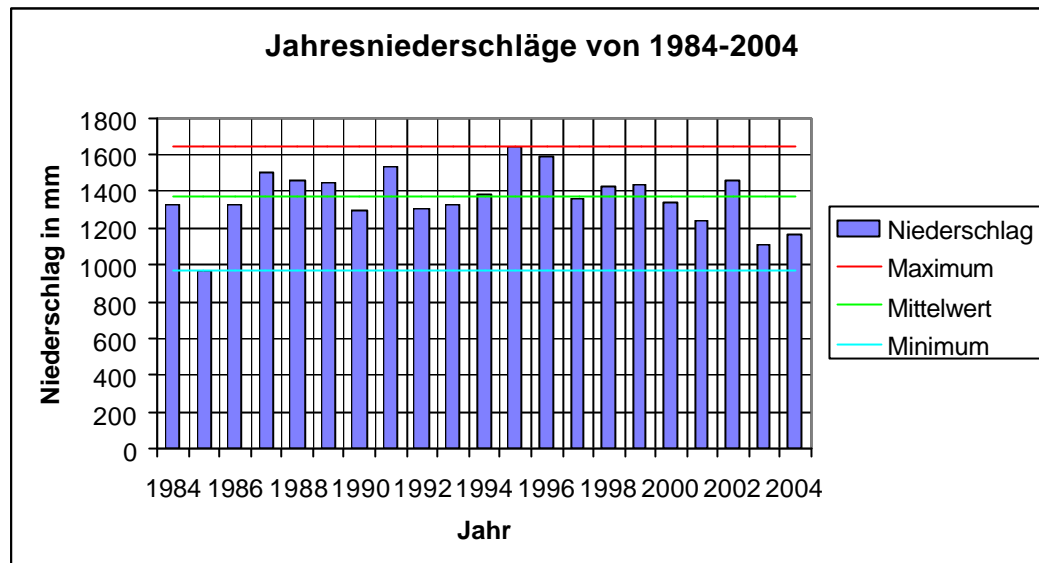


Abbildung 1: Jahresniederschläge von 1984 bis 2004

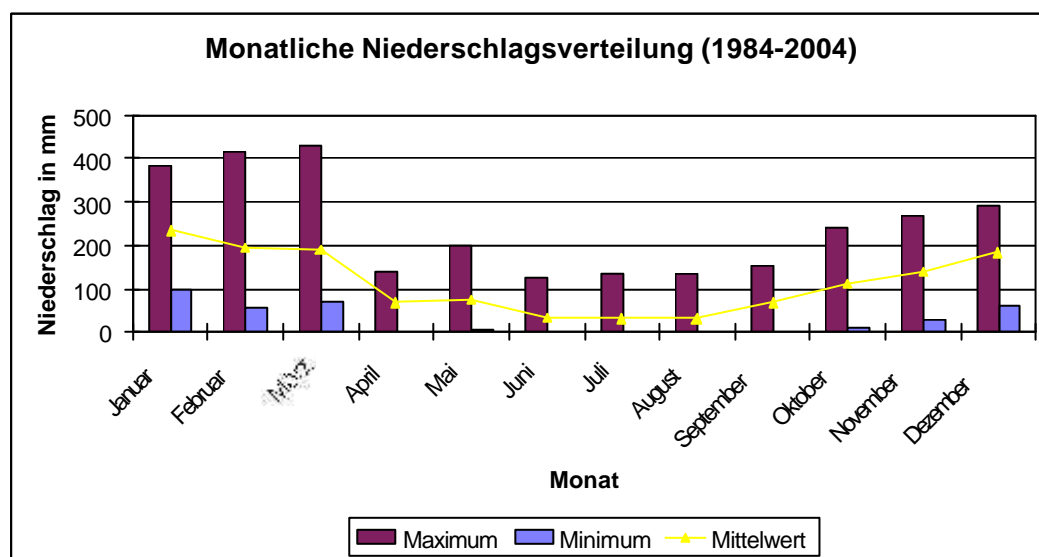


Abbildung 2: mittlere monatliche Niederschlagsverteilung für 1984 bis 2004

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt ca. 1400 mm. Ausgehend von einer mittleren Dach(Sammel)fläche von 50 m²/Kopf und einem Ablaufwert von 0,8 bedeutet dies eine theoretische mittlere Kapazität von täglich 153 l/Kopf. Dieser Wert ist theoretisch, da der Niederschlag nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt fällt (s. Abbildung 2).

Auf Basis der täglichen Niederschlagsdaten und der Annahme einer täglichen Entnahme wurden mittels einer Simulation verschiedene Speicherkurven ermittelt. In Abbildung 3 ist

beispielhaft eine Speicherganglinie für das trockene Jahr 1985 mit einem Jahresniederschlag von 970 mm dargestellt. In den Monaten Juli-Oktober entsteht eine Versorgungslücke, die auch bei Installation deutlich größerer Speicher nicht geschlossen werden kann.

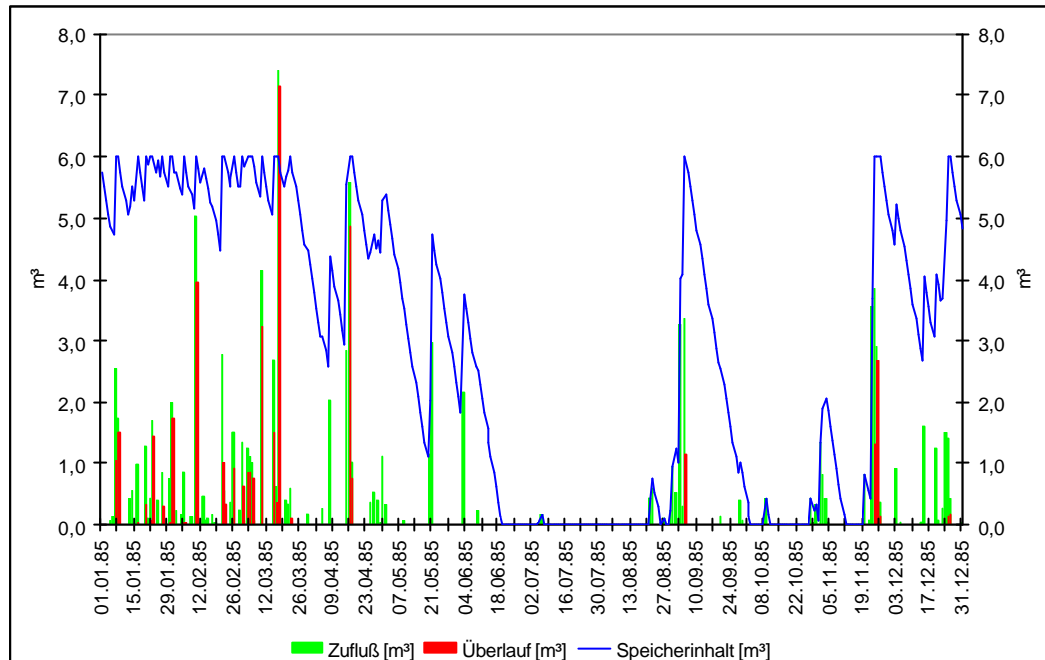


Abbildung 3: Speicherganglinie am Beispiel des trockenen Jahres 1985 (970 mm) und der den Annahmen: 6 m³ Speichervolumen, 240 l Entnahme pro Tag, 150 m² Sammelfläche.

