

# Vom Wassersparen zur Abwasservermeidung

## Variationen eines Themas



# Ökologische Sanitärkonzepte

## Vom Wassersparen zur Abwasservermeidung

*"Außerdem haben wir uns dem globalen Wasserproblem zu spät intensiv gewidmet. Die Frage, wie wir auf der Welt mit dem Wasser umgehen, wird an vielen Orten über Krieg und Frieden mitentschieden. Dass wir Wasser immer noch als Transportmittel für Fäkalien und Industrieabwasser benutzen, um sie nachher aufwendig und unter hohem Energieverbrauch in der Kläranlage wieder herauszuholen, ist doch keine zukunftsfähige Lösung. Das kann kein Modell für Megastädte in den Entwicklungsländern mit 20 Millionen Einwohner sein."*

Der ehemalige Rheindurchschwimmer Klaus Töpfer in einem Interview in der FR v. 26.1.98 anlässlich seines Wechsels zum Umweltprogramm der Vereinten Nationen (Unep).

### 1 Wieviel Wasser brauchen wir?

Die geschätzte jährlich verfügbare und erneuerbare Menge an Süßwasser wird global auf minimal 9.000 km<sup>3</sup> und maximal auf 14.000 km<sup>3</sup> geschätzt. Angesichts des geschätzten heutigen Gebrauchs von etwa 5.500 km<sup>3</sup> wird klar, dass man sich bereits in absehbarer Zeit mit effizienter Wassernutzung (Mehrfachnutzung etc.) auseinandersetzen müssen wird.

### 2 Bei uns Wassermangel?

Deutschland gehört zu den süßwasserreichen Regionen der Erde und von einem knappen Angebot kann nicht gesprochen werden. Trotzdem kam es in der Vergangenheit lokal immer wieder zu Wassermangel im Sommer. Inzwischen ist auch die Gefahr lokaler Mangelsituationen durch entsprechende Maßnahmen (Wassersparprogramme, Erschließung von Fern- oder Tiefenwasser) trotz derzeit abnehmender Sommerniederschläge sehr gering.

Der Grund für solche Maßnahmen lag aber auch in der abnehmenden Qualität der lokalen Ressourcen.

In der BRD mußten in den letzten 20 Jahren weit über 1000 Trinkwasserbrunnen wegen zu hoher Nitrat- und Pflanzenschutzmittelwerte aufgegeben werden. Die Nitratkonzentration des Grundwassers in Deutschland steigt jährlich um 1-2 mg/l und etwa 10-20% aller Grundwasservorkommen weisen einen Nitratgehalt von über 50 mg/l (Grenzwert) auf.

### 3 Bei uns kommt das Wasser aus dem Hahn!

Die Selbstverständlichkeit der alltäglichen Wasserversorgung dürfte eng mit der Unsichtbarkeit der entsprechenden Infrastruktur zusammenhängen: Wasser kommt "aus dem Hahn", mehr ist von der öffentlichen Wasserversorgung im Normalfall nicht zu spüren. Sie tritt erst dann ins Bewußtsein, wenn sie aus irgendwelchen Gründen gestört ist.

In der unmittelbaren Wahrnehmung des überwiegenden Teils der bundesdeutschen Bevölkerung spielt die Wasserproblematik nur eine sehr untergeordnete Rolle. Trinkwasser gilt zu jeder Zeit in jeder beliebigen Menge als

verfügbar und die Maßnahmen zur Reinhaltung der Gewässer gelten als der Umweltbereich mit den meisten Erfolgen. Nicht zuletzt die alljährlichen Meldungen über den Ausbau von Kläranlagen leisten dieser Auffassung Vorschub.

Umfragen im Ausland (lokal auch in den 5 neuen Ländern) geben da ein ganz anderes Bild. In den weitaus meisten Ländern dieser Erde gehört das Thema Wasser nach Ansicht der Befragten zu den drei drängendsten Problemen überhaupt.

Es wird geschätzt, dass heute mehr als 1,2 Milliarden Menschen keinen sicheren Zugang zu Trinkwasser haben und in Asien, Lateinamerika und Afrika ca. 90% des Abwassers ungereinigt abgeleitet wird.

### 4 Wieviel Wasser sparen wir?

Obwohl das Thema Wasser in Deutschland als Problem kaum wahrgenommen wird, steht das Thema Wassersparen als sinnvoll erachtete Sache ganz oben an, und die Meisten begründen Ihre Meinung mit der

Tab.1 Wasserverbrauch in Deutschland (<sup>1</sup> nach Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, KA12/97; <sup>2</sup> nach Hessischem Umweltministerium 11/94)

| Wasserverbrauch pro Person und Tag in Deutschland<br>(in Litern) |                                |                                   |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|
|  | Normaler Haushalt <sup>1</sup> | Wasser-Spar-Haushalt <sup>2</sup> |
| Baden, Duschen   | 46                             | 30                                |
| Körperpflege   | kA.                            | 9                                 |
| Toilette   | 35                             | 20                                |
| Wäsche   | 15                             | 12                                |
| Geschirr   | 8                              | 10                                |
| Putzen, Garten, Auto   | 8                              | 5                                 |
| Kochen, Trinken  | 5                              | 4                                 |
| Kleingewerbe   | 11                             | kA.                               |
| Summe  | 128                            | 90                                |

Wasserknappheit.

Wenn bisher von Wassersparen im Haushalt die Rede war, bezog sich das Sparen auf den durchschnittlichen Wasserverbrauch in den privaten Haushalten, der sich auf den Wasserzählern in den Wohnungen ablesen lässt. Dieser sinkt in Deutschland derzeit von Jahr zu Jahr, z.B. von 132 Litern 1995 auf 127 Liter 1998 pro Person und Tag. Danach liegt Deutschland am unteren Ende der Industrieländer mit einer Streubreite von ca. 120 (Belgien) bis 316 l (Australien) pro Einwohner (ohne USA).

### 5 Wieviel Wasser trinken wir?

Die Aufschlüsselung (Tab.1) des Wasserverbrauchs nach Nutzungsarten gibt Hinweise auf die deutlichen Einsparpotentiale, die hier von vielen Experten noch immer gesehen werden. So wurde in deutschen Haushalten bereits nach Schätzungen Anfang der 80er Jahre etwa ein Drittel des Trinkwasserverbrauchs für die Toilettenspülung benötigt, ein weiteres Drittel wurde zum Baden und Duschen eingesetzt, und das letzte Drittel floß in die Nutzungsarten Wäschewaschen, Geschirrspülen, Körperpflege, Gartenbewässerung, Raumreinigung, sowie Autopflege. Auch wenn sich diese Zahlen von Haushalt zu Haushalt stark unterscheiden können, ist anzunehmen, daß sich die Größenordnungen und insbesondere das geringe Ausmaß der Verwendung von Trinkwasser höchster Qualität zum Trinken und Kochen seither nur wenig geändert haben.

Diese Zahlen täuschen allzu leicht darüber hinweg, dass die o.g. Angaben nur einen Bruchteil des tatsächlich von uns gebrauchten Süßwassers darstellen. Fast für jedes Produkt das wir mit nach Hause nehmen wird bei der Herstellung Wasser benutzt. Man kann davon ausgehen, dass auf diese Weise weit mehr verstecktes (Ab-)Wasser in die Haushalte im- bzw. exportiert werden, als es die „Verbrauchswerte“ auf unseren Wasserzählern vermuten lassen. So sind beispielsweise zur Herstellung eines einzigen Autos bis zu 200.000 l Wasser erforderlich. Auch bei ein und demselben Produkt gibt es enorme Unterschiede. Für eine Tomate aus dem Intensivanbau in Südspanien muß ein Vielfaches an Energie und Wasser eingesetzt werden, als für eine Freilandtomate aus Deutschland. Für den Verbraucher gibt es bisher keinerlei diesbezügliche Information, folglich sind die Kräfte von Angebot und Nachfrage in dieser Hinsicht weitgehend außer Kraft gesetzt. Auch für andere Konsumgüter lassen sich eindrucksvolle „ökologische Wasser-Rucksäcke“ aufzeigen. So wurden z.B. für die Produktion von einem DIN A4 Blatt Papier früher bis zu 3 Liter benötigt. Für 10 Stückchen Würfelzucker benötigt man ca. 0,045Liter (ohne Bewässerung).

