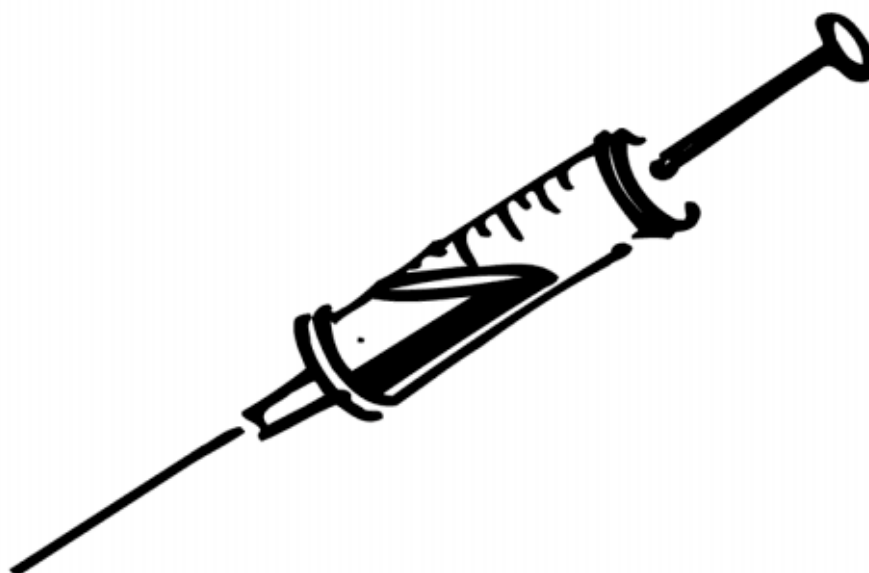


# Umwelt-Handbuch

Arbeitsmaterialien zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen

Umweltkatalog

## Abfälle aus medizinischen Einrichtungen



Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung  
(BMZ)



**Herausgeber:**

Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)

© Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn 1999

Abteilung 44: Umweltmanagement, Wasser, Energie, Transport

Nachdruck 2000

Entwicklung des UVP-Instrumentariums

Tel.: (+49) 6196-79-1372

Fax (+49) 6196-79-7144

E-Mail: [uvp@gtz.de](mailto:uvp@gtz.de)

**Autor:** Heino Vest, Franziska Jantsch

**Fachliche Betreuung:** Roger Wolf

**Verantwortlich:** Burghard Rauschelbach

## Inhaltsverzeichnis

1.	Beschreibung des Projektbereichs	1
1.1	Klassifizierung der Gesundheitseinrichtungen nach dem Versorgungsniveau	1
1.2.	Abfallarten nach Kategorien	3
1.3	Orte der Abfallentstehung	3
1.3.1	Abfall der Kategorie A (hausmüllähnlicher Abfall)	3
1.3.2	Abfall der Kategorie B (infektiöser Abfall)	4
1.3.3	Abfall der Kategorie C (pathologischer Abfall)	4
1.3.4	Abfall der Kategorie D (Gefahrgutabfall)	4
1.4	Abfallmengen	5
1.5	Prozesse des Abfallmanagements	5
2.	Umweltwirkungen und Umweltschutzmaßnahmen	8
2.1	Gefährdungspotential durch Abfälle aus medizinischen Einrichtungen	8
2.1.1	Gefährdungspotential nach Abfallarten	8
2.1.2	Gefährdungspotential durch Umgang und Handhabung	12
2.1.2.1	Sortieren, Trennen	12
2.1.2.2	Lagerung, Transport	13
2.1.2.3	Abfallbehandlung	13
2.1.2.4	Entsorgung von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen	17
2.1.3	Gefährdungspotential nach Personengruppen	19
2.1.3.1	Gefährdete Personen innerhalb der medizinischen Einrichtung	19
2.1.3.2	Gefährdete Personen außerhalb der medizinischen Einrichtung	21
2.2	Umweltschutzmaßnahmen	21
2.2.1	Umweltschutz durch administrative Maßnahmen	21
2.2.2	Umweltschutz durch technische Maßnahmen	23
3.	Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen bezogen auf die Situation in Entwicklungsländern	24
3.1	Allgemeine Darstellung der Situation des Gesundheitswesens in	24
3.2	Gesetzliche Grundlagen	24
3.3	Vorhandene Infrastruktur und das sozio-kulturelle Umfeld im Hinblick auf das Abfallmanagement in medizinischen Einrichtungen	25
3.4	Vorhandene Ressourcen für das Abfallmanagement	25
3.5	Bewertungsmatrix zur Einschätzung der Umweltgefährdung durch verschiedene Verfahren des Abfallmanagements in medizinischen Einrichtungen	27
4.	Zusammenwirken mit anderen Projektbereichen	29
5.	Zusammenfassende Bewertung der Umweltrelevanz	30
6.	Literatur	31
7.	Anhang	35

## **1. Beschreibung des Projektbereichs**

Überall dort, wo Menschen zusammenleben, eine Tätigkeit verrichten oder ein Gut produzieren, entstehen Abfälle. Das gilt auch für medizinische Einrichtungen, in denen Menschen stationär oder ambulant behandelt werden. Der Umgang mit Patienten, deren Krankheiten zum Teil sehr infektiös sind, erzeugt Abfall mit einem besonderen Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt. Dem Abfallmanagement in medizinischen Einrichtungen kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

In den entwickelten industrialisierten Ländern hat die medizinische Versorgung ein allgemein hohes Niveau erreicht. Die einzelnen Einrichtungen unterscheiden sich weniger nach ihrem Leistungs- oder Qualitätsstandard als vielmehr nach der medizinischen Spezialisierung. Entsprechend variiert die Art des anfallenden Abfalls.

In den Entwicklungsländern unterscheiden sich die Gesundheitseinrichtungen in erster Linie durch das Versorgungsniveau. Zwischen einer einfachen Basisgesundheitsstation auf dem Land und den Zentralkrankenhäusern in den Ballungszentren gibt es große Unterschiede. Bezüglich des Abfallaufkommens unterscheiden sich diese Einrichtungen nicht nur in den entstehenden Abfallmengen und -arten sondern auch im Hinblick auf die Möglichkeiten des Abfallmanagements. Bedingt durch eine fehlende oder oft nur rudimentär vorhandene Gesetzgebung, unzureichende Infrastruktur und finanzielle Ausstattung sind die Abfallmanagementmethoden oftmals ungenügend. Das Gefährdungspotential durch eine ungeordnete Entsorgung von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen ist daher in Entwicklungsländern höher als in den Industrieländern.

### **1.1 Klassifizierung der Gesundheitseinrichtungen nach dem Versorgungsniveau**

Um die Gefährdung der Umwelt durch Abfälle aus medizinischen Einrichtungen in Entwicklungsländern abschätzen zu können, bedarf es einer Klassifizierung dieser Einrichtungen nach dem Versorgungsniveau. Damit wird zum einen auf die unterschiedlichen Behandlungsmöglichkeiten Rücksicht genommen, die spezifische Abfälle hervorbringen. Zum anderen ermöglicht diese Einteilung eine gewisse Aussage über das Niveau und die Rahmenbedingungen des Abfallmanagements in diesen Institutionen.

Einrichtung	Leistungsbeschreibung
Arztpraxen, Gesundheitsposten, Dorfgesundheitshelfer, traditionelle Hebamme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primäre Gesundheitsversorgung, Familienplanung, Gesundheitsvorsorge, Hygieneerziehung in Schulen</li> <li>• Erstversorgung der allgemein auftretenden Krankheiten, Entbindungen</li> </ul>
Gesundheitszentrum, Dispensaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurative Versorgung akut und chronisch Kranker, soweit keine ärztliche Kompetenz erforderlich ist (im allgemeinen etwa 80 % aller Krankheits- und Fürsorgefälle)</li> <li>• Schwangerenvorsorge</li> <li>• Geburtenbetreuung</li> <li>• Familienplanung</li> <li>• Kleinkinderfürsorge (einschließlich Impfen und Wachstumskontrolle)</li> <li>• Gemeindeförderung (primäre Prävention, fachliche Betreuung traditioneller Hebammen und eventueller Dorfposten)</li> </ul>
Ländliches Hospital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service wie Gesundheitszentrum, außerdem Supervision der Gesundheitsposten und -zentren, stationäre Behandlung, Labortests, Röntgen und einfache Operationen</li> </ul>
Distrikthospital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambulanzbetrieb</li> <li>• Operative Versorgung von Notfällen und anderen Eingriffen (Geburtshilfe, Chirurgie einschließlich Traumatologie, Urologie)</li> <li>• Konservative Behandlung Schwerkranker</li> <li>• Technisch aufwendige Diagnostik (Röntgen, Ultraschall, Labor)</li> <li>• Fortbildung (auch des Personals der Gesundheitszentren)</li> <li>• Studien und operationale Forschung</li> <li>• Teilnahme an der Supervision der Gesundheitszentren</li> <li>• Instandhaltungssystem</li> </ul>
Zentral/Generalkrankenhäuser Universitätskliniken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service wie Distrikthospital sowie spezieller Service für kompliziertere Gesundheitsprobleme</li> <li>• Lehre, Forschung und Entwicklung</li> </ul>

Tab. 1: Klassifizierung der Gesundheitseinrichtungen nach Versorgungsniveau /11/

## 1.2. Abfallarten nach Kategorien

Abfälle aus medizinischen Einrichtungen sind sehr heterogen. Es wurden daher Abfallkategorien eingeführt, die sich am Gefährdungspotential und den daraus resultierenden Entsorgungsmethoden orientieren. Leider findet weltweit keine einheitliche Kategorisierung von medizinischen Abfällen statt. In der Literatur finden sich Angaben, die je nach Erfassungsmethode von 3 bis 8 Abfallarten ausgehen /1-6/. In den hier vorliegenden Arbeitsmaterialien werden vier Abfallkategorien (Tabelle 2) entsprechend ihres Gefährdungspotentials und der sich daraus ableitenden Handhabung definiert.

Abfallkategorie	Beschreibung
Typ A	nicht infektiöser Abfall ähnlich dem allgemeinen Hausmüll
Typ B	infektiöser Abfall inklusive scharfkantiger Bestandteile wie Spritzen, Kanülen, Glasampullen etc.
Typ C	pathologischer Abfall wie z.B. Organteile, Gewebe, Placentas und bakteriologische Kulturen
Typ D	Gefahrgutabfall wie z.B. Chemikalien, Lösungsmittel, abgelaufene Medikamente, Zytopharmaka, radioaktive Substanzen

Tab. 2: Kategorisierung des Abfalls aus medizinischen Einrichtungen

## 1.3 Orte der Abfallentstehung

Entsprechend den verschiedenen Abteilungen und Tätigkeiten in einem Krankenhaus fallen die einzelnen Abfallkategorien an unterschiedlichen Stellen an.