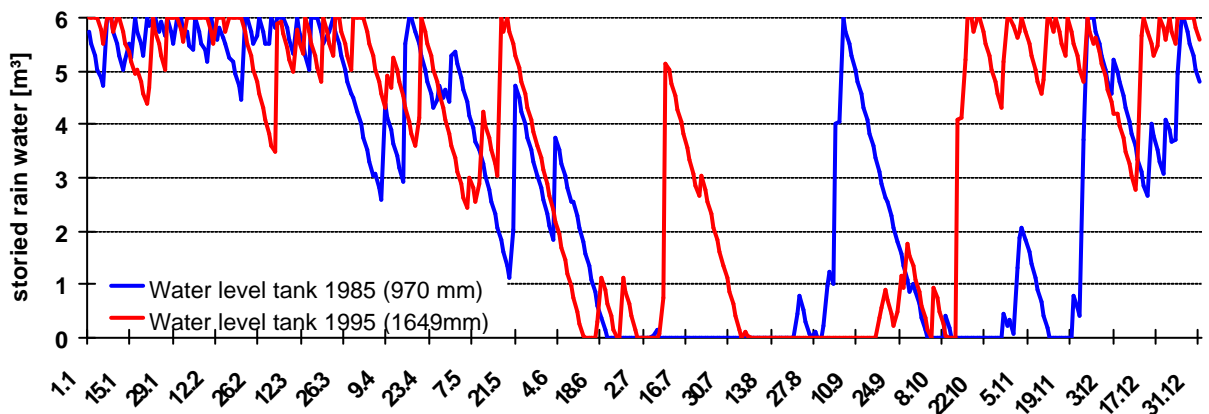


Abbildung 4: Vergleich von Speicherganglinie eines trockenen Jahres (1985, 970 mm) und eines Jahres mit hohem Niederschlag (1995, 1649 mm).

In Abbildung 4 sind zwei Speicherganglinien im Vergleich dargestellt. Die rote Linie bezieht sich auf ein regenreiches Jahr (970 mm), während die blaue Linie die Ganglinie eines regenarmen Jahres darstellt. Dies verdeutlicht, dass der Nutzungsgrad der Regenwasseranlage bereits bei dieser Speichergöße nur unwesentlich vom

Jahresniederschlag abhängt. Die Versorgungslücke in den Sommermonaten kann nicht geschlossen werden.

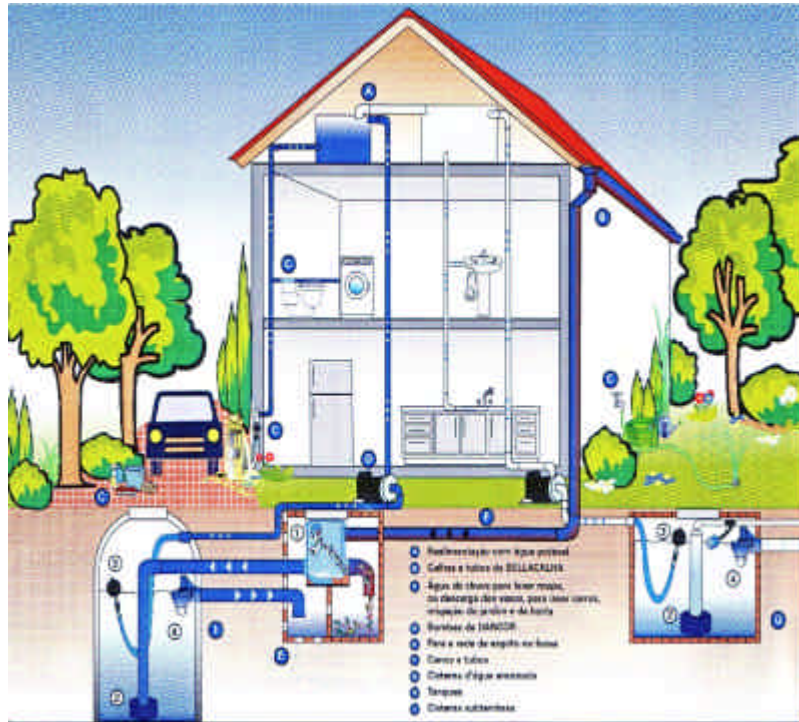


Abbildung 5: Anlagenschema einer Regenwassernutzungsanlage in Brasilien (3P do Brasil)

Abbildung 5 zeigt das Schema einer Regenwassernutzungsanlage eines brasilianischen Herstellers. Die für Entwicklungsländer und semiaride Gebiete typische Bevorratung von Wasser auf dem Dach um die Abnahmestellen ohne zusätzliche Energie über die Gravitation zu versorgen ist auch in Brasilien üblich. Diese Anlagen sind technisch auf einem sehr hohen Niveau, vergleichbar der etablierten Technologie in Deutschland. Die Kosten für eine solche Anlage betragen in Brasilien ca. 7.000 R\$ inkl. eines Kugelspeichers von 6.000 Liter Volumen.

Alternativ gibt es in Brasilien auch einfache „low budget“ Lösungen die z.B. in der Stadt Americana im sozialen Wohnungsbau eingesetzt werden. Wichtig dabei ist der Erstverwurf, d.h. dass bei einem Niederschlagsereignis der erste Schwall vom Dach nicht gesammelt wird sowie der Schutz gegen brütende Mosquitos. Stehende Gewässer sind per Gesetz zu vermeiden bzw. die Möglichkeit, dass Mosquitos diese zum Brüten nutzen muss verhindert werden. Für die Regenwassernutzung bzw. generell für das Speichern von Wasser bedeutet dies, dass alle Zu- und Abläufe gegen das Eindringen der Mosquitos geschützt werden müssen. Hierzu ist ein Netz mit einer Maschenweite < 1mm ausreichend.



Abbildung 6: Schutz gegen Eindringen von Mosquitos am Überlauf eines dezentralen Regenwasserspeichers.

Im Teilprojekt 3 „Water reuse / Grauwasser-Recycling“ wurde im Berichtszeitraum eine Recherche auf dem Brasilianischen Markt zum Thema durchgeführt. Das Thema Grauwasser- bzw. Abwasserwiederverwendung in der Gebäudetechnik ist noch nicht relevant. Es gibt vereinzelte Ansätze, so wird z. B. in der Stadt Sao Paulo gereinigtes Abwasser einer Kläranlage zur Straßenreinigung eingesetzt.