### 6 Wieviel Wasser essen wir?

Theoretisch reicht z.B. 1m<sup>3</sup> Wasser gerade einmal, um 1kg Brot herzustellen. Den weitaus überwiegenden Teil nutzen dabei die Pflanzen, aus den denen die Rohstoffe für ein Brot hergestellt werden. Der theoretische Wasserbedarf

Tab.2: Jährliche Wasserentnahme, aufgeteilt nach Verwendung in der Landwirtschaft, der Industrie und den Haushalten (nach WRI 1996, BMZ 1995, Stat. Landesamt BaWü\*)

|                    | Jahr | Gesamt<br>km <sup>3</sup> | Landwirtschaft |                   | Industrie<br>(Elektrizitätsg.) | Haushalt |
|--------------------|------|---------------------------|----------------|-------------------|--------------------------------|----------|
|                    |      |                           | %              | m <sup>3</sup> /E | %                              |          |
| Baden-Württemberg* | 1998 | 5,7                       | 0,3            | 14                | 88(79)                         | 12       |
| Afrika             | 1995 | 145                       | 88             | 175               | 5                              | 7        |
| Asien              | 1987 | 1.633                     | 85             | 460               | 9                              | 6        |
| Europa             | 1995 | 455                       | 31             | 244               | 55                             | 14       |
| Nordamerika        | 1995 | 608                       | 49             | 711               | 42                             | 9        |
| Südamerika         | 1995 | 106                       | 59             | 196               | 2                              | 19       |
| Ozeanien           | 1995 | 17                        | 34             | 199               | 23                             | 18       |

eines Vegetariers in den Industriestaaten für Trinken, Hygiene, Wohnen, Essen (2500 kcal. pro Tag) sowie gewerbliche und industrielle Aktivitäten läßt sich auf jährlich rund 600m<sup>3</sup> Süßwasser berechnen. Bei einer Ernährung von 80% pflanzlicher Nahrung und ca. 20% Fleisch (5 m<sup>3</sup> pro 1 kg mageres Rindfleisch) verdoppelt sich der Gebrauch rein rechnerisch auf über 1200m<sup>3</sup>. Der weltweit geschätzte Gebrauch an Süßwasser liegt derzeit durchschnittlich bei ca. 800 - 1200 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr. Je nach Auswahl und dem Umgang (Verschwendung etc.) mit Nahrungsmitteln liegen die Zahlen in der Praxis noch wesentlich höher (ZEHNDER et al. 1998).

**Daran mag man erkennen, dass der größte Teil des Wassers für die Produktion unserer Nahrungsmittel benötigt wird (Tab.2). Damit ist klar, dass auch wir über den bewussten Einkauf von Nahrungsmitteln die Wasserknappheit und die Wassernutzung in weit entfernten Ländern unmittelbar und nennenswert beeinflussen.**

Für einen Liter Orangensaft werden z.B. 25 Liter Bewässerungswasser benötigt.

### 7 Vom Wassersparen zur Abwasservermeidung

Das Leben auf der Erde sollte auch in einigen hundert Jahren noch möglich sein. Dieses erfordert dauerhafte Sanitärkonzepte, welche die menschliche Ernährung in natürliche Kreisläufe integrieren, insbesondere auch in städtischen Gebieten.

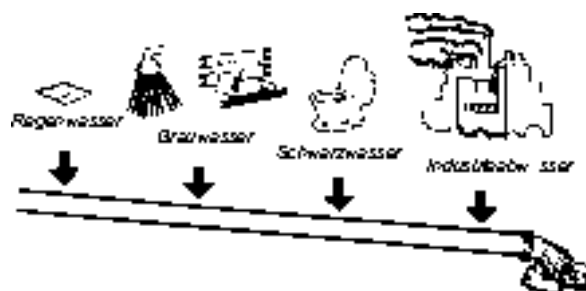


Abb.1: end-of-pipe (aus Esrey et al. 1998)

Wer nur die Wassermenge betrachtet, der verliert die wasser gebundenen Stoffströme (Abb.1) aus dem Blickfeld. Spültoilette und Schwemmkanal mit zentraler Kläranlage haben als "end-of-pipe"-Technologie gravierende Nachteile: Wasserverbrauch, belasteten Klärschlamm (Abfall!), ständige Nährstoffverluste in die Gewässer und einen relativ hohen Energieverbrauch.

## 7 Wie kamen wir zum WC?

Gruben mit Abfuhr oder Schwemmkanalisation – um diese Alternative wurde in Deutschland jahrzehntelang heftig gestritten.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurde zunehmend erkannt, welche gesundheitlichen Gefahren von Brunnen ausgehen, die zu nah an Abwassergruben oder Kanälen liegen. Vor allem englische Aufklärungsschriften verbreiteten diese Erkenntnis.

Den in Abb.2 illustrierten Zusammenhang hatte man zwar erkannt, aber man stritt sich über die wissenschaftlichen Erklärungen und die vorzuschlagenden Lösungen.

Die Diskussion war damals eng mit der Erklärungskraft der Naturwissenschaft verbunden. Die Abfuhr – also die Trennung der Fäkalien von den übrigen Abwässern und

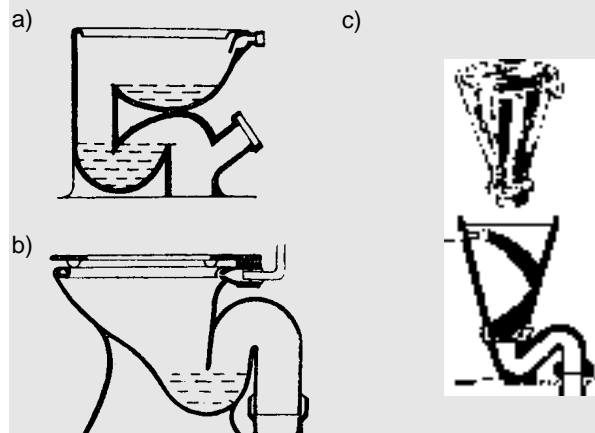


Abb.2: Illustration aus Aufklärungsschrift zum Ende des letzten Jahrhunderts

ihre Sammlung in Gruben – hätte Dünger für die Landwirtschaft und eine weniger große Belastung für die Gewässer bedeutet. Für diese Lösung plädierte unter anderem der Agrikulturchemiker Justus von Liebig. Für die Schwemmkanalisation – das bedeutete den Abtransport von festen und flüssigen Stoffen in einem Kanalsystem mit viel Wasser – setzten sich vor allem viele Ingenieure und Hygieniker ein. Die Miasmen-Theorie, die Ansteckungen über Ausdünstungen des Bodens erklärte, führte um 1860 zu einer „krankhaften“ Angst vor dem Gestank der Fäkaliengruben. Bis dahin wurde der Grubenhalt als wertvoller Dünger angesehen und Bauern aus der Umgebung zahlten dafür, den Dung aus den Städten abholen zu dür-

### Auch das WC hat eine Geschichte

Die Erfindung des Spülkasten Klosetts gilt nach einer Umfrage in England als wichtigste Erfindung überhaupt. Die ersten Modelle stammen bereits aus dem 16. Jahrhundert (siehe Titelbild). Trotzdem sollte es noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts dauern bis alle auch heute noch gängigen WC-Typen (Flach- und Tiefspülklosett um 1890) für den kleineren Geldbeutel entwickelt waren. Lange Zeit waren Spültoiletten nur etwas für reiche Leute und allenfalls so unbequeme Modelle, wie das Trichter Klosett, hat eine gewisse Verbreitung erfahren.



fen. Schließlich wurden die Bauern sogar davor gewarnt, sich zu nah über ihre Äcker zu beugen, da aus dem Boden tödliche Miasmen aufsteigen würden. Die Auswertung der Choleraepidemien in den 1830er Jahren konnte jedoch die Miasmentheorie nicht bestätigen. Vor allem Max von Pettenkofer als Inhaber des ersten Lehrstuhls für Hygiene in München lenkte die Aufmerksamkeit auf den Boden. Die Luftverunreinigung durch verunreinigten Boden blieb daher noch lange ein dominierendes Thema - *"schließlich brauche der Mensch täglich 9000 Liter Luft, aber nur 3 Liter Wasser"* - so Pettenkofers Argumentation. Seine Schlussfolgerungen gingen dahin, dass die Cholera *"durch Entwicklung eines Gases, bei Zersetzung flüssiger Exkrementtheile in feuchtem, porösem Erdreich"* verursacht wurde. Die Einführung der Kanalisation sollte laut Pettenkofer vor allem dem Entzug von Feuchtigkeit aus städtischen Böden dienen, um damit die Entstehung pathogener Ausdünstungen an der Quelle zu verhindern. Pettenkofers Annahme, dass das unreine Wasser selbst nicht schlimmer als destilliertes Wasser oder Regen sei, diente bis in das 20. Jahrhundert als Argument, eine Klärung der Hausabwässer für nicht notwendig erachten zu müssen. Der Bau von Kanälen hatte aber noch eine andere Ursache. Mit der Verdichtung der Innenstädte durch den Straßenbau versickerte der Regen nicht mehr vor Ort, sondern musste abgeleitet werden.

Die Einleitung der Fäkalien in die Kanäle war dagegen lange verboten und umstritten. Erst mit der Verbreitung zentraler Wasserversorgungen, privaten Bädern und Spültoiletten wurden die Fäkalien so sehr verdünnt, dass man keinen anderen Ausweg mehr sah, als sie in die Kanäle zu leiten - zu Düngezwecken waren sie damit nicht mehr zu gebrauchen. Aus vielen Bachläufen wurde ein

‘Schwemmkanal’, aus kleinen Kanalrohren wurden große. Ein weiterer Grund dafür, dass es bald keine Alternative mehr zur Ableitung von Fäkalien und Urin in Kanäle gab, war die zunehmende Verfügbarkeit von künstlichen Düngestoffen seit den 1920er Jahren (Kalibergbau, Guano etc.). Dies ließ auch die bis dahin engagiertesten Gegner der Schwemmkanäle schließlich verstummen. Erst heute erkennen einige die Nachteile dieses über 100 Jahre gewachsenen Abwasserkonzeptes und entwickelt allmählich Alternativen.