### 1.3.1 Abfall der Kategorie A (hausmüllähnlicher Abfall)

Hausmüllähnlicher Abfall repräsentiert den weitaus größten Teil des Abfalls aus medizinischen Einrichtungen. Er fällt dort besonders im allgemeinen Betriebsteil an, z.B. in der Administration, bei der Reinigung, der technischen Wartung, der Essenvorbereitung, im Lager oder in den Werkstätten. Er besteht im wesentlichen aus Verpackungsmaterialien wie Kartonen, Plastikverpackungen und Glas, aus Büromaterial wie Abfallpapier und Verbrauchsgütern wie leere Farbkartuschen von Druckern und Kopierern. In den Werkstätten fallen zusätzlich Metall- und Plastikschrötte an, sowie ausgediente Geräte und Inventar. In der Küche und Kantine besteht der Abfall zusätzlich aus Resten der Essenvorbereitung und Essensausgabe.

Auf den Stationen und im Behandlungsbereich entsteht ebenfalls Abfall der Kategorie A. Neben Geschenkverpackungen, Zeitschriften und Blumenschmuck, die von Angehörigen der Patienten mitgebracht werden, zählen dazu auch nicht-infektiöse Wundverbände, Gipschienen, Infusionsflaschen, Ampullen und andere medizinische Verbrauchsartikel.

Neben den festen Abfällen gelten auch alle flüssigen Abfälle der öffentlichen Toiletten, der Waschbecken, Bäder und Duschen, der Küche und Wäscherei sowie bestimmte flüssige Medikamente als Abfall der Kategorie A.

### **1.3.2 Abfall der Kategorie B (infektiöser Abfall)**

Infektiöser Abfall enthält eine höhere Anzahl pathogener Keime. Er wird entsprechend der EU-Richtlinie 90/679 als biologisch aktives Material der Gefährdungsstufe 3 und 4 klassifiziert /1/.

In der Regel handelt es sich dabei um Abfälle aus der Behandlung infektiöser Krankheiten. Dazu zählen auch zurückgehende Essensreste und feste oder flüssige Aussonderungen von Patienten, die mit solchen Krankheiten infiziert sind, Organteile, die ihnen entnommen wurden oder Rückstände der pathologischen Untersuchung von an infektiösen Krankheiten verstorbenen Patienten. Ebenfalls werden Abfälle der Blutdialysebehandlung als infektiös entsprechend der Kategorie B eingestuft. Im Labor- und Forschungsbereich besteht Abfall der Kategorie B aus Gewebe-, Bakterien oder Virenkulturen sowie den Rückständen der Versuchstierhaltung, falls diese mit infektiösen Krankheiten infiziert wurden.

Eine besondere Komponente im Abfall der Kategorie B sind scharfkantige, schneidende oder perforierende Gegenstände, unabhängig davon, ob sie in Verbindung mit der Behandlung einer infektiösen Krankheit benutzt wurden. Verletzungen, die durch Gegenstände wie z.B. benutzte Spritzen, chirurgisches Einwegbesteck, Glasbruch etc. verursacht werden, beinhalten im Krankenhaus immer eine potentielle Gefahr zur Übertragung infektiöser Krankheiten.

Anfallsorte für Abfälle der Kategorie B sind somit die Behandlungsräume, die Isolier- und Dialysestationen, der OP-Bereich, die Pathologie sowie der Laboratoriums- bzw. Forschungsbereich eines Krankenhauses.

### **1.3.3 Abfall der Kategorie C (pathologischer Abfall)**

Pathologischer oder Organabfall besteht im wesentlichen aus menschlichen Geweben, entnommenen Organteilen, Föten und Plazentas sowie Körperflüssigkeiten. Ebenfalls zählen dazu Tierkadaver aus dem Forschungs- oder Laborbetrieb.

Anfallsorte dieses Abfalls sind somit OP-Säle, Entbindungsstationen, die Pathologie und Tierversuchslaboratorien. Weniger wegen des Infektionsrisikos als vielmehr aus ethischen Gesichtspunkten bedarf dieser Abfall einer gesonderten Behandlung.

### **1.3.4 Abfall der Kategorie D (Gefahrgutabfall)**

Zum Abfall der Kategorie D zählen alle festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffe und Substanzen, die ein Gefährdungspotential darstellen, weil sie giftig, radioaktiv, kanzerogen, erbgutverändernd, ätzend, korrosiv, entflammbar oder explosiv sind. Medikamente, deren Haltbarkeits- oder Anwendbarkeitsdatum überschritten wurde, zählen ebenfalls zum Abfall der Kategorie D.

Wesentliche Anfallsorte für diese Art von Abfällen sind die Laboratorien, die Krebsstationen in denen Chemotherapien und radioaktive Bestrahlungen durchgeführt werden, die technischen Betriebe des Krankenhauses sowie das Lager und die Krankenhausapotheke.

Jede dieser Abfallsubstanzen muß wegen ihres unterschiedlichen chemischen oder physikalischen Charakters gesondert entsorgt werden.

## **1.4 Abfallmengen**

Die Bestimmung der Abfallmengen von medizinischen Einrichtungen wird in den verschiedenen Ländern nach unterschiedlichen Verfahren durchgeführt. Ebenfalls findet, wie bereits erwähnt, eine unterschiedliche Kategorisierung der Abfallarten statt. Da nur wenige Details über die zugrunde liegenden Erfassungsmethoden in der Literatur veröffentlicht sind, ist es sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich, die Krankenhausabfallmengen verschiedener Länder miteinander zu vergleichen.

In Entwicklungsländern ist der Anteil an ambulanten Patienten eines Krankenhauses im Vergleich zu den stationär behandelten Personen bedeutend höher, als in den Industrieländern. Eine Aussage bzgl. des Abfallaufkommens bezogen auf die Anzahl der Betten und Tage der stationären Behandlung ( $\text{kg/b/d} = \text{kg/bed/day}$ ) ist daher wenig aussagekräftig. Eine Studie aus Guatemala /27/ belegt, daß die Behandlung von ambulanten Patienten pro Patient etwa 3-mal soviel Abfall erzeugt, wie die der stationären Patienten.

Tab. A1 im Anhang beschreibt eine Berechnungsformel zur Ermittlung des Abfallaufkommens in deutschen Krankenhäusern. In Krankenhäusern mit funktionierendem Abfallmanagement (d.h. Separierung des hausmüllähnlichen Abfalls vom infektiösen bzw. Gefahrgutabfall) liegt der Anteil an speziell zu entsorgendem Abfall der Kategorien B, C und D unter 10% der Gesamtanfallsmenge.

Tabelle 3 verdeutlicht die breite Spannweite der vorliegenden Daten in Industrie- und Entwicklungsländern.

## **1.5 Prozesse des Abfallmanagements**

Abfallmanagement in Gesundheitseinrichtungen findet in erster Linie aus hygienischen Aspekten statt. Somit ist der Abfallmanagementplan einer Gesundheitseinrichtung ein fester Bestandteil des allgemeinen Hygieneplans. Die Verringerung des Infektionsrisikos für Patienten, Personal, Besucher und Umwelt hat eindeutige Priorität vor abfallwirtschaftlichen Überlegungen.



Land	Einheit	gesamt	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Deutschland /14/	kg/b/d	2,8	2,5	0,3		
	%	100	89	11		
Deutschland /4/	kg/b/d	2,2		0,14		0,34
	%	100		6,6		
Schweiz /15/	kg/b/d	4,2	3,7	0,35	0,15	
	%	100	88	9	3	
USA /31/	kg/b/d	6,6		1		
Europa /28/	%	100	59-97	3-41		
Brasilien /8/	kg/b/d	1-7				
	%	100	90	10		
Lateinamerika /16, 21/	kg/b/d	1-4,5				
	%	100	100	10-40		
Botswana /2/	kg/b/d	1,7				
	%	100	72	28		
Nepal /6/	kg/b/d	1,27	0,95	0,18	0,13	0,01
	%	100	75	14	10	1
Indien /17/	kg/b/d			0,25-0,5		
Indien /29/	kg/b/d	0,3-2				
	%	100				
Sri Lanka /18/	kg/b/d		0,8-2,5			
Malaysia /17/	kg/b/d			0,3-0,9		
Guatemala /27/	kg/b/d	0,3-7,3				
	%	100				
weltweit /19/	%	100	93	5	1	1

Tab. 3: Aufkommen an Krankenhausabfall in verschiedenen Ländern

Sind die Aspekte der Hygiene in entsprechender Weise gewürdigt, so finden auch in Gesundheitseinrichtungen die Gesichtspunkte der Abfallwirtschaft Berücksichtigung. Dazu zählt in erster Linie das Prinzip der Abfallwirtschaftshierarchie, in der die Vermeidung und Verwertung von Abfällen einer Entsorgung vorangestellt sind.