Hinsichtlich der qualitativen Bewertung von Kläranlagenabläufen zur Wiederverwendung in der Haustechnik bzw. Landwirtschaft wurden mit dem Projektpartner – der FHG IGB in Stuttgart – ein Untersuchungsprogramm festgelegt. Im Rahmen dieser Arbeiten soll die Wirkungsweise von polymeren Membranen hinsichtlich Entkeimung/Hygenisierung im Technikum untersucht werden. Grundsätzlich sollen gemeinsam Qualitätsziele für das aufbereitete Abwasser zur Wiederverwendung vor dem Hintergrund in Brasilien bestehender Gesetze und sonstigen Anforderungen, definiert werden.

Anschließend ist es geplant, in Brasilien einen Teilstrom des Ablaufs einer bestehenden Kläranlage mit einer Pilotanlage auszurüsten. Das so behandelte Abwasser soll den zu definierenden Qualitätsanforderungen an eine Wiederverwendung genügen.

In Abbildung 7 ist eine vergleichbare Membranfiltereinheit, bestehend aus Filteraufnahme, Filtratabzug, Schlammpumpe und Belüftungseinrichtung, dargestellt.



Abbildung 7: Membranfilteranlage mit 10 m² Filterfläche inkl. Filtratabzug, Schlammpumpe und Belüfterteller

4.2 Konzepte zum dezentralen Wassermanagement

Auf Basis der ermittelten Grundlage zum Wasserverbrauch, Verbraucherverhalten und den klimatischen Bedingungen wurden im Berichtszeitraum verschiedenen Szenarien zur Wasserver- und Abwasserentsorgung des geplanten Neubaugebietes in „Monte Alegre“ betrachtet.

Tabelle 2: Annahmen Wasserverbrauch in Brasilien nach Anwendungen

	Konventioneller Haushalt	Wassersparhaushalt
Gesamtverbrauch in l/(E*d)	200	140
Toilettenspülung	60 l	40 l
Hygiene	60 l	30 l
Küche	40 l	30 l
Waschmaschine	20 l	20 l
Sonstiges	20 l	20 l

Auf Grundlage der in Tabelle 2 dargestellten Verteilung des Wasserverbrauchs für einen konventionellen Haushalt und einen Wassersparhaushalt (in Anlehnung an verfügbaren

Techniken in Brasilien) wurden folgende Szenarien für das Neubaugebiet betrachtet (Abbildung 8-10).

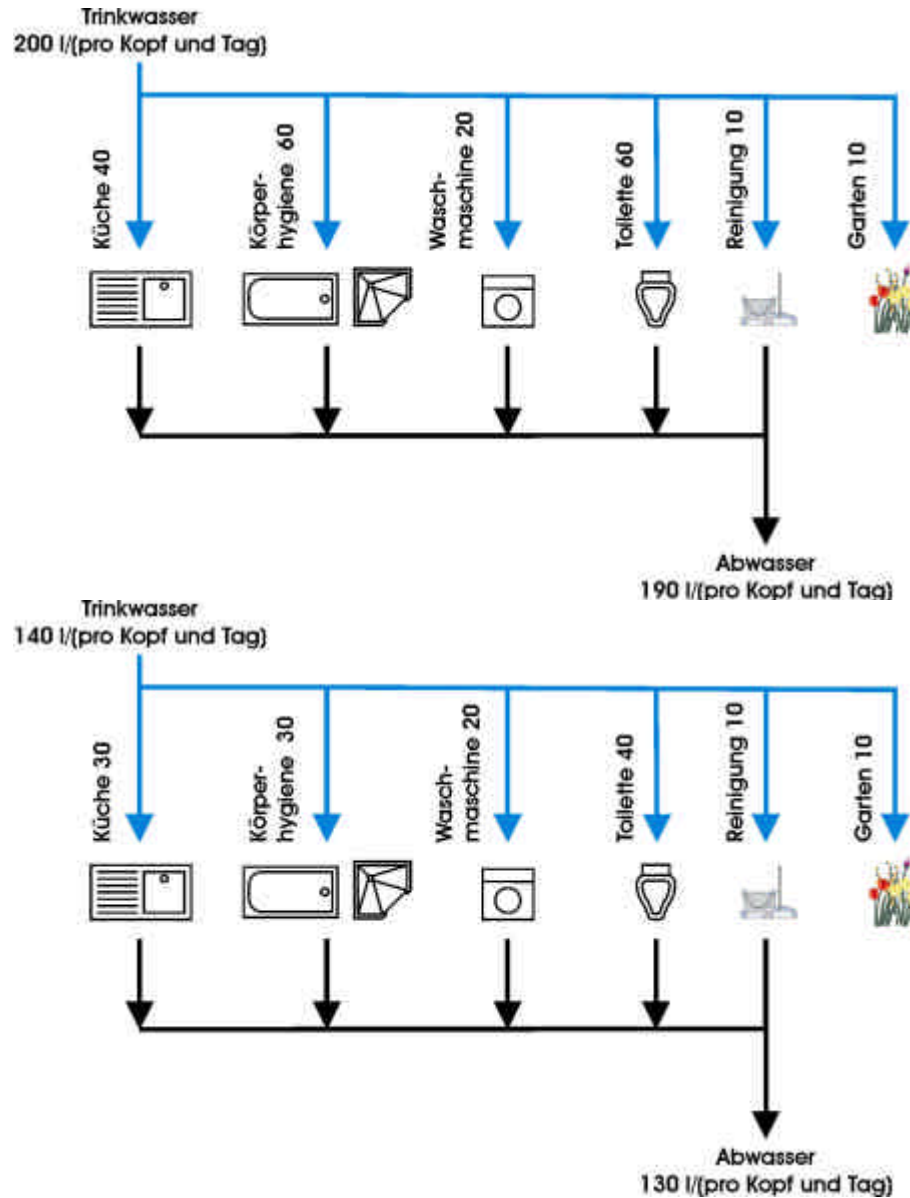


Abbildung 8: konventionelle Szenarien ohne Regenwassernutzung bzw. Grauwasser-Recycling. Mit einem normalen Wasserverbrauch von 200 l/d pro Bewohner (oben) und einem Wassersparhaushalt mit einem Wasserverbrauch von 140 l/d pro Bewohner.