### 8 Woher kommen Stickstoff und Phosphor

Ein Ersatz unserer „end-of-pipe“ Strategie ist langfristig unumgänglich, wie sich durch Massenbilanzen zeigen lässt. Der Nährstoff Phosphor, wie er heute in der Landwirtschaft verwendet wird, stammt aus fossilen Reserven. Die bekannten Phosphor-Lagerstätten reichen beim heutigen Verbrauch je nach Quelle für 80 (WHO) bis 150 Jahre (U.S. GEOLOGICAL SURVEY 1999). Ob noch weitere Vorkommen an Phosphor verfügbar gemacht werden können, ist unklar. Viele Länder schreiben für Phosphatdünger Cadmiumgrenzwerte vor, die unterhalb der geogenen Durchschnittskonzentrationen heute bekannter Phosphoreserven liegen. Im Gegensatz zum Phosphor stammt der Stickstoff aus der Luft. Im Haber-Bosch-Verfahren wird Luftstickstoff unter hohem Energieaufwand in Ammoniak umgewandelt. Der Primärenergieeinsatz für eine Tonne Stickstoff (N) beträgt etwa 49,1 GJ (PATYK & REINHARD 1997). Allein bei einer

**Wasser Berlin in Zahlen**  
 Unter der Annahme, dass von 50.000 Besuchern der Wasser Berlin ca. 45.000 einmal pinkeln gehen und 5.000 ein großes Geschäft hinterlegen, entspricht das der Stickstoffmenge von 110 kg (und der Phosphormenge von ca. 13 kg). Damit ließen sich ca. 5 Tonnen Getreide auf ca. 1 Hektar produzieren. Anders ausgedrückt, jedes Pinkelereignis enthält durchschnittlich genug Stickstoff, um 100 g Getreide anzubauen.

Substitution des aus der Luft gewonnenen Stickstoffs durch den Stickstoff aus Fäkalien und Urin ließen sich bei einem durchschnittlichen Nährstoffgehalt von ca. 3 kg N/Person und Jahr rechnerisch ca. 40 kWh/E\*a an Primärenergie einsparen. Hinzu kommt, dass die für den Transport in der Schwemmkanalisation notwendige Verdünnung der Abwässer durch Trink- und Regenwasser eine wesentliche Ursache für den hohen technischen Aufwand bei der nachgeschalteten Abwasserreinigung ist. Zudem weisen viele der öffentlichen Abwasserkanäle in Deutschland Schäden auf und müssen saniert werden (DYK, C., & J. LOHAUS 1998). Damit stellt sich für die öffentlichen Betreiber die Frage, ob längerfristig nicht alternative Entsorgungskonzepte mit geringeren Gesamtkosten und ökologischen Vorteilen zu realisieren sind. Bisher betrachtete man das Abwasser bevorzugt am Ende des Kanalnetzes. Die Regenwasserbewirtschaftung zeigt, dass dies bereits allein aus Wassermengensicht ein

schwerwiegender Fehler war. Die lokale Versickerung des wenig verschmutzten Regenwassers durch die belebte Bodenschicht scheint sich zumindestens in den Köpfen der Planer allmählich flächendeckend durchzusetzen. Erste Hochrechnungen gehen davon aus, dass eine flächendeckende Regenwasserbewirtschaftung (Retention, Versickerung, Betriebswassernutzung) durchaus in der Lage ist, auch hochwasserdämpfend zu wirken - spätestens nach der nächsten Hochwasserwelle in Mainz oder Köln wieder ein hoch aktuelles Thema. Eine erste Simulation einer fiktiven norddeutschen Modellstadt mit 500.000 Einwohnern ergab, dass in trockenen Sommern das Wasser vieler Flüsse oft zu mehr als

Tab.3: Energie- und Nährstoffgehalte im Abwasser

| Charakterisierung des Schwarzwassers sowie die Energieäquivalente der enthaltenen Nährstoffe |         |                  |     |       |       |                  |    |
|--|---------|------------------|-----|-------|-------|------------------|----|
| Parameter  |         | BSB <sub>5</sub> | CSB | Nges. | Pges. | K <sub>2</sub> O | SS |
| Primärenergie Düngemittelherstellung   | GJ/t    |                  |     | 49,1  | 17,7  | 10,5             |    |
| Nährstoffgehalte Schwarzwasser (Urin + Fäkalien)   | kg/ E*a | 13               | 26  | 5,5   | 0,6   | 1,17             | 19 |
| Geschätzter Anteil Schwarzwasser im Abwasser   | %       | 44               | 60  | 90    | 42    | 80               | 74 |
| Primärenergieäquivalent  | kWh/E*a |                  |     | 40    | 4     | 3                |    |

50% aus dem Abfluss der Kläranlagen besteht. Die Simulation der fiktiven Einführung einer Abtrennung des Schwarzwassers - z.B. durch Vakuumtoiletten und/oder Urinseparation - in den privaten Haushalten bestätigt die Vermutung, dass man mit alternativen Sanitärstrategien den Nährstoffeintrag in die Gewässer um bis zu 90 % verringern kann. Zudem würden die Flüsse durch die geringere Keimbelastung wieder Badequalität erreichen (HERRMANN ET AL. 1997,1999). Wie unterschiedlich die Stoffkonzentrationen in den verschiedenen Teilströmen des Abwassers sind, zeigen einige neuere Untersuchungen. Die Beispiele Stickstoff und Phosphor machen deutlich, dass die getrennte Ableitung von Urin und/oder Fäkalien eine Ressourcenkontrolle an der Quelle ermöglicht. (RAACH ET AL. 1999; HERRMANN, T. & U. KLAUS; HERRMANN, T. ET AL. 1999). So stammen ca. 80% der Nährstoffe aus Urin und Fäkalien (Tab. 3).

### 9 Ziele ökologischer Sanitärkonzepte

Bei der Entwicklung von alternativen Entwässerungs- und Sanitärkonzepten sollten die Nachteile der traditionellen Abwasserentsorgung vermieden oder zumindest reduziert werden. Zentrale Elemente sind dabei die konsequente Trennung der verschiedenen Abwasserteilströme und die Teilstrombehandlung durch an die Stoffbelastung angepasste Reinigungstechnologien (LANGE 1997, LANGE & OTTERPOHL 2000). Die Teilstrombehandlung sollte energieeffizient und auf die Erzeugung verwertbarer

Rückstände und deren Rückführung in die Landwirtschaft ausgerichtet sein.

Aufgrund der bestehenden Abwasserinfrastruktur und der gravierenden Änderungen, die für die Realisierung solcher Konzepte notwendig sind, kann eine breitere Anwendung solcher Konzepte nur mittel- bis langfristig erfolgen. Die hohen Kosten der Abwasserbehandlung und die notwendigen Modernisierungen der Abwassersysteme schaffen jedoch zunehmend Raum für die Erprobung alternativer Konzepte (HIESSL, TOUSSAINT 1998). Im Bereich von größeren Neubaugebieten werden bzw. wurden entsprechende Ansätze im Rahmen von Pilotprojekten bereits in Lübeck (OTTERPOHL et al. 1999) und in Freiburg (LANGE 1997) verfolgt.

Die Bewertungskriterien einer an Stoffkreisläufen orientierten Siedlungswasserwirtschaft sollten sein:

1. geringerer Energiebedarf
2. geringerer Trinkwasserbedarf
3. höhere Rate der Nährstoffrückgewinnung und Wiederverwendung
4. geringerer Schadstoffeintrag
5. höhere Wasserqualität der Vorfluter
6. Einhaltung bzw. Verbesserung bestehender Hygienestandards
7. geringere Investitions- oder Betriebskosten
8. ausreichend soziale Akzeptanz

Allein der Wiederbeschaffungswert der öffentlichen Kanalisation (ca. 400 000 km) wird auf 300 Milliarden DM geschätzt und es wird lange dauern, unser Einheitskonzept "Spülklo, Spülkanal und Kläranlage" abzulösen. Es ist daher höchste Zeit, alternative Konzepte zu entwickeln, die über die verschiedenen Fachbereiche und vermeintlichen Systemgrenzen der konventionellen Wasserwirtschaft hinaus gehen.

Die Weiterentwicklung nachhaltiger Konzepte und Techniken für den Umgang mit Wasser im häuslichen Bereich ist derzeit das Ziel unterschiedlicher Untersuchungen im nationalen wie im internationalen Raum (vgl. z.B. LANZ 1998, LARSEN & GUJER 1996,

Tab.4: Analogien zwischen Abfall und Abwasserbeseitigung in der Gesetzgebung

| KrW-/AbfG   | Abfälle   | Abwasser   |
|-------------|---|--|
| § 4 (1), 1  | „... sind in erster Linie zu vermeiden, ...“            | Abwassereinsparung, Kreislaufführung, Flächenentsiegelung und –abkopplung von der Kanalisation |
| § 4 (1), 2a | „... sind in zweiter Linie stofflich zu verwerten, ...“ | Aufbereitung und Nutzung von Abwasser und seinen nutzbaren Inhaltsstoffen                      |
| § 10 (1)    | „die nicht verwertet werden, sind ... zu beseitigen.“   | Reinigung und Einleitung in einen Vorfluter  |

LARSEN & UDERT 1999, HELLSTRÖM & JOHANSSON 1999).