<b>Abfallwirtschafts- hierarchie</b>	<b>Schritte des Abfallmanagements</b>		<b>konkrete Aktivitäten</b>
<b>Vermeidung von Abfällen</b>	<b>Reduzierung</b> der Abfallentstehung		- Verwendung von Mehrwegartikeln
			- Verwendung von Produkten mit geringem Verpackungsanteil
			- Verwendung von wiederverwertbaren Produkten
<b>Verwertung von Abfällen</b>	<b>Wiederverwendung</b> von Produkten der Kategorie A (vornehmlich in Entwicklungsländern praktiziert)		- Verwendung von Produkten aus umweltverträglichen Materialien
			- Verwendung von weniger umweltschädlichen Chemikalien, Lösungs- und Reinigungsmittel
			- Verwendung von weniger umweltschädlichen Chemikalien, Lösungs- und Reinigungsmittel
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Trennung</b> der Abfälle am Ort der Entstehung		- Abfalltrennung entsprechend der Kategorien A, B, C und D
			- Glas- und Plastikbehälter
			- Kartons und Holzkisten
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Recycling</b> von Wertstoffen aus Abfall der Kategorie A		- Infusionsbesteck und -schläuche
			- chirurgisches Besteck
			- Bandagen
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Abfallbehandlung</b>	biologische Behandlung	- Papier, Plastik, Glas, Metall
		physikalische Behandlung	- Silber aus Entwickler- und Fixierlösungen, Fotopapier, Filme
		chemische Behandlung	- Elektronikschrott, Altgeräte
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>	in Industrieländern	- Kompostierung von org. Abfällen
		zusätzlich in Entwicklungsländern	- aerobe/anaerobe Vergärung flüssiger Abfälle
			- Sortierung am Entstehungsort
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>		- Zerkleinerung, Schreddern
			- Sedimentation von Feststoffen aus Flüssigkeiten
			- Desinfektion/ Sterilisation (Kat. B und C)
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>		- Verbrennung, Inertisierung (Kat. A, B und C)
			- Neutralisation von Säuren oder Laugen (Kat. D)
			- Fällung von Salzen (Kat. D)
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>		- chemische Desinfektion
			- Hausmülldeponien (Kat. A)
			- Sondermülldeponien (Kat. C)
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>		- Klärschlammverbringung
			- Latrinen für Fäkalien und flüssige Abfälle (Kat. A)
			- waste pits für Abfälle der Kat. B
<b>Entsorgung von Abfällen</b>	<b>Deponierung</b>		- Verbringung von Fäkalien auf landwirtschaftliche Flächen
			- Verrieselung von Abwasser
			- direkte Einleitung des Abwassers in die Vorfluter

Tab. 4: Prozesse des Abfallmanagement an Gesundheitseinrichtungen

Zusammengefaßt bestehen die Prozesse des Abfallmanagements in Gesundheitseinrichtungen aus dem bewußten Einkauf von Gütern und Verbrauchsartikeln mit geringem Abfallaufkommen, der konsequenten Sortierung des Abfalls nach Gefährdungsklassen zur Vermeidung einer Kontamination von großen Mengen Hausmüll durch geringe Anteile an infektiösem Abfall, der Ausnutzung von Wiederverwendungs- und Recyclingpotentialen und der individuellen Aufbereitung und Entsorgung der einzelnen Abfallklassen entsprechend ihres Gefährdungspotentials.

## **2. Umweltwirkungen und Umweltschutzmaßnahmen**

Durch den Betrieb einer Gesundheitseinrichtung, insbesondere durch die Entstehung von krankenhausspezifischen Abfällen, sind Auswirkungen auf die Umwelt nicht zu vermeiden. Wegen der besonderen Natur dieser Abfälle bedarf es spezieller Umweltschutzmaßnahmen, die sich zum Teil von den im Abfallsektor üblichen Maßnahmen unterscheiden.

### **2.1 Gefährdungspotential durch Abfälle aus medizinischen Einrichtungen**

Das spezifische Gefährdungspotential von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen definiert sich durch die Art des Abfalls und durch den Umgang mit diesem. Je nach Tätigkeit und Rolle der Personen in medizinischen Einrichtungen sind diese unterschiedlich gefährdet.

#### **2.1.1 Gefährdungspotential nach Abfallarten**

Entsprechend den eingangs definierten Abfallkategorien sind folgende Gefährdungspotentiale zu beachten:

##### **Abfälle der Kategorie A (hausmüllähnlicher Abfall)**

Abfall der Kategorie A aus medizinischen Einrichtungen stellt bezogen auf die Anzahl der vorliegenden pathogenen Keime im Vergleich zu normalem Hausmüll keine größere Gefährdung dar. In verschiedenen Studien /22-26/ wurde durch hygienisch-mikrobiologische Studien nachgewiesen, daß die mikrobielle Kontamination von Abfällen (der Kategorie A) aus Krankenhäusern und Arztpraxen verschiedener Fachrichtungen sogar geringer ist, als die von Haushaltsabfällen. Abbildung A1 und A2 im Anhang verdeutlichen diesen Sachverhalt.

Trotz dieser Ergebnisse kann hausmüllähnlicher Abfall aus medizinischen Einrichtungen für Personen mit einer geschwächten Immunabwehr eine gewisse Gefährdung darstellen. Es sollte daher dafür Sorge getragen werden, daß Patienten, alte Menschen und Kleinkinder nicht unnötig in Kontakt mit diesem Abfall kommen. Grundsätzlich kann fester Abfall der Kategorie A auf normale Hausmülldeponien verbracht werden. Den auf Mülldeponien in Entwicklungsländern häufig anzutreffenden Wertstoffsammlern, sollte der Zugriff auf Krankenhausmüll jedoch verwehrt werden.

Flüssiger Abfall der Kategorie A besteht im wesentlichen aus menschlichen Fäkalien, Wasch- und Reinigungswässern sowie flüssigen Küchenabfällen. In Ländern mit einem intakten Abwassersammel- und Reinigungssystem gelangen die flüssigen Abfälle aus medizinischen Einrichtung zusammen mit den allgemeinen kommunalen Abwässern in die entsprechenden Kläreinrichtungen und fallen daher weder gesondert an, noch stellen sie eine zusätzliche Gefährdung dar.

Dort wo das Abwasser von Krankenhäusern oder ähnlichen medizinischen Einrichtungen nicht in das kommunale Abwassersystem eingespeist werden kann, müssen individuelle Lösungen vor Ort gefunden werden. Zur Auslegung entsprechender Aufbereitungs- bzw. Entsorgungsverfahren ist es notwendig, die Schmutz- und Keimfracht von mit menschlichen Fäkalien kontaminierten Abwässern zu kennen oder zu bestimmen. In der Regel wird die biologisch abbaubare Schmutzfracht von Abwässern mit dem BOD<sub>5</sub>-Wert beschrieben. Daneben beschreibt der COD-Wert die durch chemische Prozesse abbaubare Schmutzfracht des Abwassers. Tabelle A2 und A3 im Anhang geben Auskunft über die BOD<sub>5</sub>-Werte für menschliche Fäkalien in Industrie- und Entwicklungsländern.

Die Schmutzfracht allein sagt noch nichts über die bakterielle Belastung der Abwässer aus. In Tabelle A4 im Anhang werden Werte für die mikrobielle Belastung des menschlichen Stuhls aufgelistet, die wiederum von der menschlichen Ernährung abhängig sind. Neben den natürlichen vorkommenden Darmbakterien liegen im Falle einer infektiösen Krankheit, deren Erreger mit dem Stuhl ausgeschieden werden, diese Erreger auch im Abwasser vor. Tabelle A5 im Anhang quantifiziert die Erregerkeimkonzentration in städtischen Abwässern unter Zugrundelegung angenommener aber realistischer Durchseuchungsgrade.

In einer Gesundheitseinrichtung liegt naturgemäß ein höherer Durchseuchungsgrad als im Rest der Gesellschaft vor. Es muß daher davon ausgegangen werden, daß die Frachten an infektiösen Erregern im Abwasser von Gesundheitseinrichtungen um einige Faktoren größer sind. Allgemein gültige Angaben zur Keimbelastung von Krankenhausabwässern in Entwicklungsländern liegen wegen der Vielzahl unterschiedlichster Rahmenbedingungen nicht vor. Tabelle 5 führt die Krankheiten auf, die durch verschmutzte Abwässer oder Fäkalien übertragbar sind /39/.

### **Abfälle der Kategorie B (infektiöse Abfälle)**

Abfälle der Kategorie B enthalten höhere Konzentrationen pathogener Keime, so daß daraus ein erhebliches Infektionsrisiko resultiert. Bezüglich der Keimbelastung ist der Übergang vom Abfall der Kategorie A zum Abfall der Kategorie B fließend. In der Regel gelten solche Abfälle als infektiös, die bei der unmittelbaren Behandlung von infektiösen Krankheiten anfallen. Insbesondere zählen dazu alle Krankheiten, die über den Kontakt mit Blut oder anderen Körpersekreten übertragen werden. Aus diesem Grunde sind die Abfälle von Dialysestationen Bestandteil der Abfälle der Kategorie B. Tabelle 6 zählt die wesentlichen Krankheiten auf, die besonders in Entwicklungsländern durch infektiöse Abfälle übertragen werden können.

Neben der Aufnahme pathogener Keime durch Haut- oder Bindegewebekontakt, Inhalation und durch den Mund bilden scharfkantige Gegenstände im Abfall wegen der Verletzungsgefahr ein besonderes Infektionsrisiko. Aus diesem Grunde werden diese Gegenstände wie infektiöser Abfall behandelt und entsprechend erfaßt.

### **Abfälle der Kategorie C (pathologische Abfälle)**

Pathologischer Abfall besteht im wesentlichen aus Organteilen und Körpergeweben. Diese sind nicht grundsätzlich infektiös. Nur dann, wenn sie Menschen oder Tieren entnommen wurden, die mit infektiösen Krankheiten infiziert waren, besteht ein erhöhtes Ansteckungsrisiko. Bezüglich des Infektionsrisikos könnte ein Großteil des pathologischen Abfalls zusammen mit dem Abfall der Kategorie A entsorgt werden. Dieses findet jedoch aus ethischen Gründen nicht statt. Der gesamte Abfall der Kategorie C wird deshalb gesondert entsorgt bzw. dem Abfall der Kategorie B zugeschlagen.