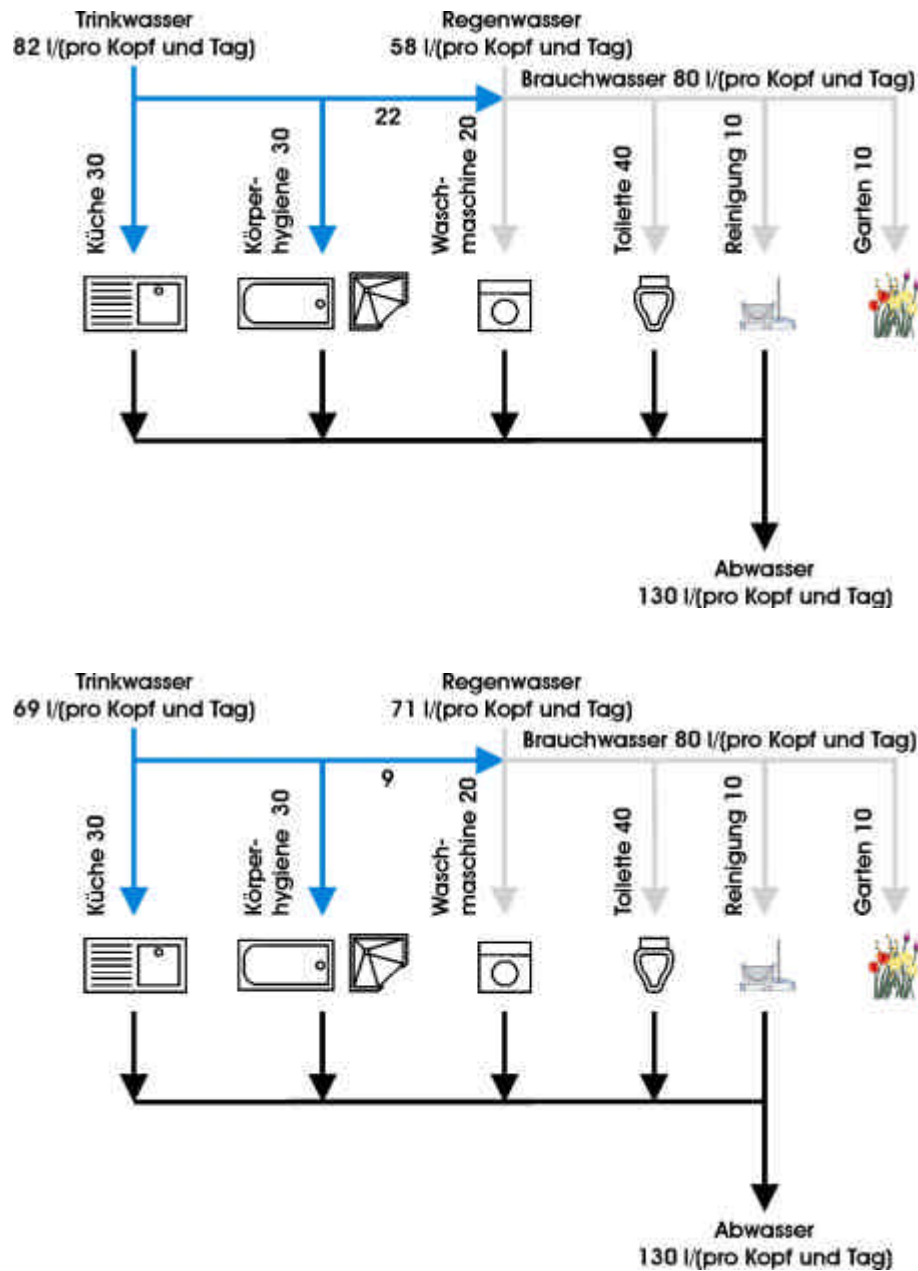


Abbildung 9: Szenarien unter Berücksichtigung der Regenwassernutzung bezogen auf einen Wassersparhaushalt. Im ersten Szenario (oben) wird ausschließlich das Dachablaufwasser zur Wiederverwendung genutzt. Im nächsten Schritt wird das Einsparpotential durch die zusätzlich Verwendung der Straßenabläufe erfasst (unten). Der Frischwasserbedarf pro Kopf kann auf bis zu 69 Liter am Tag reduziert werden.