Bezieht man die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, KrW-/AbfG, § 4) auf die Abwasserwirtschaft, so zeigen sich die in Tab. 4 dargestellten Analogien.

Die in Wohnsiedlungen anfallenden Stoffe bzw. Abwässer lassen sich im Hinblick auf Wiederverwendung und sinnvolle Behandlungsmöglichkeiten in 5 Gruppen einteilen:

- Bioabfälle (reich an organisch gebundenem Kohlenstoff)
- Fäkalien und Urin (reich an Nährstoffen)
- Regenwasser
- Grauwasser (in der Regel wenig Nährstoffe, aber oft auch stark organisch belastet)
- Restmüll (bei rationaler Wiederverwendung von Verpackungen sehr kleine Fraktion).

Auf der Basis dieser Einteilung können verschiedene Sanitärkonzepte entwickelt werden.

## 10 Übersicht: Ökologische Sanitärkonzepte

Allen Verfahren liegt die Idee der Teilstrombehandlung häuslicher Abwässer und die Tatsache zugrunde, dass bis zu 90 % der Nährstoffe im kommunalen Abwasser aus Fäkalien und Urin stammen. Die grundlegende Idee dabei ist die Unterscheidung, ggf. Trennung und unterschiedliche Behandlung von Teilströmen wie z.B. Grauwasser, Duschwasser, Schwarzwasser (Urin und Fäkalien), flüssiger Anteil Schwarzwasser ("Gelbwasser"), fester Anteil Schwarzwasser ("Braunwasser"). Die Behandlungsverfahren sind die biologische Oxidation, die Fermentierung (=Vergärung), die Kompostierung sowie die Trocknung.

### Schwarzwasserbehandlung

Für den Umgang mit Fäkalien und Urin gibt es im Prinzip drei Möglichkeiten. Die Trennung von Urin und Fäkalien von Anfang an (Abb. 3a), die Fest-Flüssig-Trennung durch

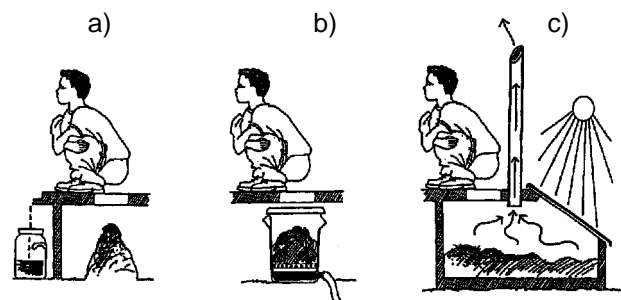


Abb.3: a) Trenntoilette b) Fest-Flüssig-Trennung c) Solare Trocknungstoilette (aus Esrey et al. 1998)

Filtration (Abb. 3b) oder die Trocknung von beidem (Abb. 3c).

### Trenntoiletten (=No-Mix od. Urin-Separierungst.)

In Schweden sind inzwischen etwa 3000 urin-separierende Toiletten installiert (HELLSTRÖM & JOHANSSON 1999). In ihnen wird der Urin in abgetrennten Bereichen gesondert

gesammelt. Das Hauptargument für den Einsatz solcher Toiletten ist die Tatsache, dass mit dem Urin ein großer Teil der Nährstoffe zurückgewonnen werden kann (für landwirtschaftliche Zwecke).

Inzwischen gibt es auch in anderen Ländern erste Pilotprojekte zum Einsatz solcher Toiletten und der Verwendung des Urins in der Landwirtschaft. Der Einsatz von Trenntoiletten ist auch aus der Sicht des Wassersparens ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Auch wenn eine Verwertung des getrennt gesammelten Urins erstmal nicht angestrebt wird, kann eine Zusammenführung



Abb.4:Trenntoilette

der beiden Teilströme im Abwasserrohr hinter der Toilette den Wasserverbrauch für den Fäkalientransport (ca. 6 l/(E•d) gegenüber herkömmlichen Spartoiletten (ca. 25 l/(E•d)) reduzieren - die jährliche Wassersparnis beträgt dann pro Person ca. 6-7m<sup>3</sup> Trinkwasser. Eine Nutzung der Nährstoffe kann jederzeit zu einem späteren Zeitpunkt durch die Trennung des Urinablaufs von dem Abwasserrohr erfolgen. Widerstände bei Benutzern gibt es hauptsächlich wegen der fehlenden Dispositionsmöglichkeit von nach dem Urinieren benutztem Papier - hier kann ein zusätzlich aufgestellter Behälter Abhilfe schaffen. Ein technisches Problem besteht darin, dass die Urinablaufleitung sofern sie wassergespült ist vergleichsweise schnell inkrustiert und verstopft. Es gibt erste Ansätze die Wasserspülung des Urinablaufs durch andere Techniken zu ersetzen (z.B. Fa. Roediger).

**Urinverwendung**

Im Prinzip lässt sich Urin direkt als Dünger verwenden. Nährstoffgehalte sind jedoch sehr unterschiedlich, so dass sich nur sehr ungenau dosieren lässt. Zur Bewässerung wird oft ein Mischungsverhältnis mit Wasser von 1:8 angegeben. Über die Möglichkeiten der Aufbereitung des Urins und deren Inhaltsstoffe steht das Forschungsinteresse noch ganz am Anfang. Eine Forschungsgruppe in der Schweiz hat damit begonnen, Urin z.B. auf Antibiotikarückstände und hormonähnliche Stoffe etc. zu untersuchen.

**Trenntoilette bei nasser Analhygiene**

Eine Möglichkeit bei nasser Analhygiene ist die Trenntoilette aus Kerala (Abb.5). Sie besitzt 2 Toilettenabgänge, in der Mitte befindet sich ein Ablauf für das Waschwasser, das zusammen mit dem Urin in ein bepflanztes Beet geleitet wird. Die Fäkalien werden entweder getrocknet oder kompostiert.

In Regionen mit ganzjährig wärmeren Klimazonen können aerobe Verfahren mit Teichanlagen, mit oder ohne Bepflanzung (Hydroponds, Lagoons) oder auch

Pflanzenkläranlagen eingesetzt werden. Das gereinigte Abwasser mit den verbleibenden Nährstoffen kann zur Bewässerung und somit zum Pflanzenwachstum genutzt werden. Hierbei ist die Vermischung des Schwarzwassers mit Grauwasser möglich.

Diese Konzepte können ein notwendiger Basisbestandteil einer dauerhaften Landwirtschaft sein. Zusätzlich können sie durch die Anhebung des Kohlenstoffgehaltes im Humus dem anthropogen verstärkten Treibhauseffekt entgegenwirken.

**Trocknungstoilette**

Ein an wärmere Klimazonen angepasstes Konzept ist die solarerwärmte Trocknungstoilette (WINBLAD 1996, ESREY, S.A. et al. 1998). Eine Kontrolle des Feuchtigkeitsbereichs, d.h. eine kontinuierliche Be- bzw. Entlüftung wie bei Kompostern, kann entfallen. Das Material trocknet und ist nach 1-2 Jahren Aufenthaltszeit als Dünger oder Brennstoff verwertbar (Abb. 3c).

Das Konzept eignet sich vor allem bei Kulturen, die eine "trockene Hygiene" (-Stichwort Klopapier-) gewohnt sind. Bei "nasser Analhygiene" eignen sich einfache Konzepte mit Biogasanlagen, wie sie zu Tausenden in Indien und China verbreitet sind.

**Komposttoilette**

Eine weitere Möglichkeit ist die Kompostierung. Bei jeder Komposttoilette sind vor allem 2 Dinge zu beachten:

- Das zu kompostierende Material darf weder zu feucht noch zu trocken werden (Trockensubstanzgehalt 50 - 60%)
- Der Komposter muß gut be- bzw. entlüftet sein.