Kategorie	Krankheit		Art der Organismen	Übertragung
	Name	Med. Name		
Waterborne (wird bestimmt durch Wasserqualität)	Cholera	Cholera	Vibrio	Durch Aufnahme (Trinken) von mit Fäkalien kontaminiertem Rohwasser, welches mit Vibrio, Bakterien, Protozoen oder Viren infiziert ist;  ausgenommen dem Guinea Wurm, bei dem die Übertragung durch verschluckte Wasserflöhe entsteht, die mit Wurmlarven infiziert sind.
	Typhus	Typhus	Bakterien	
	Paratyphoid fever	Paratyphus	Bakterien	
	Bakterienruhr	Shigellose	Bakterien	
	Amöbenruhr	Amöbiasis	Protozoen	
	Diarrhö	Salmonellose	Bakterien	
	Diarrhö	Giardiasis	Protozoen	
	Gelbsucht	Hepatitis	Virus	
Water-washed (wird bestimmt durch verfügbare Wassermenge)	Guinea Wurm	Dracunculiasis	Wurm	
	Bacillary dysentery	Shigellose	Bakterien	Anal-oral oder Haut zu Haut Direktkontakt-Übertragung resultierend von unzureichender Körperhygiene, hervorgerufen durch Mangel an Wasser für ausreichende Körperpflege und Reinigung.
	Diarrhö	Salmonellose	Bakterien	
	Virusl diarrhö	Enteroviren	Virus	
	Trachoma	Trachoma	Intrazell. Bakterien	
	Infekt. Konjunktivitis	Infekt. Konjunktivitis	Bakterien	
Wasserkontakt	Krätze	Skrabies	Milben	
	Leberegel	Schistosomiasis	Wurm	Eier, die von ausgeschiedenen Fäkalien herrühren oder Larven, die im Urin aufwachsen, dringen im Wasser in Schnecken ein, vermehren sich dort sehr schnell. Die Larven verlassen die Schnecken wieder und dringen in die Haut des Menschen ein, wenn dieser Kontakt mit infiziertem Wasser hat.
wasserbezogene Insektenvektoren (Träger)	Gelbfieber	Gelbfieber	Virus	Moskitos, Tsetsefliegen und Blachflies, welche in oder in der Nähe von Wasser brüten, nehmen kranke Organismen auf, wenn sie infizierte Personen stechen; die Erreger wachsen im Vektor heran und werden weiter übertragen, wenn das Insekt Blut saugt.
	Malaria	Malaria	Protozoen	
	Filiariasis	Filiariasis	Wurm	
	Schlafkrankheit	Trypanosomiasis	Protozoen	
	Flußblindheit	Onchocerciasis	Wurm	
hygienebezogen (Fäkalien-verschmutzter Boden)	Hakenwurm	Ankylostomiasis	Wurm	Eier oder Larven werden freigesetzt, wenn eine offene Defäkation stattfindet. Die Eier werden mit kontaminiertem Gemüse oder nicht gereinigten Händen aufgenommen oder Larven dringen bei Kontakt mit infiziertem Boden in die Haut ein.
	Rundwurm	Askariasis	Wurm	

Tab. 5.: Durch Wasser und Abwasser übertragbare Krankheiten /39/

Infektiöse Krankheiten	
AIDS	Mycobacteriosis
Blastomycosis	Mycoplasmosis
Brucellosis	Scrub Typhus
Cryptococcosis	Sporotrichosis
Diphtheria	Staphylococcus aureus
Ebola fever	Streptococcus pyogenes
Gonorrhoea (cutaneous)	Syphilis
Hepatitis B	Toxoplasmosis
Herpes	Tuberculosis
Leptospirosis	Malignancy

Tab. 6: Krankheiten, die durch Verletzungen in Verbindung mit infektiösen Abfällen übertragbar sind /20/

### Abfälle der Kategorie D (Gefahrgutabfälle)

Zu den Gefahrgutabfällen der Kategorie D zählen die in Tabelle 7 aufgeführten Substanzen. Entsprechend ihren unterschiedlichen physikalischen oder chemischen Eigenschaften gehen unterschiedliche Gefahren von ihnen aus. Wegen der Vielzahl möglicher Stoffe beschränkt sich die Tabelle 7 auf die wesentlichen Gefahrgutgruppen, wie sie in medizinischen Einrichtungen vorkommen können.

Gefahrgut	Risiken
Chemopharmaka (aus der Krebsbehandlung)	erbgutverändernd, Zellgift
Formaldehyd (Konservierungsmittel in der Pathologie)	giftig, kanzerogen
photographische Entwickler- und Fixierbäder (Entwicklung von Röntgenfilmen)	giftig
Lösungsmittel, Reinigungsmittel (im Labor, allgemeine Reinigungsarbeiten)	kanzerogen, blutbildschädigend ätzend
radioaktive Substanzen (aus Diagnose und Forschung, z.B. $I^{125}$ , $I^{131}$ , $P^{32}$ , $H^3$ )	erbgutschädigend, kanzerogen
Quecksilber (zerbrochene Thermometer)	Vergiftungen, Einlagerung im Gewebe, erbgutverändernd
explosive und entflammbare Stoffe (Waschbenzin, Alkohol, technische Gase, etc.)	Explosionsgefahr, Feuer, giftige Dämpfe
Gifte, abgelaufene Medikamente	Vergiftungen
korrosive Stoffe, diverse Chemikalien (Laugen, Säuren, Laborchemikalien, Reinigungsmittel, etc.)	Verätzungen, Vergiftungen, kanzerogen

Tab. 7: Auflistung von Gefahrstoffen im Abfall von medizinischen Einrichtungen

## 2.1.2 Gefährdungspotential durch Umgang und Handhabung

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die Gefahren aufgezeigt, die grundsätzlich von den einzelnen Abfallkategorien ausgehen. In der Regel gelangen die Abfälle jedoch nicht unbehandelt in die Umwelt. Ziel einer Behandlung ist es, das Gefährdungspotential des Abfalls zu verringern. Dieses sinnvolle und notwendige Vorgehen erzeugt seinerseits jedoch Gefahren für die den Abfall handhabende Personen sowie für die Umwelt durch freigesetzte Rückstände und Emissionen aus dem Behandlungsprozeß.

Behandlung der Abfälle medizinischer Einrichtungen					
Separierung	Sortierung	gesamter Abfall			
	Trennung in separate Aufnahmebehälter	Kateg. A	Kateg. B	Kateg. C	Kateg. D
Lagerung und Transport	Lagerung während der Akkumulation an der Entfallsstelle	X	X		X
	Transport zum Zwischenlager oder zur Behandlung	X	X	X	X
	Zwischenlagerung von Abfällen	X	X	X	X
Behandlung	Krankenhausmüllverbrennung	(X)	X	X	(X)
	Desinfektion, Sterilisation		X	X	
	Kompostierung organischer Abfälle	X			
	Aufbereitung flüssiger Abfälle	X	X		(X)
	Behandlung von Sonderabfällen			X	X
Entsorgung	Deponierung auf Hausmülldeponie	X	(X)		(X)
	Unaufbereitete Ableitung flüssiger Abfälle	(X)			
	Sondermülldeponierung (infectious waste pit)		X	X	(X)
	Rückgabe an Lieferanten				X

(X) = bedingt oder nur für einige Substanzen bei entsprechender Vorbehandlung geeignet

Tab. 8: Handhabung des Abfalls in medizinischen Einrichtungen

### 2.1.2.1 Sortieren, Trennen

Da die unterschiedlichen Kategorien des Abfalls aus medizinischen Einrichtungen ein unterschiedliches Gefährdungspotential darstellen, sollte nach Möglichkeit der Abfall bei der Entstehung getrennt werden. Damit wird verhindert, daß die ca. 10% an gefährlichen Abfällen die restlichen 90% an unproblematischen Abfällen kontaminieren. Der Erfolg einer Abfalltrennung hängt im wesentlichen von den Kenntnissen des Sortierenden und dem Vorhandensein einer genügenden Menge gut gekennzeichnete Abfallgefäße ab. Gefährdung entsteht dann, wenn durch Unkenntnis, Achtlosigkeit oder Versehen Abfälle der unterschiedlichen Kategorien vermischt werden und dann Problemabfall auf der Hausmülldeponie entsorgt wird. Die Behälter oder Gefäße zur Aufnahme des Abfalls sollten so beschaffen sein, daß sie einen sicheren Aufbewahrungsort darstellen. So sollten scharfkantige Gegenstände nur in festen Behältern gesammelt werden.

### **2.1.2.2 Lagerung, Transport**

Abfall sollte wegen der latent vorhandenen Verbreitungsgefahr von Krankheiten möglichst kurz am Entstehungsort verbleiben. Ein besonderes Gefährdungspotential bildet dabei der infektiöse Abfall der Kategorie B. In der Regel sollte der Abfall je nach Anfallsmenge und Gefährdungspotential mindestens einmal, besser mehrmals pro Tag abtransportiert werden.

Während des Transports besteht die Gefahr der Verbreitung von Krankheitserregern, wenn Abfall verloren geht. Zu empfehlen sind daher geschlossene Transportbehälter, in denen die Abfallsäcke oder -container transportiert werden. In keinem Fall sollte der Abfall von einem Behälter in ein anderes umgepackt werden. Dabei besteht Verletzungsgefahr und ein erhöhtes Infektionsrisiko für das Personal.

In der Regel wird der tägliche Abfall auf dem Gelände der medizinischen Einrichtung zwischengelagert, bis er zur einer zentralen Deponie, Müllverbrennung oder Sammelstelle für Gefahrgüter transportiert wird. Die Lagerung hat so zu erfolgen, daß keine unautorisierten Personen Zutritt haben, kein Ungeziefer oder Tiere angelockt werden oder der Abfall nicht dem Wind und Regen ausgesetzt ist. In heißen Regionen ist für eine möglichst kühle Lagerung zu sorgen. Die verschiedenen Abfallkategorien sind getrennt zu lagern. Gefahrgüter sollten in verschließbaren Abteilungen untergebracht werden. Für den Fall einer Verschmutzung durch zerbrochene oder zerrissene Abfallbehälter ist Vorsorge zu treffen. Zur Vermeidung einer Infektion des Personals, sind die Lagerräume gut zu durchlüften und sauber zu halten.

Flüssige Abfälle aus Toiletten, Waschräumen und Küchen sollten so abgeleitet werden, daß sie zu keiner Gesundheitsgefährdung führen. Es sollte daher verhindert werden, daß Personen in Kontakt zu den Abwässern geraten oder daß sich Flüssigkeitstümpel oder Pfützen bilden, in denen Insekten (z.B. Moskitos) brüten können. Falls nicht für eine ausreichende Spülung gesorgt werden kann, sind abgedeckte Rinnen wegen der dann leichter zu beseitigenden Verstopfungen einem Rohrleitungssystem vorzuziehen.

### **2.1.2.3 Abfallbehandlung**

Die wesentlichen Behandlungsarten von Abfall aus medizinischen Einrichtungen sind:

- Krankenhausmüllverbrennung (Kategorie A, B, C, D)
- Desinfektion, Sterilisation (Kategorie B, C)
- Kompostierung von organischen Abfällen (Kategorie A)
- Aufbereitung flüssiger Abfälle (Kategorie A, B)
- Behandlung von Sonderabfällen (Kategorie C, D)

### **Verbrennung**

Die Verbrennung von Abfall aus medizinischen Einrichtungen war lange Zeit die am meisten angewendete und sicherste Methode der Behandlung von medizinischen Abfällen. Bei entsprechender Größe der Krankenhausverbrennungsanlagen wurde der gesamte Abfall der Kategorien A, B und C und Teile des Abfalls der Kategorie D verbrannt. Mit dem Erreichen entsprechend hoher Temperaturen werden alle pathogenen Keime abgetötet, scharfkantige Gegenstände eingeschmolzen und giftige chemische Zusammensetzungen zerstört. Die Asche kann als sterile und inerte Substanz auf jede Hausmülldeponie abgelagert werden. In vielen Industrieländern wurde praktisch jedes größere Krankenhaus mit einer Müllverbrennungsanlage ausgerüstet.