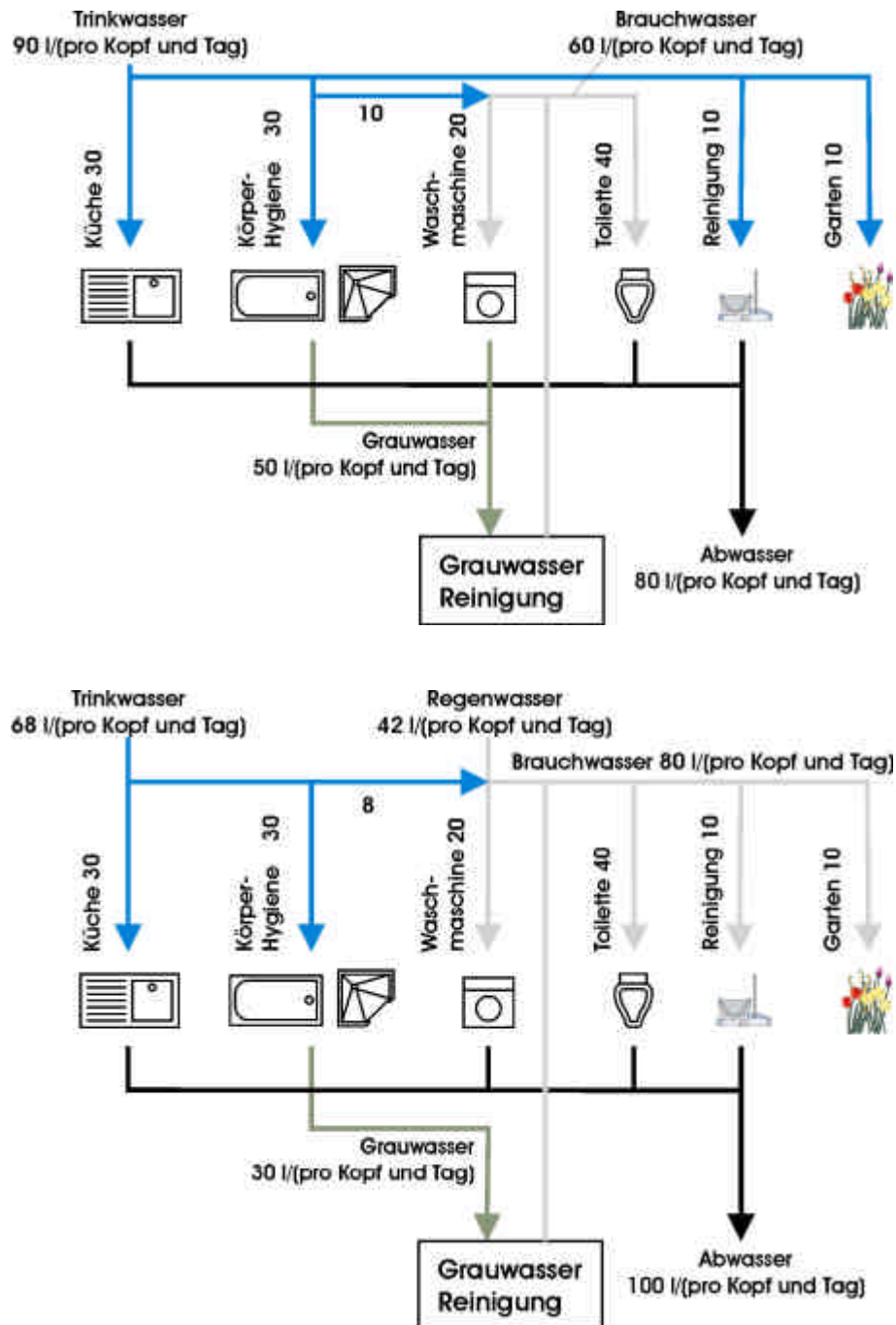


Abbildung 10: Szenarien unter Berücksichtigung des Grauwasser-Recyclings bezogen auf einen Wassersparhaushalt. Im ersten Szenario (oben) wird ausschließlich Grauwasser wieder verwendet, während im zweiten Szenario (unten) zusätzlich das Dachablaufwasser zur Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs genutzt wird. Der Frischwasserbedarf pro Kopf kann auf bis zu 68 Liter am Tag reduziert werden.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurden die Kriterien Trinkwasserverbrauch, die Abwassermenge und der Niederschlagsabfluss heran gezogen. Grundsätzlich ist der Einsatz von Wassersparteknik, und damit die Umsetzung des Wassersparhaushaltes, der erste Schritt um auf der Verbrauchsseite die Trink- und Abwassermenge abzusenken. Der erzielte Einsparerfolg für den Trinkwasserverbrauch von 200 l auf 140 l, bzw. für die Abwassermenge von 190 l auf 130 l, ergeben ein prozentuales Einsparpotential von 30 % bzw. ca. 32 %. Darüber hinaus sind die geringen Investitionskosten, die geringeren Trink- bzw. Abwasserabgaben und der geringe Aufwand zur Umsetzung, auch aus ökonomischer Sicht positiv zu bewerten.

Die folgenden Maßnahmen erzielen für das jeweilige Bewertungskriterium den größten Effekt:

- Der geringste Bedarf an Trinkwasser wird bei einer Kombination aus Regenwassernutzung über die Dachfläche und Grauwassernutzung (Abbildung 3 unten), sowie bei einer Regenwassernutzung über die Dach- und Straßenfläche (Abbildung 2 oben) erreicht. Der Trinkwasserverbrauch beträgt nur noch 68 l und 69 l/(E*d). Beide Varianten beziehen sich auf einen Wassersparhaushalt mit einer Brauchwasserabdeckung von 80 l.
- Betrachtet man die anfallenden Abwassermengen, zeigt sich das die Grauwassernutzung (Abbildung 3 oben) in einem Wassersparhaushalt mit einer täglichen Wiederverwendung von 60 l und 80 l die größte Einsparung erzielt. Die tägliche Abwassermenge sinkt auf 80 l/(E*d).
- Die Regenwassernutzung über die Dach- und Straßenfläche (Abbildung 2 unten) weist das höchste Reduzierungspotential in Bezug auf den Niederschlagsabfluss auf. Bei einem Brauchwasserbedarf von 100 l in einem konventionellen Haushalt und 80 l in einem Wassersparhaushalt, fließen nur noch 71,1 % bzw. 75,8 % des ursprünglichen Niederschlags ab.

4.3 Testanlage zur Hygienisierung von Kläranlagenabläufen

Hinsichtlich der Bewertung der Qualität der gereinigten Kläranlagenabläufe bzw. der Aufbereitung von häuslichem Grauwasser wurden im Berichtszeitraum, zwei Testanlagen betrieben.

Eine Testanlage wurde auf der Kläranlage in Tauberbischofsheim installiert und mit Abwasser aus dem Belebungsbecken beschickt (s. Abbildung 11). Ziel bei diesen Untersuchungen war es, die Betriebsbedingungen des Membranfilters unter Dauerbetrieb mittels GSM-Modem zu überwachen. Die Filtration konnte auf Grund hydraulischer Problem nicht kontinuierlich betrieben werden. Ein Überwachung der Anlage mittels GSM-Modem-Technik war nach anfänglichen Problemen zum Ende der Anlagenbetriebs kontinuierlich möglich. Es war geplant diese Testanlage im Anschluss an die Versuche in Deutschland in eine Testanlage in Brasilien zu integrieren, um den Ablauf einer konventionellen Kläranlage

in Piracicaba zu behandeln und die erzielbaren Abwasserqualitäten und Betriebsbedingungen der Ultrafiltration zu demonstrieren.



Abbildung 11: Testanlage Ultrafiltration in der Aufbauphase im Technikum der FHG (links) sowie im Betrieb auf der Kläranlage in Tauberbischofsheim (rechts)

Darüber hinaus wurde eine Testanlage aufgebaut um die Steuerung einer standardisierten, kleinen Grauwassernutzungsanlage (max. 500l/Tag Aufbereitungsleistung) im Langzeitversuch zu testen. Mmit dieser Anlage wurden verschiedene Varianten das Filtrat abzuziehen untersucht.

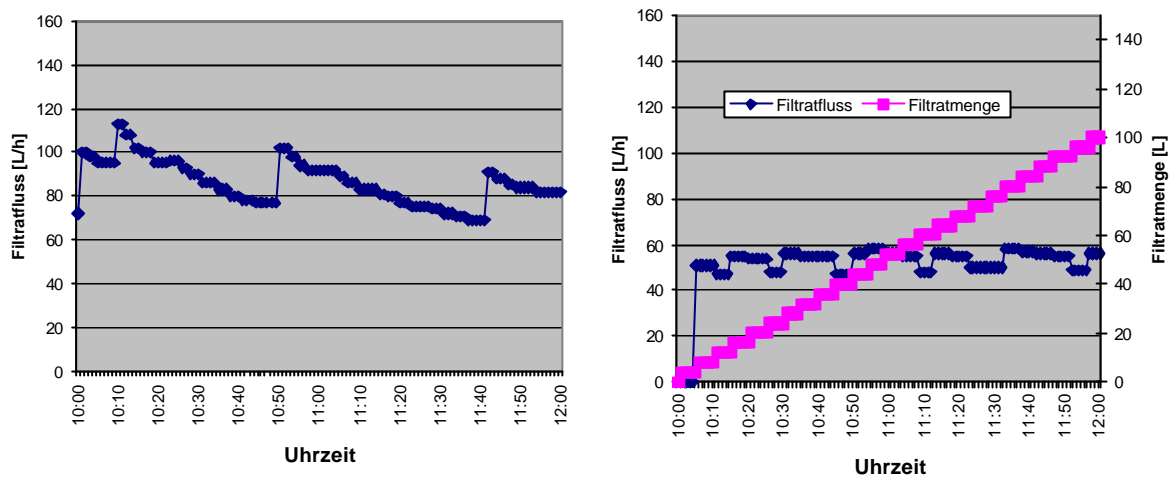


Abbildung 12: Exemplarische Darstellung des Filtratflusses im Filtrationsmodus einer Testanlage (Medium Klarwasser). Die Filtration mittels Hebepumpe (drucklos) ist in der linken Kurve dargestellt. Der Filtratfluss variiert in Abhängigkeit des Überstaus. Der Filtratfluss mit einem angepassten Vakuumsystem ist in der rechten Kurve dargestellt. Der Filtratfluss ist konstant und es wird eine gleichmäßigere Belastung der Membrane erzielt.

Die erwarteten Vorteile der Filtration mittels Vakuumsystems konnten im Langzeitversuch mit Klarwasser bestätigt werden. Im Folgenden werden kommerziell betriebenen Anlagen in Deutschland mit dem neuen System umgerüstet um Erfahrungen im Feld mit Grauwasser zu sammeln.