Für tropische Regionen hat David del Porto für Greenpeace die CCD Komposttoilette entwickelt. Wichtigster Bestandteil dieser Komposttoilette ist ein Filter zur Fest-

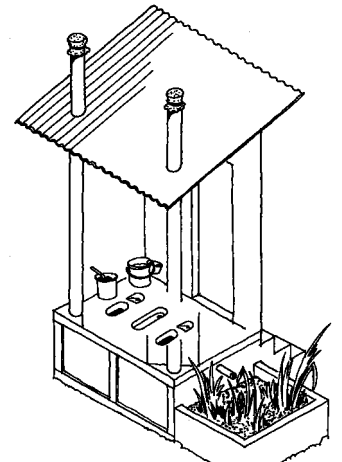


Abb.5: Trenntoilette bei nasser Analhygiene, Kerala (aus Esrey et al. 1998)

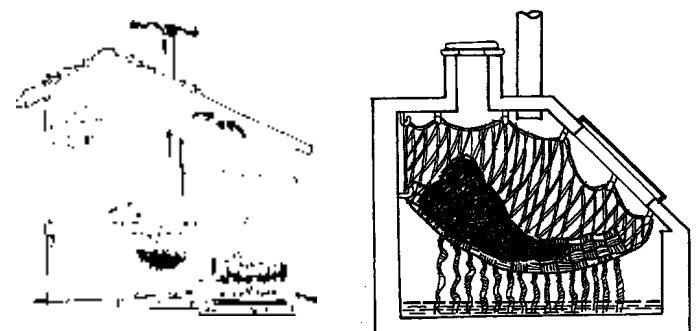


Abb.6: CCD-Komposter mit Fest-/Flüssigtrennung (Ausschnitt) (aus Esrey et al. 1998)

/Flüssigtrennung, der wie ein Fischernetz unter dem Toilettensitz angebracht wird.

Die flüssige Phase kann direkt für landwirtschaftliche Zwecke verwendet werden.

Komposttoiletten mit Urinentrennung sind inzwischen auch in Deutschland in Gebrauch, vor allem bei Ferienhäuschen. Bewährt haben sich sogenannte Kleinkammertoiletten mit Urinabtrennung (Abb.7). Alle Modelle benötigen ein Abluftrohr nach außen mit Ventilatorleistungen zwischen 1-20 Watt. Je nach Benutzungshäufigkeit muß die „kleine Kammer“ nach einigen Wochen auf einen externen Komposthaufen geleert werden. Der Urin wird gespeichert und muß ebenfalls von Zeit zu Zeit ausgebracht werden. Inzwischen werden auch kompostierbare Beutel zum einfachen Sauberhalten und Entleeren der „kleinen Kammer“ angeboten.

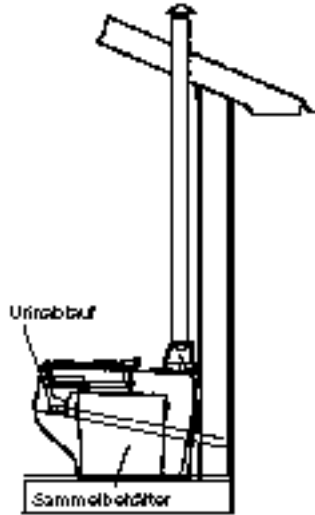


Abb.7: Kleinkammertoilette mit Urinentrennung und Entlüftung über Dach (Fa. Separett)

Großkomposter ohne Urinabtrennung, wie das klassische Clivus multrum (vor allem über mehrere Stockwerke) haben den Nachteil des relativ hohen Platzbedarfes und Installationsaufwandes im Gebäude (4-Personen-Haushalt ca. 8 - 10 m<sup>3</sup> Brutto-Raumbedarf). Kompost ist nach entsprechender Verweilzeit und bei guter Funktion seuchenhygienisch einwandfrei und kann ohne weiteres im eigenen Garten weiterverwendet werden. Die für die Verwertung erforderlichen Flächen liegen bei 200 - 400 m<sup>2</sup>/E. Statt eines zentralen Komposters kann auch eine Biogasanlage zur Behandlung der vorkompostierten Fäkalien und des Bioabfalls eingesetzt werden.

### Grauwasserbehandlung (-recycling)

Unter Grauwasser versteht man alle häuslichen Abwässer außer dem Fäkalabwasser, d.h. das Abwasser aus Dusche, Badewanne, Waschbecken, Küche und aus der Waschmaschine.

Sobald man sich über zukunftsfähige wasserwirtschaftliche Lösungen Gedanken macht, ist die Reinigung und Wiederverwendung des Grauwassers oder von Teilströmen, wie dem Duschwasser, die logische Konsequenz. Für die Nutzung von aufbereitetem Abwasser als „Betriebswasser“ bei industriell-gewerblichen Anlagen gibt es bereits Beispiele im großen Maßstab. So werden z.B. in einem Werk der Volkswagen AG 0,7 Mio. m<sup>3</sup>/a an Toilettenspülwasser ausschließlich aus gereinigtem Abwasser bereitgestellt. Im Haushalt ist die Nutzung von Betriebswasser - von wenigen Pilotanlagen abgesehen - noch neu.

Ein Beispiel für das Recycling von Abwasser im privaten Haushalt ist z.B. das "Umwelthaus" in Norderstedt bei

Hamburg. In diesem werden die WC- und Küchenabwässer in einer 3-Kammer-Grube im Keller des Hauses vorgereinigt. Dort setzen sich die Schwebstoffe ab und faulen aus. Die Behälter sind abgeschlossen und werden über das Dach entlüftet. Das so vorgeklärte Abwasser wird zusammen mit dem Bade- und Duschwasser in ein Klärgewächshaus gepumpt, dort durch ein Pflanzenbeet geleitet und schließlich über einen Kiesfilter geleitet. In einer letzten Reinigungsstufe wird das Abwasser durch einen Bodensandfilter im Garten geschickt und zusammen mit dem Regenwasser in einem "Grauwassertank" gesammelt. Mittels einer Pumpe steht es nun zur Klospülung und Gartenbewässerung zur Verfügung. Das Beispiel lässt erahnen, wie viele Möglichkeiten es zum Recycling von Abwasser gibt. Die Abwasserkonzeption des Umwelthauses hält sich nicht an eine strikte Trennung von Schwarz- und Grauwasser, sondern behandelt konsequent stärker belastetes Wasser aus Küche und WC getrennt vom deutlich weniger belasteten Dusch- und Badewasser. Um Grauwasser als "Betriebswasser" wiederverwenden zu können, ist in der Regel eine vorherige Reinigung notwendig. Vor allem ökologische, aber auch ökonomische und gesundheitliche Gründe sprechen dafür, Grundwasser von höchster Qualität in Zukunft vorwiegend für die Bereiche Trinken, Kochen, Geschirrspülen und die Körperpflege zu nutzen. Der Trinkwasserbedarf dafür schwankt in der Regel zwischen 25 - 45% des gesamten Trinkwassergebrauchs in den Haushalten.

Eine großflächige Nutzung von Betriebswasser könnte vor allem in niederschlagsschwachen, aber dicht besiedelten Gebieten zu einer deutlichen Schonung der Grundwasserreserven führen. Insbesondere bei der Diskussion um die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser stellt die Aufbereitung von Grauwasser zu Betriebswasser in vielen Fällen eine ökologisch und finanziell interessante Alternative dar. Bisher werden diese Möglichkeiten nur in wenigen Pilotprojekten genutzt.

Seit etwa 1989 liegen in Deutschland positive Erfahrungen mit einigen wenigen Betriebswasseranlagen (Berlin, Hannover und Offenbach) vor (vgl. NOLDE 1995).

In der Regel sind Betriebswasseranlagen genehmigungsfrei. In jedem Fall müssen sie jedoch so angeordnet, hergestellt und unterhalten werden, dass sie im Betrieb sicher sind und keine Gefahren oder unzumutbare Belästigungen entstehen.

Beim Bau sind u.a. folgende technische Vorschriften zu beachten:

- DIN 1986 (Entwässerungsanlage für Gebäude u. Grundstücke), u.a. rückstausichere Anschlüsse
- DIN 1988 Teil 4 Abs. 4.2.1, Abs. 3.3.2 (Kennzeichnung Entnahmestellen)
- DIN 2403, Abs. 7.4. (Kennzeichnung von Leitungen)

Beim Bau sollte auf eine günstige Anordnung der Behälter geachtet werden. Der Mehraufwand an Material für Leitungen und Behälter ist nicht zu vernachlässigen. Pro Wohneinheit ist im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit ca. 10 m Rohrleitung zu rechnen. Es sollten Behälter und Rohre aus Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP) verwendet werden. Nicht zuletzt ist die Lage einer



Grauwasseranlage auch aus energetischen Gründen von Bedeutung. Bis zu Hälfte des anfallenden Grauwassers ist warmes Wasser. Sofern die Anlage im beheizten Bereich des Hauses untergebracht ist, bleibt ein Teil der Wärme im Haus, die sonst allenfalls den Kanal beheizt.

Die folgenden Qualitätsziele können bzw. sollten bei Betriebswasser eingehalten - ggf. garantiert - werden (vgl. Merkblatt „Betriebswassernutzung in Gebäuden“ der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, Berlin 1995):

- Gesamtcoliforme Bakterien 0/0,01 ml (<100/ml)
- Fäkalcoliforme Bakterien 0/0,1 ml (<10/ml)
- Pseudomonas aeruginosa 0/1,0 ml (<1/ml)
- BSB<sub>7</sub> < 5mg/l
- Sauerstoffsättigung > 50 %
- nicht fäulnisfähig, nahezu geruchlos, schwebstoffarm
- Fe (Eisen) < 0,5 mg/l
- farblos/klar (UV-Transm. bei 245 nm in 1 cm Küvette > 60 % )

Der Wartungsaufwand einer Grauwasseranlage wird auf weniger als eine Stunde pro Woche geschätzt. Verantwortlichkeit und Zuständigkeiten sind in jedem Fall zu klären.