Mit zunehmender Sensibilisierung hinsichtlich der atmosphärischen Emissionen solcher Anlagen kam Kritik auf. Es wurde festgestellt, daß die Krankenhausmüllverbrennungsanlagen zum Teil erheblich zur Luftverschmutzung von Ballungszentren beitrugen. Als Kleinfeuerungsanlagen waren sie in der Regel nur geringen Luftreinholdungsvorschriften unterworfen. Eine US-amerikanische Studie aus dem Jahr 1994 zeigte auf, daß die Krankenhausmüllverbrennungsanlagen in der Summe die größte Dioxinemissionsquelle der Landes waren /30/.

Betrachtet man die Emissionen von Krankenhausmüllverbrennungsanlagen, so bestehen diese im wesentlichen aus :

- Partikeln (unverbrannte Anteile, Ruß, Asche)
- Schwermetallen ( As, Cd, Cr, Mn, Mo, Pb, Sb, Ni, Se, V, Zn)
- Umweltgiften (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine, Furane)
- Kohlenmonoxid
- säurebildenden Abgasen ( HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

In Entwicklungsländern werden Krankenhausabfälle in allen Formen verbrannt – als offener Haufen, in simplen Verbrennungsöfen aus alten Ölfässern, in gemauerten Ein-Kammer-Öfen ohne Abgasreinigung bis hin zu modernen Mehrkammeröfen mit Abgasreinigung. Je einfacher der Verbrennungsvorgang gestaltet ist, um so höher ist das Gefährdungspotential. Neben einer hohen Luftverschmutzung muß bei einfachen Verbrennungstechniken auch mit einer unzureichenden Sterilisation des Abfalls gerechnet werden.

Eine gute Möglichkeit zur umweltverträglichen Vernichtung von infektiösem Abfall aus medizinischen Einrichtungen ist die Verbrennung des Abfalls im Drehrohr eines Zementwerks. Dabei kann der Heizwert des Abfalls sinnvoll genutzt werden. Die hohen Temperaturen und Prozesse, die beim Brennen von Zement ablaufen, sorgen für eine vollständige Zerstörung aller Problembestandteile des Abfalls bei geringster zusätzlicher Abgasbelastung.

### **Desinfektion/Sterilisation**

Mit zunehmender Verschärfung der Luftreinholdungsverordnungen für Feuerungsanlagen (Krankenhausmüllverbrennungsanlagen fallen in Deutschland nun unter die 17BlmSchV) nimmt die Abgasreinigung einer Krankenhausmüllverbrennungsanlage erhebliche Dimensionen an und bedarf entsprechender Investitionen. Insbesondere bereitet die Einhaltung von 0,1g I-TE (Dioxin und Furan) große Schwierigkeiten. Die Umweltgesetzgebung auf der einen Seite und der Zwang zur Suche nach sparsameren Lösungen führte in Industrieländern dazu, daß der Müll entweder an zentrale Verbrennungseinrichtungen abgegeben wurde oder anstelle der Verbrennung desinfiziert oder sterilisiert wurde.

Zur Desinfektion/Sterilisation stehen sowohl chemische (mit Desinfektionsmitteln), thermische (Dampfsterilisation, Autoklavieren) wie physikalische Verfahren (Mikrowellenbehandlung) zur Verfügung. Nach einer solchen Behandlung kann der vormals infektiöse Abfall der Kategorie A zugeschlagen und auf normalen Hausmülldeponien abgelagert werden. Eine Desinfektion/Sterilisation stellt keine ausreichende Behandlung für die scharfkantigen Gegenstände im Müll sowie für Chemieabfälle, abgelaufene Medikamente, etc. dar und ist nur bedingt tauglich für pathologische Abfälle.

### **Kompostierung**

In Entwicklungsländern ist die Kompostierung des organischen Anteils ein hilfreiches Instrument zur Minimierung des zu entsorgenden haushaltsähnlichen Anfalls eines Krankenhauses. Gezielt eingesetzt können dadurch nicht nur Kosten eingespart werden, sondern wertvoller und vermarktbarer Dünger für den Eigen- oder Fremdbedarf erzeugt werden. Richtig

erzeugter Kompost ist keimfrei und stellt im Gegensatz zum Ausgangsmüll keine Gefährdung mehr dar. Bei der Kompostierung ist mit einer gewissen Geruchsbelästigung und der Entstehung von organisch belasteten Sickerwässern zu rechnen, die in die Abwasseraufbereitung eingeleitet werden sollten.

## Abwasseraufbereitung

Der weitaus größte Teil der flüssigen Abfälle einer medizinischen Einrichtung in Industrieländern gelangt in das kommunale Abwassersystem. Mit den übrigen städtischen Abwässern wird es dem ortsüblichen Standard entsprechend gereinigt und aufbereitet. In einem solchen Fall stellen die flüssigen Abfälle aus medizinischen Einrichtungen weder eine gesonderte Gefährdung dar, noch bedürfen sie einer speziellen Behandlung.

In Entwicklungsländern sind viele Gesundheitseinrichtungen nicht an ein kommunales Abwassersystem angeschlossen. In einem solchen Fall muß sich die Einrichtung selbst um die Aufbereitung und Entsorgung ihrer Abwässer kümmern. Es werden praktisch alle Stufen der Abwasserreinigung vorgefunden. Die Charakteristika von drei Standardsituationen sind in Tab. 9 zusammengestellt.

Aufbereitungsgrad	Beschreibung
Fest-Flüssig-Trennung, anaerobe Vergärung	Einleiten aller Fäkalien und Abwässer in eine Sickergrube; feste Bestandteile sedimentieren, flüssige Bestandteile versickern bzw. verlassen die Grube am Überlauf und versickern im Erdreich; teilweises Einsetzen einer anaeroben Vergärung in tieferen Schichten der Sickergrube;
Anaerobe Vergärung in einer Biogasanlage	Einleitung aller Fäkalien und Abwässer (ggf. auch fester organischer Abfall) in eine Biogasanlage; gezielte anaerobe Vergärung zur Erzeugung von Biogas und Kompost; Überlauf des überschüssigen Wassers, welches versickert oder zur Bewässerung genutzt wird;
mehrstufige Abwasserreinigung	Einleitung aller Fäkalien und Abwässer in eine Kombination aus mindestens zwei der folgenden Abwasserbehandlungsaggregate: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sickergrube (Fest-Flüssig-Trennung, anaerobe Vergärung)</li> <li>- Stabilisierungsbecken (Fest-Flüssig-Trennung, aerober Abbau)</li> <li>- Belebungsbecken (aerober Abbau)</li> <li>- Pflanzenklärbecken (biologische Reinigung)</li> <li>- Verrieselung (biologische Reinigung)</li> </ul>

Tab. 9: Stufen der Abwasserbehandlung

Im folgenden werden die Umweltrisiken nach Art der Abwasseraufbereitung diskutiert:

## Verwendung einer Sickergrube

Die niedrigste Form der Abwasseraufbereitung ist die Sammlung aller flüssigen Abfälle (Fäkalien, Waschwasser, Küchenabwässer) in Sickergruben (septic tanks). In der Sickergrube, die als Einkammer- oder Mehrkammersystem aufgebaut sein kann, findet eine Fest-Flüssig-Trennung statt. Die festen Bestandteile sedimentieren insbesondere in der ersten Kammer, während die flüssigen Anteile am Überlauf der Grube abgezogen werden. In der einfachsten Form einer Sickergrube, ist der Boden wasserdurchlässig. Die flüssigen Anteile versickern im Boden. Während der Verweilzeit der Abwässer in der Sickergrube findet dort ein Abbau der organischen Fracht statt, vornehmlich durch anaerobe Vergärungsprozesse. Dabei werden die organischen Bestandteile im wesentlichen zu Methangas und Kohlendioxid umgewandelt. Pathogene Keime werden bei diesen Prozessen abgetötet. Ein großer Teil

des Feststoffanteils im Abwasser wird ebenfalls abgebaut. Der übriggebliebene sedimentierte Fäkalschlamm muß von Zeit zu Zeit entnommen werden.

Bezüglich der Verwendung von Fäkalschlamm und dem flüssigen Überlauf von Sickergruben sind je nach Verwendungsart bestimmte Mindestanforderungen empfohlen /33/ (siehe Tab A6 im Anhang). Neben der Belastung des Bodens und des Grundwassers durch Fäkalschlamm und Sickerwasser hat die Produktion von Methan als Klimagas Auswirkung auf das globale Klima.

### Behandlung von flüssigen Abwässern in einer Biogasanlage

Beim Betrieb einer Biogasanlage läuft der anaerobe Vergärungsprozess kontrolliert ab. Alle flüssigen Abwässer der Toiletten, Waschräume, Küchen sowie die festen organischen Abfälle einer medizinischen Einrichtung können in die Biogasanlage gegeben werden. Falls es aus ethischen Gründen keine Widerstände gibt, können auch pathologische Abfälle in der Biogasanlage entsorgt werden. Wichtig zum Betrieb der Anlage ist das Verhältnis von Feststoff zur Flüssigkeit, die Verweilzeit im Biogasreaktor sowie die Betriebstemperatur.

Durch den intensiveren Umsetzungsprozess in einer Biogasanlage und die kontrollierte Verweilzeit werden bedeutend bessere Abwasserqualitäten als bei einer Sickergrube erreicht. In der Regel kann das abfließende Wasser einer Biogasanlage unbedenklich für Bewässerungszwecke in Garten und Landwirtschaft eingesetzt werden. Das von Zeit zu Zeit zu entleerende Sediment einer Biogasanlage ist ein hochwertiger Kompost und kann für Düngeszwecke eingesetzt werden. Im übrigen gelten auch hier die in Tabelle A6 aufgeführten Mindestanforderungen.