Die Erkenntnisse wären auch für die Anwendung in Brasilien relevant, da Betriebs- und Investitionskosten gegenüber den bislang eingesetzten Systemen reduziert werden können. Die Auswirkung auf die Standzeiten der Membranfilter kann nur mit Grauwasser bzw. Abwasser überprüft werden.

4.4 Planung von Pilotanlagen

Im Rahmen der zweiten Brasilienreise im April 2005 wurde in Gesprächen mit dem technischen Leiter der UNIMEP in Piracicaba die Sporthalle des Campus Taquaral als Standort für eine Pilotanlage ermittelt. Die Sporthalle wird täglich von bis zu 1000 Studenten besucht und bei der bestehenden Dachentwässerung bietet sich eine Nutzung an. Darüber hinaus ist die Trennung der Leitungssysteme Trinkwasser und Regenwasser im Sanitärbereich ohne aufwendige Umbaumaßnahmen möglich.

Die Errichtung von Pilotanlagen im Zuge der Neubaumaßnahme in Monte Alegre ist nach den Entwicklungen im Berichtszeitraum nicht zu erwarten

Die Auslegung und Vorplanung der Regenwassernutzungsanlage auf dem Campus der UNIMEP in Piracicaba wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen. Die Sporthalle auf dem Campus Taquaral wurde als geeignetes Objekt zur Umsetzung ermittelt.

Das Dachablaufwasser der Sporthalle soll zur Bewässerung oder zur Toilettenspülung verwendet werden. Hierbei stehen die niedrigeren Investitionskosten bei der Verwendung zur Bewässerung entgegen dem deutlich höheren Einsparpotential bei der Verwendung zur Toilettenspülung.

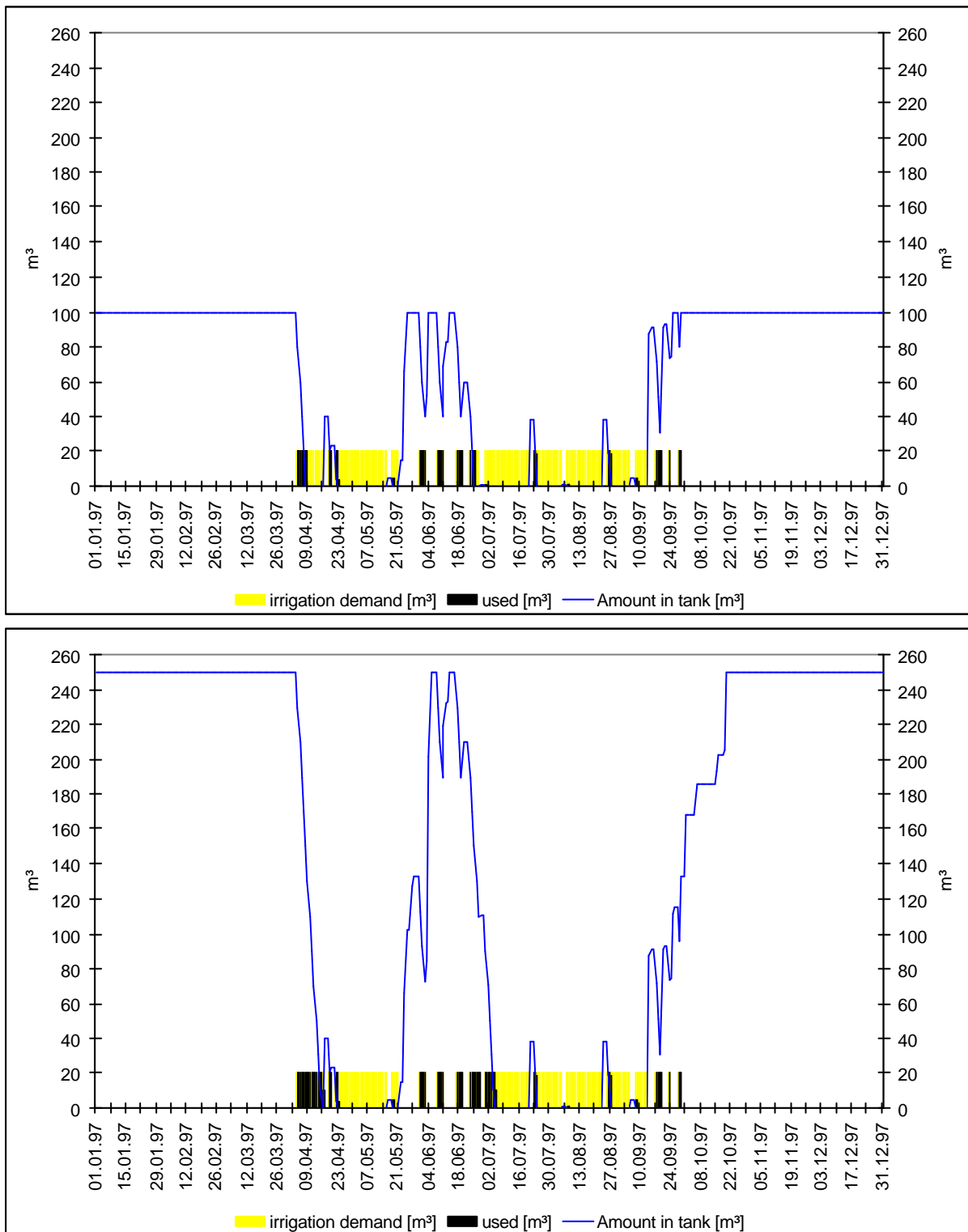


Abbildung 13: Speicherganglinien bei einem Tankvolumen von 100 m³ und 250 m³

Die Abbildungen zeigen, dass die vollständig befüllten Tanks bei einsetzen der Trockenzeit nach ca. einer Woche (100 m³), bzw. nach ca. zwei Wochen (250 m³), entleert sind. Die Niederschlagsverhältnisse von Ende Mai bis Anfang Juli führen zu einer Auffüllung der Speicher und somit zu einer kurzzeitigen Abdeckung des Bewässerungsbedarfs. Generell ist zwischen den zwei Tankgrößen kein erheblicher Unterschied in der zeitlichen Abdeckung des Bewässerungsbedarfs festzustellen.