Die geringen Konzentrationen an N und P (< 0,5 mg/l) sind für eine Nutzung als Toilettenspülwasser nicht hinderlich; entscheidend sind niedrige BSB-Werte und geringe Keimzahlen. Für Betriebswasser, welches z.B. zur Nutzung als Toilettenspülwasser verwendet werden soll, reicht es aus, die EU-Richtlinie für Badegewässer einzuhalten, um eine hygienische Gefährdung auszuschließen. Eine aus Sicherheitsgründen nachgeschaltete UV-Desinfektionsanlage kann mit 10 Watt Anschlussleistung täglich bis zu 6000 Liter desinfizieren (das entspricht etwa 0,3-0,5 kWh pro m<sup>3</sup>).

Aus den letzten Jahren sind eine Reihe von Versuchen bekannt, auch Duschwasser als Betriebswasser z.B. für die Toilettenspülung wieder aufzubereiten und es gibt inzwischen Anlagen in Ausbaugrößen ab 5 Personen zum Preis von ca. 2.000 DM pro Person.

### 11 Membranbelebung (-biologie), Mikro-, Nanofiltration - Abwasserreinigung der Zukunft?

Vor allem als weitergehende Reinigungsstufe zur Reduktion der Keimbelastung bei konventionellen Kläranlagen sind in den letzten Jahren Membranverfahren ins Gespräch gekommen.

Mikrofilter (Membranen) mit einer Porengröße von 0,1-0,4 µm dienen der Abtrennung des gereinigten Abwassers und der Rückhaltung der Biomasse. Bis auf Viren können alle Mikroorganismen zuverlässig zurückgehalten werden. Damit die Membran von den zurückgehaltenen Stoffen nicht verstopft wird, muss das Wasser mit einer bestimmten Geschwindigkeit über die Membranoberfläche geführt wer-

den. Dadurch entstehen auf der Membranoberfläche Kräfte, die zu einer Reinigung führen und eine kontinuierliche Filtration zulassen.

Inzwischen werden Anlagen getestet, in denen die Mikrofiltration die eigentliche Reinigungsstufe darstellt (Membranbelebung, Membranbiologie). Durch eine Belüftung wird die Filtrationsstufe nicht nur zu einer Belebtschlammanlage, sondern es entstehen an der Membran Turbulenzen, die den Reinigungseffekt verstärken und eine

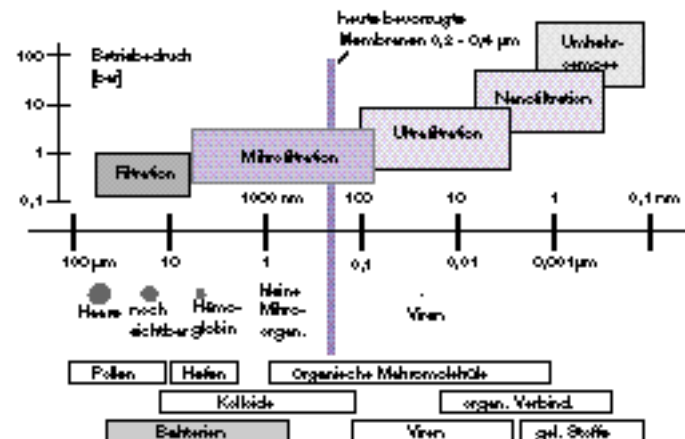


Abb.8 Porengrößen der Membranverfahren, Trenngrenzen

kontinuierliche Filtration über Zeiträume von mehreren Jahren ermöglichen.

Den Membranverfahren werden wesentliche Vorteile wie geringerer Flächenbedarf, Wegfall der Nachklärung und bessere Ablaufwerte nachgesagt. Die Erfahrungen aus einigen Pilotanlagen bestätigen die Erwartungen, zeigen jedoch auch den Nachteil des Verfahrens: den vergleichsweise hohen Energieverbrauch (2-6 kWh/m<sup>3</sup>, je nach Auslegung und Optimierung des Verfahrens). Es werden inzwischen von verschiedenen Herstellern

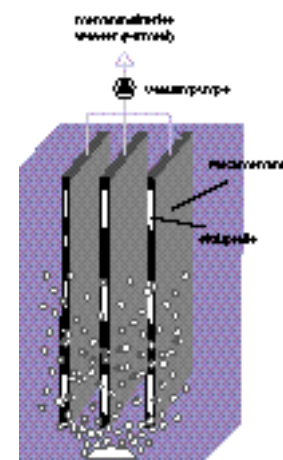


Abb.9: Prinzipskizze der Membranbiologie

Standardanlagen in Varianten für 4 und 8 Einwohnerwerte für ca. 15.000 DM angeboten. Sie sind auf wenigen Quadratmetern im Keller oder unterirdisch im Garten unterzubringen. Das so durch eine Membran gereinigte Wasser ist dazu geeignet z.B. als Toilettenspülwasser oder zur Gartenbewässerung wieder verwendet zu werden. Inzwischen gibt es erste Überlegungen auch Grauwasser mit Membranverfahren aufzubereiten.

## 12 Die Demonstrationsanlage "Das abwasserfreie Toilettenhäuschen"

Um die Idee eines abwasserfreien Hauses zu demonstrieren, hat der AK-Wasser im BBU die Fa. MALLBETON und die Fa. Roediger angesprochen, eine entsprechende Demonstrationsanlage zu bauen. Sie wird erstmalig auf der Wasser Berlin 2000 vorgestellt.

Das Toilettenhäuschen ist bestückt mit 2 Vakuumtoiletten und einer Membranbiologieanlage, die das Abwasser soweit aufreingt, dass es wieder zur Toilettenspülung verwendet werden kann. Die Nährstoffe werden so aufkonzentriert und können als Landwirtschaftsdünger wiederverwendet werden.

## 13 Vom "abwasserfreien Toilettenhäuschen" zum abwasserfreien Haus

Vom abwasserfreien Toilettenhäuschen zum abwasserfreien Haus ist es nur noch ein kleiner Schritt.

Dies kann auf unterschiedliche Arten erreicht werden. Im wesentlichen basieren solche Konzepte auf den folgenden Grundgedanken:

- der Trennung von Abwasserteilströmen (z.B. Schwarzwasser und Grauwasser)
- der dezentralen Aufbereitung der Nährstoffe aus dem Schwarzwasser (Fäkalien und/oder Urin) zu nutzbarem Dünger

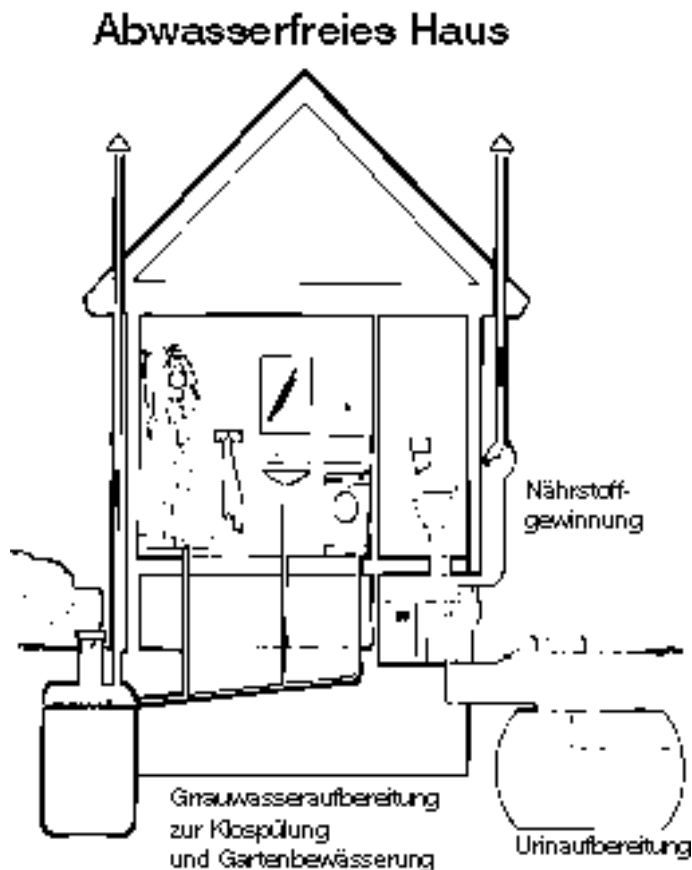


Abb.1: Das abwasserfreie Haus

- der dezentralen Aufbereitung des Grau- oder Duschwassers zu Nutz- bzw. Betriebswasser, z.B. zur Toilettenspülung und/oder zur Gartenbewässerung (z.B. durch Membranverfahren)

Trotz des Einsatzes der genannten Wasserspartoiletten, ist der Trockensubstanzanteil für den Betrieb einer Biogasanlage immer noch sehr niedrig. Um das Biogasanlagenvolumen zu verringern, kann man eine Fest/Flüssig-Phasentrennung (z.B. durch Membranverfahren) vorschalten, die den Feststoffanteil aufkonzentriert. Die aerobe Behandlung der flüssigen Phase erzeugt einen nitrathaltigen Gesamtlauf, der zur Düngung verwendet werden kann.