### Mehrstufige Abwasserreinigung

Für eine gute Abwasserreinigung sind mehrere Stufen erforderlich. In der Regel kombiniert man verschiedene Abwasseraufbereitungsbecken miteinander. In einer optimalen Anordnung würde man eine geschlossene Sickergrube, ein Stabilisierungsbecken und/oder Fakultativbecken, ein Belebungsbecken und möglicherweise ein Pflanzenklärbecken oder eine Verrieselungsanlage hintereinander schalten. Ob die volle Ausführung notwendig ist, hängt vom Verschmutzungsgrad des Abwassers ab. Eine mögliche Anordnung ist der Abbildung A2 im Anhang zu entnehmen. Tabelle 10 zeigt die Reinigungswirkung mehrerer hintereinander geschalteter Reinigungsbecken / 37/

Probe	Verweildauer (Tage)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	Suspendierte Feststoffe (mg/l)	Fäkale Coliforme (Anz.)	Intestinale Nematoden eier (Anz./l)
Rohwasser	-	240	305	$4.6 \times 10^7$	804
Abwasserqualität nach:					
• Stabilisationsbecken	6.8	63	56	$2.9 \times 10^6$	29
• Fakultativbecken	5.5	45	74	$3.2 \times 10^5$	1
• Belebungsbecken 1	5.5	25	61	$2.4 \times 10^4$	0
• Belebungsbecken 2	5.5	19	43	450	0
• Belebungsbecken 3	5.8	17	45	30	0

Tab.10: Reinigungswirkung von mehreren hintereinander geschalteten Wasseraufbereitungsbecken (mittlere Wassertemperatur: 26°C) /37/

## **Behandlung von Sonderabfällen**

Die Vielzahl möglicher Sonderabfälle der Kategorie D in einer medizinischen Einrichtung läßt nur eine allgemeine Aussage über die Behandlung von Sonderabfällen zu. Neben der Verbrennung von Medikamenten, Chemikalien, brennbaren Flüssigkeiten und zum Teil auch radioaktiven Präparaten kommen prinzipiell folgende Verfahren zur Anwendung:

- Neutralisation von Laugen und Säuren,
- Fällung von Salzen aus Lösungen (z.B. Schwermetalle),
- Oxidation cyanidhaltiger Abwässer,
- elektrolytische Rückgewinnung von Silber aus Entwickler- und Fixierbädern,
- Verdünnung konzentrierter Lösungen,
- Ausnutzung der Abklingzeit von radioaktiven Isotopen.

Bei Halbwertszeiten von <100 Tagen, werden die radioaktiven Präparate mindestens 10 Halbwertszeiten gelagert, bevor sie dann auf der Deponie bzw. bei flüssigen Abfällen in der Kanalisation entsorgt werden können /5/. Zum Schutz der handhabenden Personen ist auf eine entsprechende Schutzkleidung und einen vorsichtigen Umgang zu achten.

### **2.1.2.4 Entsorgung von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen**

#### **Deponierung auf Hausmülldeponien**

Wie bereits erwähnt kann der hausmüllartige Abfall einer medizinischen Einrichtung auf normalen Hausmülldeponien entsorgt werden. In den entwickelten Ländern unterliegt der Betrieb einer Hausmülldeponie strengen Richtlinien bzgl. der Geländevorbereitung (Bodenabdichtung, Installation eines Drainagesystems), des Einbaus von Müll (Kompaktierung, Zwischenabdeckungen) und des Schließens und der Nachsorge einer Deponie (Renaturierung, Deponiegasgewinnung, Entwässerung, Aufbereitung der Sickerwässer, etc.). In Entwicklungsländern findet dieses oft nicht statt. Somit gehen von den Hausmülldeponien eine Reihe von Gefährdungen für Mensch und Umwelt aus, wie z.B.:

- unkontrollierte Brände mit hohem Luftverschmutzungspotential,
- Geruchsbelästigung durch die ablaufenden Verrottungsprozesse,
- unkontrollierte Abgabe von Deponiegas (Methan),
- Verschmutzung der Umgebung einer Mülldeponie durch vom Wind fortgetragenen Abfall,
- Verbreitung von Krankheiten durch angelockte Tiere und Ungeziefer,
- Infektionsgefahr für Müllarbeiter und Wertstoffsammler (insbesondere wenn Müll aus medizinischen Einrichtungen deponiert wurde),
- Verschmutzung des Bodens und Grundwassers durch Deponiesickerwässer.

Einige Gesundheitseinrichtungen in Entwicklungsländern unterhalten eigene Deponien für ihren hausmüllähnlichen Abfall. Wegen der relativ geringen Mengen findet in einem solchen Fall in der Regel überhaupt keine Deponieplanung statt. Oftmals werden diese „Hausdeponien“ von Zeit zu Zeit angezündet, um das Volumen zu reduzieren und einen gewissen Desinfektionsprozess zu erzielen. Hier gilt es zwischen der entstehenden Luftverschmutzung und den Hygieneaspekten einer Desinfektion abzuwägen. Eine Untersuchung aus Botswana /41/ hat gezeigt, daß in dünnbesiedelten Gegenden eine solche Verbrennung von Hausmüll als kleineres Übel in Kauf genommen werden kann.

## Unaufbereitete Ableitung flüssiger Abfälle

Zahlreiche, meist ländliche Gesundheitseinrichtungen verfügen über keine eigenen Abwasserbehandlungseinrichtungen. Die Toiletten sind zumeist einfache Latrinen (pit latrines, VIP-latrines), die von Zeit zu Zeit geleert oder neu errichtet werden, wenn die Kapazität erschöpft ist. Das Abwasser der Waschräume, Küche und Wäscherei fließt in die angrenzenden Oberflächengewässer ab oder versickert. Die Fäkalien oder der Fäkalschlamm aus den Latrinen wird oft als Dünger auf die Felder verbracht. Mit dieser Vorgehensweise sind zahlreiche Gefährdungen für Mensch und Umwelt verbunden, wie zum Beispiel:

- Verbreitung von infektiösen Krankheiten durch Hautkontakt, Genuß von Wasser und Gemüse, durch Staubverwehung und dem Einatmen belasteter Luft,
- Kontamination der Oberflächenwässer des Bodens und des Grundwassers mit Fäkalbakterien,
- hoher Nitratreintrag in das Oberflächen- und Grundwasser,
- Überdüngung von Seen und Bächen, übermäßiges Algenwachstum,
- Brutstättenbildung für Ungeziefer aller Art,
- Geruchsbelästigung.

Insbesondere das Verbringen von nicht vollständig kompostierten Fäkalien auf die Felder birgt ein hohes Infektionsrisiko. Die Tabellen A7 und A8 im Anhang geben Daten zur Überlebenszeit von Pathogenen in menschlichen Fäkalien und auf Feldfrüchten /38/. Im Falle, daß Abwasser und Fäkalien auf das Feld ausgebracht werden sollen, sind folgende Verhaltensregeln zu beachten:

Laut /34/ soll Abwasser, welches auf die Oberfläche von landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht wird, weniger als 1 Helminth Ei und weniger als  $10^5$  coliforme Bakterien enthalten. Unkompostierte Fäkalien können dann auf die Felder ausgebracht werden, wenn sie mindestens mit 25 cm Erde bedeckt werden und kein Wurzelgemüse direkt auf die Fäkalien gepflanzt wird.

Verbleiben die Fäkalien in den Latrinen, so findet dort ein Zersetzungsprozeß, der sowohl anaerob als auch aerob abläuft. Ein Teil der pathogenen Keime wird dabei abgetötet. Die flüssigen Bestandteile versickern im Boden und bilden damit eine potentielle Gefährdung für das Grundwasser. Besondere Vorsicht ist anzuraten, wenn in der Nähe einer Latrine ein Trinkwasserbrunnen betrieben wird. In einem solchen Fall ist es notwendig, die Morphologie des Untergrunds zu kennen. Abbildung A3 im Anhang verdeutlicht das /35/.

Die Entfernung, über die sich die Bakterien aus einer Latrine in der Erde ausbreiten können, hängt stark von der Porosität und der fließenden Wassermenge ab. In der trockenen Erde ist der Bewegungsradius von Bakterien im Umkreis einer Latrine ca. 1 m in der Horizontalen und 3 m in der Vertikalen /36 /. Liegen durch Regenfälle oder Grundwasser größere Wassermengen im Boden vor und kann sich das Wasser durch entsprechende Poren im Boden fortbewegen, dann werden Bakterien noch in 30 m Entfernung nachgewiesen, wenngleich ihre Konzentration stark abgenommen hat.

## Sondermülldeponien für infektiöse Abfälle

Bei Nichtvorhandensein einer Verbrennungsmöglichkeit, kann infektiöser Abfall auch auf Sondermülldeponien mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen entsorgt werden. Dieses dürfte jedoch für Entwicklungsländer in den meisten Fällen nicht möglich sein.

Eine sinnvolle Alternative zur zentralen Sondermülldeponie ist das Anlegen einer tiefen Abfallgrube mit Verschußplatte (waste pit) ähnlich der Grube, die für eine Latrinen ausgehoben wird. Hier könnten alle infektiösen Anfälle der Kategorie B (ggf. auch pathologische Abfälle

der Kategorie C) entsorgt werden. Bedingung ist eine gute Trennung der infektiösen Abfälle von den restlichen Abfällen, damit die Grube möglichst lange verwendet werden kann. Die Verschlußplatte (z.B. aus Beton) mit verschließbarer Einwurfsklappe verhindert, daß der Abfall in Kontakt mit Menschen kommt. Bezüglich der Kontamination des Bodens und des Grundwassers gelten die gleichen Überlegungen wie bei der Anlage von Latrinen. Wenn die Grube zu 2/3 gefüllt ist, wird die Betonplatte abgehoben und die Restgrube mit Erde verfüllt.

## **Rückgabe von Problemabfällen an den Lieferanten**

Je beschränkter die Möglichkeiten der Behandlung und Entsorgung von Problemabfällen in einer medizinischen Einrichtung sind, desto größer wird die Notwendigkeit, Gefahrgutabfälle an den Lieferanten oder an zentrale Entsorgungseinrichtungen zurückzuführen. Dieses gilt insbesondere für:

- radioaktive Präparate oder Lösungen mit einer Halbwertszeit von > 100 Tagen,
- abgelaufene Medikamente, insbesondere solche die für die Chemotherapie eingesetzt werden, Gifte,
- Desinfektions- und Lösungsmittel (z.B. Phenol und Phenolderivate, halogenhaltige Kohlenwasserstoffe),
- Quecksilber, Schwermetallsalze,
- Öle und Fette, technische Gase,
- Gerätebatterien.

Der Umgang mit diesen Materialien verlangt äußerste Sorgfalt. Hautkontakt, Einatmen und Inkorporation muß vermieden werden. Verschüttete Substanzen müssen sorgfältig aufgewischt werden. Eine Entsorgung in die Kanalisation oder auf die Deponie ist nicht zulässig.