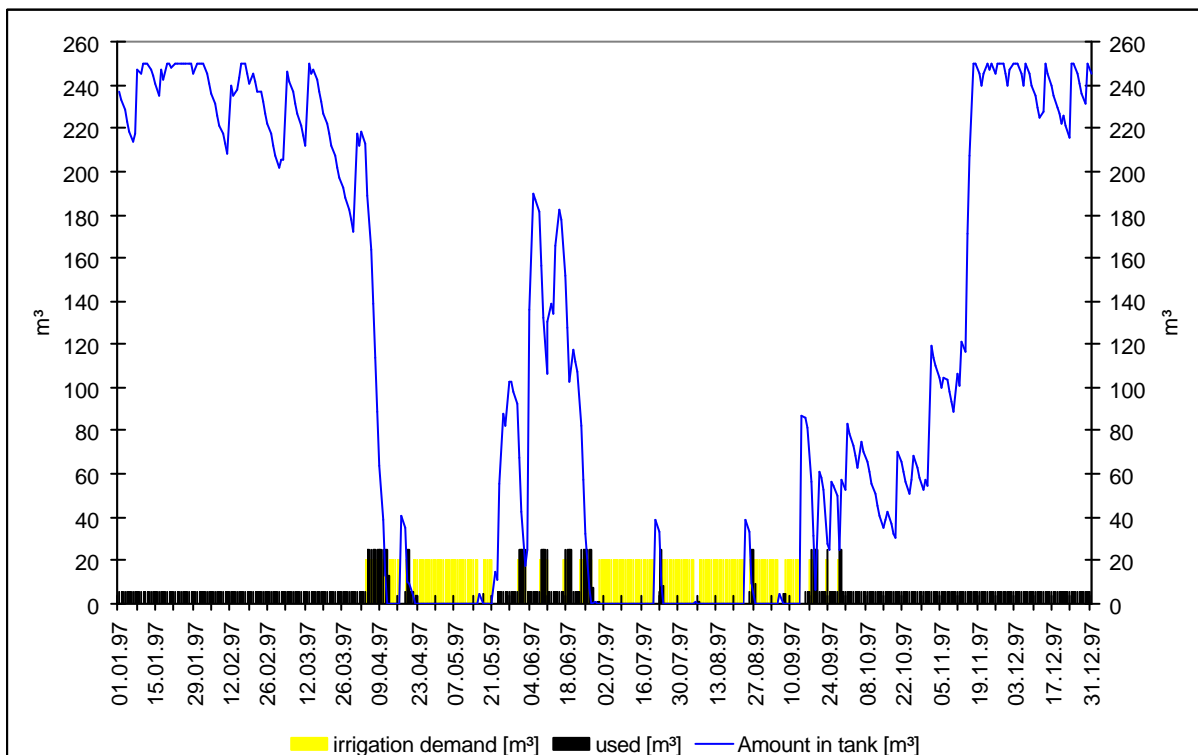
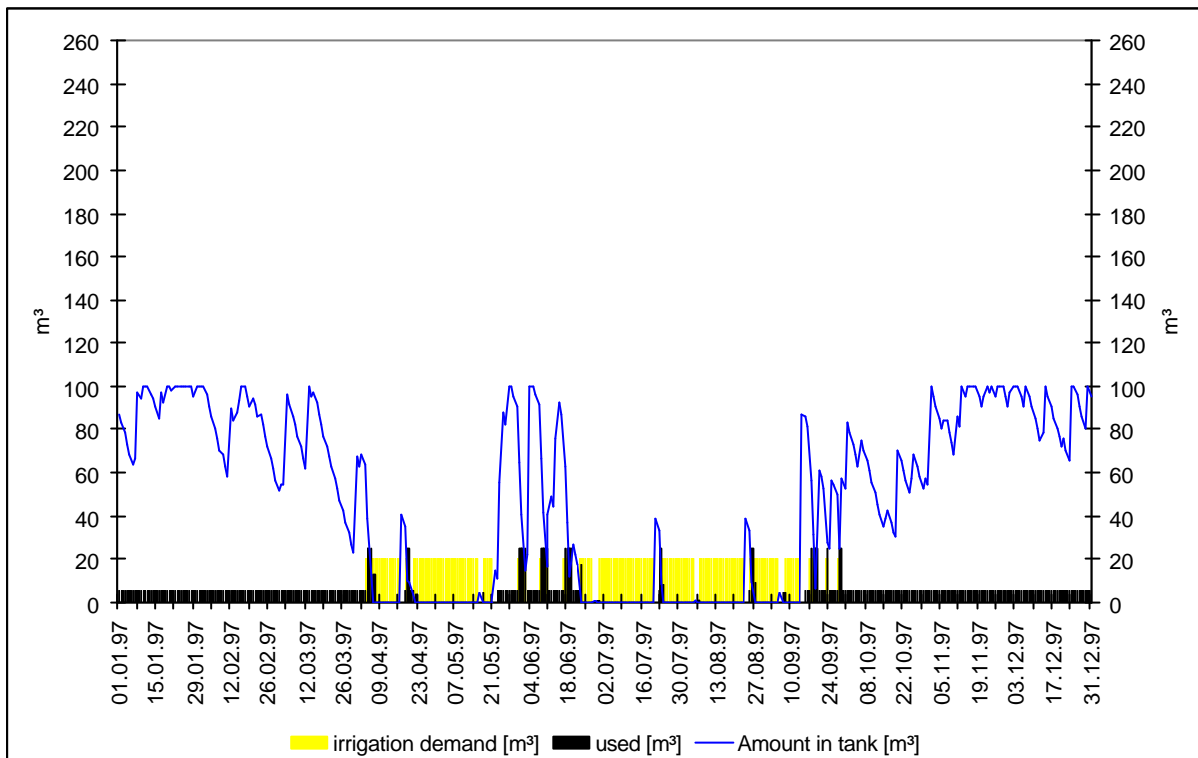


Abbildung 14: Speicherganglinien bei einem Tankvolumen von 100 m³ und 250 m³

Integriert man die Versorgung der Toilettenspülung ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen in Bezug auf die zeitliche Abdeckung des Bewässerungsbedarfs mit gespeichertem Regenwasser. Von Vorteil ist, dass auch die gespeicherten Niederschläge außerhalb des Bewässerungszeitraums genutzt werden.

Das Trinkwassereinsparpotential bei einer Versorgung der Sportplatzbewässerung von jährlich ca. 640 m³ (Tankvolumen 100 m³) gegenüber der Einsparung bei einer kombinierten Versorgung der Bewässerung und der Toilettenspülung von jährlich ca. 1.560 m³ (Tankvolumen 100 m³) zeigt, dass eine Ausweitung auf die Versorgung des Sanitärbereichs der Sporthalle ökonomisch sinnvoll ist. Insbesondere die Nutzung des Regenwassers zur Toilettenspülung während der Regenzeit erhöht die Effektivität des Systems. Unabhängig der Speichergröße und der zusätzlichen Anwendung zur Toilettenspülung, bleibt die Zeitspanne der „leeren“ Zisterne in der Trockenzeit annähernd gleich (vergl. Abbildung 13 und 14).

Eine Umsetzung ausschließlich auf die Versorgung der Toilettenspülung ausgerichtet ist eine sinnvolle Alternative. Die folgende Abbildung 15 verdeutlicht, dass der Brauchwasserbedarf in ca. 41 Kalenderwochen (1997) vollständig abgedeckt ist. Pro Jahr wird durchschnittlich eine Trinkwassermenge von ca. 1.290 m³ eingespart. Bei der halben Speichergröße kann gegenüber der Anwendung zur ausschließlichen Bewässerung die doppelte Menge Trinkwasser eingespart werden. Eine Gegenüberstellung der Investitionskosten zum Umbau der Sanitäreinrichtungen mit den Errichtungskosten für Regenwasserspeicher ist leider auf Grund fehlender Daten aus Brasilien nicht möglich. Für das weitere Vorgehen wurde eine Kostenabschätzung diesbezüglich vorgeschlagen.