Bei Systemen mit höherem Spülwasserverbrauch (herkömmliche Spültoiletten) kann der flüssige Teilstrom des Schwarzwassers nach aerober Behandlung als Brauchwasser zur Spülung genutzt werden. Durch die Rezirkulation erfolgt eine Aufkonzentration von Nährstoffen, hierdurch wird eine erhöhte Düngewirkung und ein höherer Feststoffgehalt des Flüssigdüngers erreicht.

## 14 Ausgesuchte Pilotvorhaben

### Bielefeld, "Waldquellesiedlung"

Wohnen (62 WE, 400 Einw., Eigentumswohnung, Genossenschaft) und Arbeiten (ca. 200 Arbeitsplätze) auf 3 ha. BHKW (2•12kW<sub>elektr.</sub>), Therm. Solaranlage mit Saisonspeicher, Photovoltaik. Regenwasserversickerung. Eine Pflanzenkläranlage reinigt das Grauwasser. Fäkalien und Bioabfälle in Großkammertoiletten (Clivus-Multrum-Typ, Fa. Berger, Biotechnik) behandelt (bis 4.OG!); Trinkwasserversorgung über eigenen Brunnen (Red. Eisen- und Mangengehalt).

### Hamburg Allermöhe

Alle Häuser mit Komposttoilette ausgestattet; Bewohner betreiben seit ca. 15 Jahren gemeinsame Grauwasser-Pflanzenkläranlage (30 Häuser)

### Hannover Hägewiesen: Grauwasserversuchspark

zweistufige Tauchtropfkörperanlage für 6 Wohneinheiten, PKA, arbeitet seit 11/1994; Viergeschossiger Altbau (1962) wurde bei der Renovierung mit Vakuumtoiletten (32 St., 80 Einw.) und Betriebswasser (Regenwasserbewirtschaftung) zur Toilettenspülung sowie einer Muldenversickerung ausgerüstet

### Hannover Stadtteil Kronsberg, Bemerode Ost

Wohngebiet, Siedlungsprojekt i.R. EXPO 2000: oberflächliche Regenwasserableitung, Brauchwassernetz (Regenwasserleitung)

### Dänemark, Haus "Ramshusene"

Das Gebäude (8 WE) ist mit Kompostklos ausgerüstet. Die Fäkalien werden vorkompostiert, dann auf 70°C erhitzt (damit auf 10 % des ursprünglichen Volumens vermindert) und anschließend mit kompostierten Küchenabfällen zusammen als Dünger benutzt. Grauwasser wird z.T. für eine Fischzuchtanlage genutzt und über Bodenfilter gereinigt.

### Toronto, Kanada, "Healthy House"

Das 1995 gebaute "Healthy House" ist ein Demonstrations-Energiesparhaus. Das Haus befindet sich mitten in der Stadt Toronto, ist aber weder ans Stromnetz noch an Wasserversorgung oder Kanalisation angeschlossen.

Schwarz- und Grauwasser werden im Keller gemeinsam gereinigt und für sämtliche Zwecke (Duschen etc.) wiederverwendet. Die Reinigung besteht aus einem Biofilter mit anschließender Sandfiltration und Ozonierung. Ausgleich von Verlusten durch Regenwasser (120 Liter pro Tag und Person). Überschüssiges Wasser wird im Vorgarten versickert.

#### **Kassel, Hasenhecke**

Zweistufige Tauchtropfkörperanlage zur Grauwasserreinigung für 60 Personen; im Rahmen des Wasserspar-Vergleichsvorhabens des Landes Hessen in Konkurrenz zur Regenwassernutzung, seit 1/1996

#### **Kiel-Hassee**

Grasdächer, Komposttoiletten, Pflanzenkläranlage (20 Holzhäuser+Gemeinschaftshaus seit 1993 fertig)

#### **Kopenhagen, Dänemark**

In einem Kleingartengebiet sind im Rahmen eines Pilotprojekts ca. 100 Trenntoiletten installiert worden. Ziel des Projekts ist, die Handhabung und Nutzung der eigenen Nährstoffe im Kleingartenbereich zu untersuchen, als Alternativlösung zur Verwendung von Chemietoiletten bzw. des Anschluss an eine zentrale Kanalisation. Kooperationsprojekt zwischen dem Landesverband der Kleingärtner, den Gemeinden Ballerup und Herlev und A&B Backlund ApS.

#### **Lambertsmühle:**

Für die historische Wassermühle bei Burscheid wurde von der Otterwasser GmbH im Auftrag des Wupperverbandes ein Pilotprojekt für den ländlichen Raum entwickelt: Urin wird durch Separationstoiletten und wasserfreie Urinale getrennt erfasst und in einen Jahresspeicher geleitet. Abpumpen und Nutzung durch landwirtschaftlichen Betrieb nebenan (Zugabe in Güllebehälter). Grauwasser und Braunwasser wird in Rottebehälter (2 Kammern mit jährlichem Wechsel) geleitet, Ablauf in vertikale Pflanzenkläranlage. Wegen der Urinseparation wird das Filtrat aus dem Rottebehälter nährstoffarm sein.

#### **Lübeck-Flintenbreite:**

Siedlung für 350 Einwohner: Vakuumtoiletten leiten das Schwarzwasser mit ca. 1 (statt 6-9) Liter Wasser in eine Biogasanlage, wo es zusammen mit zerkleinerten Bioabfällen vergärt wird. Biogasnutzung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Wärme und Stromerzeugung. Regenwasser wird in einem Muldensystem versickert. Grauwasser wird in 3 vertikalen Pflanzenkläranlagen gereinigt (teilweise genutzt) und in einen Bach abgeleitet. Schwermetallemissionen werden durch Materialwahl vermieden (kein Kupfer oder Zink in Kontakt mit Wasser). Eine Betreiber-gesellschaft mit Eigentümern als Gesellschafter organisiert das Gesamtsystem.

#### **Museumshof MønDänemark:**

Hier sind separierende Toiletten installiert, Urin wird gesammelt, gelagert und in der Sommersaison auf den lokalen Ackerflächen als Dünger genutzt. Der Museumshof plant außerdem eine Toilettenausstellung über die Geschichte und Entwicklung der Toilette.

#### **Norrköping, Schweden**

18 Haushalte in einem mehrstöckigem Haus aus dem Jahre 1960 wurden 1996 mit No-Mix-Toiletten ausgestattet. Urin wird landwirtschaftlich verwertet, Fäkalien-Abwasser durch einen Separator teilweise von Feststoffen befreit, Feststoffanteil wird kompostiert und zur Bodenverbesserung verwendet, der flüssige Teilstrom wird mit Grauwasser zusammen durch eine Absetzgrube und einen Filter in einen Teich eingeleitet.

#### **Offenbach, Hotel "Arabella"**

6-stufige Grauwasseranlage, Reinigungsleistung 20.000 l/Tag seit 1/1996 in Betrieb (400 Betten)

#### **Oslo, Norwegen**

In einem Ökohaus in Oslo werden Vakuumtoiletten mit circa 0,7 l Spülwasserbedarf eingesetzt. Das Schwarzwasser wird mit zerkleinertem Haushaltsabfällen vermischt und per LKW in eine auf einer Farm gelegene Anlage zur aerob thermophilen Behandlung gefahren. Die Anlage produziert 120 kWh Wärme pro Kubikmeter Flüssigkeit. Dafür wird jedoch erheblich Belüftungsenergie benötigt.

#### **Wohnen & Arbeiten, Freiburg**

Viergeschossiges Passivhaus (20 Wohn- bzw. Büroeinheiten, 40 Bewohner) mit dem Ziel die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80% zu verringern. Ableitung des Schwarzwassers mit 24 Vakuumtoiletten zusammen mit dem organischen Hausmüll in eine hauseigene Biogasanlage, Reinigung des Grauwassers über einen belüfteten Kiesfilter. Mittelfristiges Ziel: das "abwasserfreie" Grundstück.

#### **Stubbekøbing, Kreis Storstrøm, Dänemark**

Hier ist eine Trenntoilette installiert. Fäkalien werden in zwei Rottebehältern kompostiert. Urin, Drainagewasser und Grauwasser sollen in einer mit Weiden bewachsenen Anlage behandelt werden. Das Abwasser wird über die Weiden aufgenommen und verdunstet. Es soll somit kein Anlagenabfluss vorkommen.

#### **Tanum, Schweden**

Der Gemeinderat der Stadt Tanum in Schweden hat beschlossen, ab dem Jahre 2000 in Neubauten keine Wasserklosetts mehr zuzulassen und alle anderen Haushalte nach und nach mit Kompostklos umzurüsten. Erfahrungen je nach Typ des Komposters sehr positiv bis sehr negativ.

#### **Understenshöjden, Schweden**

1995 wurde ein dezentrales Sanitärkonzept für 44 Wohnungen realisiert. Es wurden No-Mix-Toiletten mit getrennter Ableitung des Urins in 1/2-Jahresspeicher. Urin wird von einer Farm zur Düngung verwendet, die Resultate sind bisher positiv. Fäkalien und Grauwasser werden dezentral mit Dreikammergrube, Biologischer Kläranlage, UV-Desinfektion und Teich zur Bewässerung behandelt und genutzt.