### **2.1.3 Gefährdungspotential nach Personengruppen**

Grundsätzlich lassen sich zwei Personengruppen definieren, die durch den Abfall aus medizinischen Einrichtungen gefährdet sein können:

- Personen, die sich im Bereich der Gesundheitseinrichtung aufhalten,
- Personen, die in der Umgebung einer Gesundheitseinrichtung leben.

Personen innerhalb der Einrichtung sind nach Art der Tätigkeit bzw. durch ihre Anwesenheit einem Gefährdungspotential ausgesetzt. Es lassen sich folgende Gruppen unterscheiden:

- Ambulant oder stationär behandelte Patienten,
- Besucher und Lieferanten,
- das medizinische Personal,
- das Servicepersonal.

#### **2.1.3.1 Gefährdete Personen innerhalb der medizinischen Einrichtung**

##### **Patienten**

Die in der medizinischen Einrichtung behandelten Patienten sind insbesondere durch nosokomiale Krankheiten gefährdet, die unter anderem auch durch den Abfall übertragen werden. Durch die Krankheit oder Verletzung ist oftmals die Immunabwehr dieser Personen geschwächt. Dieses macht sie anfällig gegenüber pathogen Keimen, die durch den Abfall

verbreitet werden können. Neben dem Krankheitsbild spielt oft auch das Alter eine Rolle. Kleinkinder und alte Menschen sind deshalb zusätzlich gefährdet.

### **Besucher und Lieferanten**

Der sporadische Besuch einer gesunden Person in einer medizinischen Einrichtung stellt keine besondere Gesundheitsgefährdung dar. In Entwicklungsländern, in denen viele Menschen latent und oft unerkannt an einer Krankheit leiden oder unterernährt sind, besteht ein erhöhtes Infektionsrisiko für nosokominale Krankheiten auch für diese Personengruppe. Es ist Tradition in vielen Ländern, daß die Anverwandten der Patienten diese pflegen und für sie kochen. Oftmals hält sich die ganze Familie des Patienten über mehrere Tage im oder auf dem Gelände des Krankenhauses auf und ist damit einer erhöhten Ansteckungsgefahr unterworfen. Insbesondere Kinder pflegen aus Neugier alles anzufassen oder in Augenschein zu nehmen. Kommen sie dann in Kontakt mit herumliegendem Abfall, so sind sie unmittelbar gefährdet.

### **Medizinisches Personal**

Das medizinische Personal ist besonders durch infektiöse Krankheiten, giftige oder andere gefährliche Chemikalien und Radioaktivität gefährdet. Dazu kommt ein Verletzungsrisiko durch scharfkantige Gegenstände wie z.B. Spritzen, Skalpelle, Glasbruch, etc., welches das Infektionsrisiko weiter erhöht. Insbesondere stellen Krankheitserreger, die durch Blut übertragen werden wie Hepatitis und Aids, eine besondere Gefährdung dar. Untersuchungen in den USA aus den 90-er Jahren zeigten, daß sich pro Jahr etwa 18.000 im Gesundheitsdienst tätige Personen an Hepatitis B infizieren /37/. Inwieweit die Infektionen durch infektiösen Abfall oder durch die normale Tätigkeit hervorgerufen wurden, läßt sich nicht sagen. In jedem Fall ist das medizinische Personal am Entstehungsort des Abfalls tätig. Es muß dafür Sorge tragen, daß die Abfälle entsprechend ihres Gefährdungspotentials separiert und in entsprechenden Abfallcontainern deponiert werden. Nur das medizinische Personal ist durch Vorbildung und Kenntnis des Krankheitsbilds des Patienten in der Lage, das Gefährdungspotential des Abfalls richtig einzuschätzen und daher diesen auch richtig zu separieren.

### **Servicepersonal**

Aus der Gruppe des Servicepersonals einer medizinischen Einrichtung sind die Personen, die sich mit der Raumreinigung, der Wäscherei und dem Abfallmanagement befassen, durch Abfälle besonders gefährdet. Sie sind in der Regel nicht mehr in der Lage, zu entscheiden, zu welcher Kategorie ein Abfall zu zählen ist. Sie müssen sich darauf verlassen, daß die Farbe und Form des Abfallcontainers ihnen darüber Auskunft gibt, mit welcher Sorgfalt der betreffende Abfall zu handhaben ist. Falls die Separierung nicht ordnungsgemäß durchgeführt wurde, besteht ein hohes Maß an Gefährdung aus Unkenntnis. In Entwicklungsländern hat diese Gruppe in der Regel den niedrigsten Bildungsstand innerhalb einer Gesundheitseinrichtung.

Da beim Servicepersonal der Abfall aller Stationen zusammenläuft, besteht prinzipiell ein Infektionsrisiko für alle im Krankenhaus auftretenden Krankheiten. Es ist daher eine besondere Sorgfalt bzgl. Schutzkleidung und Handhabung notwendig. Spezielle Tätigkeiten wie die Beschickung des Verbrennungsofens, die Sammlung und Lagerung von Gefahrgutabfällen oder die Wartung der Abwasseranlagen birgt darüber hinaus gesonderte Gefahren, die sich aus der spezifischen Charakteristik des Abfalls herleiten. Durch den permanenten Umgang mit diesen Stoffen können sich tätigkeits- oder berufsbedingte Krankheitsbilder ausbilden.

### **2.1.3.2 Gefährdete Personen außerhalb der medizinischen Einrichtung**

#### **Abfallentsorgungspersonal**

Außerhalb der medizinischen Einrichtung sind die mit dem Abfallmanagement betrauten Personen gefährdet. Dazu zählen die Arbeiter der kommunalen Müllentsorgung, die den Abfall der Kategorie A abholen, die Deponiearbeiter, die Bediensteten der Müllverbrennungsanlagen und der Gefahrgutsammelstellen. In Einrichtungen ohne Anschluß an das kommunale Abwassersystem besteht ein Gefährdungspotential für die Personen, die die Latrinen oder Sickergruben in regelmäßigen Zeitintervallen entleeren.

#### **Wertstoffsammler**

In vielen Entwicklungsländern ist es üblich, daß auf den privaten oder kommunalen Abfalldeponien Wertstoffsammler nach vermarktbarem Recyclinggut suchen. Wird der Krankenhausabfall frei zugänglich abgekippt, so kann nicht vermieden werden, daß Wertstoffsammler den Abfall durchsuchen. Besonders gefährlich ist, daß die Sammler dazu die verschlossenen Müllsäcke öffnen und damit die Voraussetzung schaffen, daß sich der Krankenhausabfall auf der Deponie weitflächig verteilt. Neben dem eigenen hohen Infektions- und Verletzungsrisiko erhöhen sie damit die Gefahr für andere dort tätige Personen.

#### **Benachbarte Bevölkerung**

Die benachbarte Bevölkerung (insbesondere Kinder) kann durch Abfall aus medizinischen Einrichtungen gefährdet werden durch:

- nicht ordnungsgemäße Entsorgung des Abfalls,
- Verteilung von Abfällen durch den Wind,
- Verletzungsrisiko durch herumliegenden scharfkantigen medizinischen Abfall,
- Grundwasserkontamination durch falsch angelegte Latrinen, Sickergruben, Abfallgruben für infektiöse Abfälle,
- Grundwasserkontamination durch falsche Entsorgung von Chemikalien,
- Schaffung von Brutstätten für Ungeziefer durch herumliegende Abfälle oder Abwasserlachen,
- Ausbringen von infektiösen Fäkalienabfällen oder Abwässern auf die Felder,
- Luftverschmutzung durch schlecht funktionierende Verbrennungsöfen.

Findet dagegen in der medizinischen Einrichtung ein ordnungsgemäßes Abfallmanagement statt, so ist die Gefährdung der benachbarten Bevölkerung durch den dort entstehenden Abfall minimal.

## **2.2 Umweltschutzmaßnahmen**

Umweltschutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefahren, die durch den Abfall aus medizinischen Einrichtungen entstehen können, bedürfen sowohl administrativer wie technischer Maßnahmen.

### **2.2.1 Umweltschutz durch administrative Maßnahmen**

Wesentlicher Bestandteil administrativer Umweltschutzmaßnahmen ist die Etablierung eines Abfallmanagementplans für die medizinische Einrichtung. Wegen der besonderen Bedeutung der Hygiene sollte der Abfallmanagementplan immer ein fester Bestandteil des allgemeinen Hygieneplans der Einrichtung sein und darüber hinaus Teil des gesamten Qualitätsmanagements. Es wird deutlich, daß sich das Abfallmanagement den Anforderungen der



Hygiene unterordnen muß. Abfallmanagement gehört zu den Managementaufgaben einer medizinischen Einrichtung und muß daher auf der Leitungsebene verankert sein. Darüber hinaus muß allen in der Einrichtung tätigen Personen deutlich gemacht werden, daß jeder seine Aufgabe im Rahmen des Abfallmanagements hat. Die Zuverlässigkeit im Handeln ist in vielen Fällen wichtiger als die Verfügbarkeit technischer Lösungen.