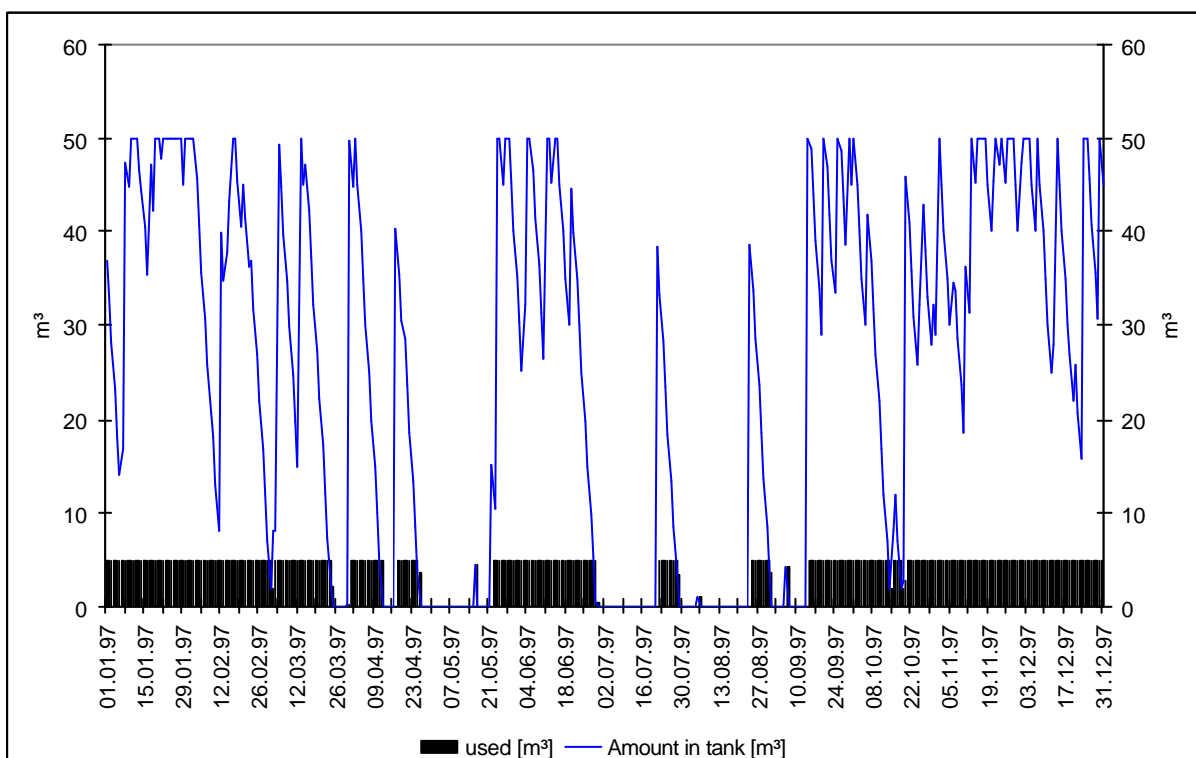


Abbildung 15: Speicherganglinie und Brauchwasserversorgung der Toilettenspülung (Tankvolumen: 50 m³)

5 Workshops

Im gesamten Projektzeitraum hat nur ein Workshop unter Beteiligung der GeoTerra GmbH in Brasilien stattgefunden (November 2004). Im November 2005 war ursprünglich ein Workshop geplant, der aber aus zeitlichen Gründen nicht stattfinden konnte. Die Alternative – eine Gruppe aus Brasilien in Deutschland zu schulen konnte Projektzeitraum auch nicht realisiert werden.

Der Wissenstransfer zu den aktuellen und zukünftigen Entscheidungsträgern in Brasilien konnte nicht in dem geplanten Umfang realisiert werden.

6 Verwertungsaussichten

Die Aussichten auf eine erfolgreiche wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse standen Ende 2006 in Frage. Hierfür sind wesentlich zwei Punkte von Bedeutung:

1. Pilotanlagen sind von entscheidender Bedeutung, eine neue Technologie in einen neuen Markt einzuführen. Ein höherer Markteintrittspreis gegenüber inländischen Produkten können den Kunden in den Zielländern nur über laufende Referenzen rechtfertigt werden. Die Vorteile auf Grund betriebsbedingter Faktoren wie Betriebskosten, Zuverlässigkeit, Betriebssicherheit und Lebensdauer sind zu belegen.

Der Bau von Pilotanlagen war ein wichtiger Bestandteil des Projekts. Der Verlauf der Gespräche in Piracicaba im zweiten Halbjahr 2006 haben gezeigt, dass eine Pilotanlage zur Regenwassernutzung auf dem Campus der UNIMEP nicht realisiert werden wird.

2. Grundsätzlich ist das Marktpotential im Bereich „water reuse“ in Brasilien gering bzw. nur langatmig zu erschließen. Im Süden Brasiliens ist die Ressource Wasser nicht wirklich knapp. Das Problem stellt sich in der Umweltbelastung durch fehlende oder unzureichende Abwasserbehandlung. Insbesondere im Rahmen der Bewertungen der Kläranlagen durch den Projektpartner FHG IGB wird dies deutlich. Die Qualität der Oberflächengewässer auf Grund der Einleitung von unzureichend gereinigten Abwässern ist schlecht, wodurch die Trinkwasseraufbereitung sicherlich beeinflusst wird. Primär werden die Probleme aber nicht durch Wassersparen oder Wiederverwendung von Regenwasser und Grauwasser gelöst.

Die bis zum vorzeitigen Ende des Projekts durchgeführten Arbeiten wurden zu einem sinnvollen Ende gebracht worden. Grundsätzliche Erkenntnisse sind im Rahmen der Weiterentwicklung von Membranfilteranlagen zur Aufbereitung von Grauwasser wirtschaftlich verwertbar. Insbesondere die Erfahrungen bei der Fernüberwachung mittels GSM-Technik haben in der weltweiten Verwertung einen hohen Stellenwert hinsichtlich Anwendung und Kostenoptimierung.

In Abstimmung mit dem Koordinator des Verbundprojekts (FHG IGB) wurde das Teilprojekt 2 „*Regenwassernutzung und Grauwasser-Recycling als Bestandteil nachhaltiger Wasserkonzepte.*“ zum 31.12.2006 vorzeitig beendet. Die Teilprojekte des Koordinators und des Industriepartners (Fa. MAXX) sind von dieser Entscheidung unbeeinflusst, da außer der Veranstaltung von Workshops in Piracicaba keine weiteren unmittelbaren gemeinsamen Aktivitäten geplant waren.

Aachen, den 29.10.2007

C. Wilhelm