## 15 Literaturtipps

- DEL PORTO, D. & C. STEINFELD (1999): The Composting Toilet System Book.- The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), Concord, Massachusetts, USA, ISBN 0-9666783-0-3
- ESREY, STEVEN A., JEAN GOUGH, DAVE RAPAPORT, RON SAWYER, MAYLING SIMPSON-HÉBERT, JORGE VARGAS, UNO WINBLAD [Hrsg.] (1998): Ecological Sanitation.- Swedish International Development Cooperation Agency (Sida), Stockholm: 92 S.
- LANGE, JÖRG & RALF OTTERPOHL (2000): Abwasser – Handbuch für eine zukunftsfähige Wasserwirtschaft.- 2.Auflage MALLBETON im Druck
- WINBLAD, UNO & WEN KILAMA (1985): Sanitation without water.- Macmillan Education Ltd., London: 161 S.
- Zeitschrift Wasser & Boden, November 1999: Schwerpunkttheft zu Modernen Sanitärkonzepten

## 16 Quellen

- ARRHENIUS, ERIC (1992): Population, Development and Environmental Disruption - An Issue on Efficient Natural-Resource.- AMBIO Vol. 21 No. 1.
- ARRHENIUS, ERIC (1993): Closing Linear Flows of Carbon through a Sectoral Society: Diagnosis and Implementation.- AMBIO Vol. 22 No. 7.
- BMZ - Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (1995): Überlebensfrage Wasser – eine Ressource wird knapp. Bonn: BMU.
- DYK, C., & J. LOHAUS (1998): Der Zustand der Kanalisation in der BRD. Korrespondenz Abwasser 5/98: 865-874
- ESREY, STEVEN A., JEAN GOUGH, DAVE RAPAPORT, RON SAWYER, MAYLING SIMPSON-HÉBERT, JORGE VARGAS, UNO WINBLAD [Hrsg.] (1998): Ecological Sanitation.- Swedish International Development Cooperation Agency (Sida), Stockholm: 92 S.
- FENZ, ROBERT & MATTHIAS ZESSNER (1999): Strategien für die Abwasserentsorgung im Donauraum in: Wiener Mitteilungen, Band 155, S 331-351, Wien
- GLASAUER, H. (1996): "Wer küßt schon den Mann, der auf der Toilette Wasser spart?". Individuelle Blockierungen beim nachhaltigen Umgang mit Wasser. Über Bewußtsein und Verhalten, Wollen und Können - Erste Erklärungsansätze. Wasserkultur 7, 48-58.
- HELLSTRÖM, D. & E. JOHANSSON (1999): Swedish experiences with urine separating systems.- Wasser & Boden 11:26-29.
- HERRMANN, THILO & UWE KLAUS (1997): Fluxes of nutrient in urban drainage systems: assessment of sources, pathways and treatment techniques.- Water Science Technology 36(8-9): 167-172.
- HERRMANN, THILO, SIBYLLE SCHUKAT & VOLKER KUHN (1997): Wasserbilanz für verschiedene Szenarien zur Wasserver- und Abwasserentsorgung der wasserwirtschaftlichen Musterstadt Hydropolis.- Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz (SuG) 40: 91-154
- HERRMANN, THILO, SIBYLLE SCHUKAT & VOLKER KUHN (1999): What do our river consist of? Effect of new technologies in water supply and urban drainage on fluxes of nutrient and water.- submitted to Water, Science & Technology (8th international conference on urban storm drainage)
- IPSEN, D. (1994): Umweltwahrnehmung und Umgang mit Wasser in Agglomerationsräumen. WasserKultur Texte 5. Kassel: Forschungsprojekt Wasserkreislauf und urban-ökologische Entwicklung.
- LANGE, JÖRG (1997): Alternative Lösungsansätze der Abwasserentsorgung.- in: Tagungsband der 11. Karlsruher Flockungstage 1997; Schriftenreihe des ISWW Karlsruhe Bd. 89:33-47
- LANZ, KLAUS (1998): Fortschrittliches urbanes Wassermanagement - realisierte und geplante technische und organisatorische Lösungen, in: Umgestaltung und Modernisierung kommunaler Abwasserentsorgungssysteme, Workshop der West LB-Stiftung Zukunft NRW, Gelsenkirchen
- LARSEN, TOVE A. & K. M. UDERT (1999): Urinseparierung - ein Konzept zur Schließung der Nährstoffkreisläufe.- Wasser & Boden 11:6-9
- LARSEN, TOVE A. & WILLI GUJER (1996): Separate Mangement of Anthropogenic Nutrient Solutions.- Water, Science & Technology 34 (3-4):87-94.
- PATYK, A. & G. REINHARDT (1997): Düngemittel-, Energie und Stoffstrombilanzen.- Vieweg Verlag.
- RAACH, CLAUDIUS, HUBERT WIGGERING & STEFAN BRINGEZU (1999): Stoffflußanalyse Abwasser - eine Abschätzung der Substanzflüsse deutscher Kläranlagen.- Vom Wasser 92:11-35.
- SCHNEIDMADL, J., T. HILLENBRAND, E. BÖHM & J. LANGE (1999): Vergleich der Stoffflüsse von Abwasserkonzepten mit und ohne Teilstrombehandlung.- Wasser & Boden 11:14-20.
- WBGU [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen] (1997): Jahresgutachten 1997: Welt im Wandel - Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser
- WINBLAD, UNO & WEN KILAMA (1985): Sanitation without water.- Macmillan Education Ltd., London: 161 S.
- WINBLAD, UNO (1996): Recent Development in Sanitation.- Environmental Research Forum, Vols. 3-4, pp. 329-334, Transtec Publications, Zürich, Switzerland, ISBN 0-87849-736-6.
- WRI - World Resources Institute (1996): World Resources 1996-97. The Urban Environment. New York, Oxford: Oxford University Press.
- ZEHNDER, ALEXANDER J.B., ROLAND SCHERTENLEIB & CARLO C. JAEGER (1998): Herausforderung Wasser.- in: EAWAG-Jahresbericht 1997:6-12.

### Bezugsbedingungen für diese Broschüre:

Das vorliegende Heft kann gegen VOREINSENDUNG von DM 4.- in Briefmarken angefordert werden. Staffelpreise auf Anfrage.

Mit freundlicher Unterstützung durch:

#### Fa. Mall-Umweltsysteme

Hüfinger Straße 39-45  
D-78166 Donaueschingen-Pföhren  
Telefon: +49-(0)-771-8005-0  
Telefax: +49-(0)-771-8005-100  
eMail: info@mallnet.de  
www.mallbeton.de

#### Roediger Vakuum- und Haustechnik GmbH

Kinzigheimer Weg 104-106  
D-63450 Hanau  
Telefon: +49-(0)-6181-309-275  
Telefax: +49-(0)-6181-309-280  
eMail: info@roevac.com  
www.roevac.de

### BBU-WASSER-RUNDBRIEF -

der aquatische Informationsdienst mit Biß!

Wenn Sie sich frühzeitig über neue Trends und Entwicklungen in der Wasserwirtschafts- und Gewässerschutzpolitik informieren wollen, dann könnte unser BBU-WASSER-RUNDBRIEF genau das Richtige für Sie sein! Für den BBU-WASSER-RUNDBRIEF werden 30 Fachzeitschriften sowie zahlreiche Tageszeitungen und Wochenpublikationen ausgewertet. Sie erfahren im BBU-WASSER-RUNDBRIEF alle 14 Tage kompakt und kompetent aber auch bissig und frech, was sich neues in der Wasserwirtschaft, der Wasserpolitik und im Gewässerschutz getan hat. Unser aquatischer Fachinformationsdienst wird nicht nur von Bürgerinitiativen sowie ökologisch interessierten MandatsträgerInnen und JournalistInnen gelesen, sondern auch von Ministerien, Behörden und großen Firmen, Gewässerschutzbeauftragten und Wasserwerkern. Im BBU-WASSER-RUNDBRIEF finden sich Informationen, die ansonsten in keinem der anderen Umweltinformationsdienste zu lesen sind. Mithin: Vier mausgraue Seiten, die es in sich haben - und das zu einem beispiellos günstigen Abopreis von 60 DM für jeweils dreißig Ausgaben. Machen Sie sich ein Bild und fordern Sie unverbindlich und kostenlos einen Stapel Ansichtsexemplare an!

Besuchen Sie auch einmal unsere Homepage - wir bieten eines der umfangreichsten Informationsangebote zur Wasserwirtschaft und zum Gewässerschutz im deutschsprachigen web ([www.akwasser.de](http://www.akwasser.de)).

### Impressum: Titelbild, Text & Layout: © Jörg Lange

Herausgeber:

Arbeitskreis Wasser im Bundesverband  
Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU)  
Rennerstraße 10, 79106 Freiburg  
Telefon: +49-(0)-761-275 693  
Telefon: +49-(0)-761-288 216  
e-mail: nik@akwasser.de