<b>Technische Umweltschutzmaßnahmen</b>		
Separierung	Trennung des Abfalls in separate Aufnahmebehälter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung von farblich unterschiedlichen Plastik-säcken für Abfälle der Kategorie A, B und C,</li> <li>- Verwendung von festen Containern zur Aufnahme scharfkantiger Abfälle.</li> </ul>
	Lagerung während der Akkumulation an der Entfallsstelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwendung von Abfallkübeln mit Deckel zur Aufnahme der Plastiksäcke,</li> <li>- Mehrmalige Entleerung der Abfallbehälter; Entnahme der Plastiksäcke und Abtransport.</li> </ul>
Lagerung und Transport	Transport zum Zwischenlager oder zur Behandlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Umpacken von Abfällen,</li> <li>- Transport des Abfalls, der Abfallsäcke oder Behältnisse in geschlossenen Transportbehältern,</li> <li>- Vermeiden des Verlusts von Abfällen während des Transports.</li> </ul>
	Zwischenlagerung von Abfällen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verhinderung des Zutritts unautorisierter Personen,</li> <li>- kühl, trocken und gut belüftet lagern,</li> <li>- Gefahrgutabfälle unter Verschuß halten,</li> <li>- Vorsorge für den Fall des Verschüttens und Verstreuens von Abfall treffen,</li> <li>- Lagerraum rein und frei von Ungeziefer halten.</li> </ul>
	Krankenhausmüllverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nach Möglichkeit Mehrkammerverbrennungsofen mit Abgasreinigung verwenden,</li> <li>- Schutzkleidung für Bedienungspersonal bereitstellen,</li> <li>- Abfallsäcke oder Container komplett chargieren; nicht umpacken,</li> <li>- Asche ordnungsgemäß entsorgen.</li> </ul>
Behandlung	Desinfektion, Sterilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- überzähliges Desinfektionsmittel nicht in Kanalisation geben,</li> <li>- Abfall zur Unkenntlichmachung nach der Desinfektion/Sterilisation schreddern,</li> <li>- Vorsicht bei der Chargierung des infektiösen Abfalls.</li> </ul>
	Kompostierung organischer Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorsicht bei der Handhabung des frischen organischen Abfalls,</li> <li>- Einleiten der Sickerwässer in die Wasseraufbereitungsanlage,</li> </ul>
	Aufbereitung flüssiger Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine offenen Abwasserrinnen,</li> <li>- Verwendung von mindestens zwei Reinigungsstufen in der Wasseraufbereitung (anaerob und aerob),</li> <li>- Kontrolle der Abwasserqualität vor Einleitung in Oberflächengewässer und Boden.</li> </ul>
	Behandlung von Sonderabfällen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Behandlung der Sonderabfälle nur durch sachkundiges Personal,</li> <li>- Gewährleistung einer ausreichenden Abklingzeit für kurzlebige Isotope.</li> </ul>
	Deponierung auf Hausmülldeponie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ausschließliche Deponierung von Abfall der Kategorie A auf Hausmülldeponien,</li> <li>- keine Verbrennung von Abfall auf der Deponie,</li> <li>- Verhinderung des Zugriffs von Wertstoffsammlern auf Abfall aus medizinischen Einrichtungen,</li> <li>- Reinigung der Sickerwässer von eigenen Deponien für den Abfall der Kategorie A.</li> </ul>
Entsorgung	Unaufbereitete Ableitung flüssiger Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Verbringung von frischen Fäkalien auf die Oberfläche von landwirtschaftlich genutzten Flächen,</li> <li>- Beachtung der Bodenstruktur, des Grundwasserhorizonts und der Fließrichtung des Grundwassers bei der Anlage von Latrinen oder Abwassereinleitungsgruben.</li> </ul>
	Sondermülldeponierung (infectious waste pit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beachtung der Bodenstruktur, des Grundwasserhorizonts und der Fließrichtung des Grundwassers bei der Anlage von Abfallgruben für infektiöse Abfälle,</li> <li>- Sicherstellung eines sorgfältigen Verschlusses der Grube.</li> </ul>
	Rückgabe an Lieferanten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewährleistung einer transportsicheren Verpackung,</li> <li>- Abgabe nur an vertrauenswürdige Transporteure und Sammelstellen.</li> </ul>

Tab. 11: Technische Maßnahmen des Umweltschutzes

In einem Abfallmanagementplan sollten folgende Aspekte festgelegt werden:

- Resultate einer Bestandsaufnahme der entstehenden Abfälle nach Art und Menge,
- klare Richtlinien bezüglich der Sammlung, Separierung, Lagerung, Transport, Handhabung und Entsorgung des Abfalls,
- eine Anweisung über Möglichkeiten und Verfahren der Abfallminimierung inklusive der Festschreibung von Monitoringintervallen bzgl. des Erfolgs der Maßnahmen,
- Festlegung von Verantwortlichkeiten und Pflichten bzgl. der Handhabung des Abfalls,
- Bestimmung einer für das gesamte Abfallmanagement verantwortlichen Person,
- Integration des Themas Abfall in das allgemeine Kontroll- und Supervisionssystem,
- Festlegung von regelmäßigen Monitoringintervallen und Maßnahmen zur Durchsetzung der Nachhaltigkeit von Abfallmanagementmaßnahmen,
- eine Auflistung der durchzuführenden Trainingsmaßnahmen und deren Inhalte.

### **2.2.2 Umweltschutz durch technische Maßnahmen**

Zur Minimierung der Gefahren, die von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen ausgehen, gibt es eine Vielzahl technischer Maßnahmen und Verfahren. Der Erfolg dieser Maßnahmen ist weniger von den grundsätzlich zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten abhängig, als vielmehr von deren konsequenter Anwendung, der lokalen Verfügbarkeit und insbesondere der Finanzierbarkeit. Gerade in Entwicklungsländern verhindert die Ressourcenlage oft die Inanspruchnahme der bestmöglichen Technologie. Tabelle 11 listet die wesentlichen technischen Umweltschutzmaßnahmen für die verschiedenen Bereiche des Abfallmanagements in medizinischen Einrichtungen auf.

**Praktische Hilfestellung beim Umgang mit Krankenhausabfällen in Entwicklungsländern gibt Literaturstelle /13/.**

### **3. Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen bezogen auf die Situation in Entwicklungsländern**

Eine allgemeine, alles umfassende Analyse bezüglich des Abfallmanagements in Gesundheitseinrichtungen in Entwicklungsländern und den daraus resultierenden Umweltwirkungen zu treffen, ist wegen der Vielzahl der Länder mit ihrem unterschiedlichen Entwicklungsniveau nicht möglich. Im folgenden wird sich darauf beschränkt, die Problemlage in den weniger privilegierten Ländern zu beschreiben, die dadurch gekennzeichnet ist, daß weniger Ressourcen für das Abfallmanagement zur Verfügung stehen, und damit das Potential der Umweltgefährdung am höchsten ist.

#### **3.1 Allgemeine Darstellung der Situation des Gesundheitswesens in Entwicklungsländern**

Das Gesundheitswesen in Entwicklungsländern ist im Hinblick auf den technischen, administrativen und personellen Standard bedeutend inhomogener, als dieses in den entwickelten Ländern der Fall ist. Neben wohlausgerüsteten Zentral- oder Universitätskrankenhäusern mit europäischem Standard in den Städten oder Ballungszentren auf der einen Seite gibt es zahllose Gesundheitsstationen auf dem Lande mit äußerst niedrigem Versorgungsniveau.

Entsprechend der unterschiedlichen Ressourcenlage in den verschiedenen medizinischen Einrichtungen unterliegt das Abfallmanagement in diesen Institutionen unterschiedlichen Rahmenbedingungen. Dort, wo nur beschränkte Mittel zur Heilung und Pflege von Patienten zur Verfügung stehen, kann nicht erwartet werden, daß umfangreiche Mittel für den Aufbau eines allen Anforderungen entsprechenden Abfallmanagements bereitgestellt werden. Auch dort, wo möglicherweise genügend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, fehlt es mancherorts an den notwendigen Kenntnissen, der notwendigen Einsicht oder staatlichen Vorgaben.

Bewußtes Abfallmanagement im Sinne der Verbesserung der allgemeinen Hygiene in der medizinischen Einrichtung und der umliegenden Gesellschaft ist von starkem Präventivcharakter. Das Gesundheitswesen in vielen Entwicklungsländern ist dagegen immer noch mehr kurativ als präventiv orientiert. Die Sichtweise, daß langfristige Erfolge nur durch eine vorbeugende Handlungsweise zu erzielen sind, welche möglicherweise auch nach einer Verhaltensänderung des Einzelnen und der Gesellschaft verlangt, setzt sich erst langsam durch. Abfallmanagement hat daher viel mit Bewußtseinsänderung zu tun. Dieses ist ein langwieriger Prozeß und bedarf der Anleitung.

#### **3.2 Gesetzliche Grundlagen**

Das Abfallmanagement im allgemeinen und das in medizinischen Einrichtung im besonderen bewegt sich normalerweise auf der Basis gesetzlicher Vorgaben. Diese Vorgaben spiegeln die Erkenntnisse über das durch den Abfall erzeugte Gefährdungspotential für Umwelt und Gesundheit wider und definieren die Handlungsanweisungen, die zur Verminderung der Gefährdung notwendig sind.

Der Schutz der Umwelt und der natürlichen Ressourcen hat bisher in vielen Entwicklungsländern noch eine geringere Priorität als der alltägliche Kampf ums Überleben oder Maßnahmen des wirtschaftlichen Aufschwungs. Erst nach dem Erreichen eines gewissen Wohlstands oder einer Grundversorgung wird erkannt, daß dieser Zustand langfristig nur im Einklang mit der Natur und der Umwelt erhalten werden kann.

Die Abfallgesetzgebung hat daher in vielen Entwicklungsländern nur einen untergeordneten Stellenwert und ist meist von sehr rudimentärer Natur. Es sind oft nicht mehr als allgemeine Grundsätze und Verhaltensregeln formuliert worden.

Abfall aus medizinischen Einrichtungen zählt zu den Gefahrgutabfällen (hazardous wastes). Bei Vorhandensein einer allgemeinen Abfallgesetzgebung mag die Sammlung und Entsorgung des normalen Haushaltsabfalls geregelt sein. Es fehlen oft aber die entsprechenden Verordnungen oder Anweisungen zur Handhabung von Gefahrgutabfällen der unterschiedlichsten Art.

Die beste Abfallgesetzgebung hat keinen Erfolg, wenn der Staat nicht die Mittel hat, die Einhaltung der Verordnungen und Anweisungen durchzusetzen. Entsprechende Kontrollinstanzen und Mechanismen inklusive der Androhung von Sanktionen sind notwendig, um eine geordnete Abfallwirtschaft in Gang zu setzen oder aufrecht zu erhalten. Dazu sind Kontroll- und Untersuchungsämter, ausgebildetes Personal und entsprechende finanzielle Ressourcen notwendig, die oft die Möglichkeiten vieler Länder übersteigen.

Der rechte Umgang mit dem Abfall verlangt nach einem entsprechenden Bewußtsein. Dieses muß von staatlicher Seite gefördert und oft erst hervorgerufen werden. Bewußtseinsbildende Maßnahmen, Training und persönliche Anreize sind notwendig zur Erreichung des angestrebten Ziels. Dies ist ein langer Weg, der seine Zeit benötigt. Bezüglich des Abfallmanagements in medizinischen Einrichtungen sind in vielen Entwicklungsländern von seiten des Staates keine größeren Impulse zu erwarten.

### **3.3 Vorhandene Infrastruktur und das sozio-kulturelle Umfeld im Hinblick auf das Abfallmanagement in medizinischen Einrichtungen**

Die ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen bedarf einer unterstützenden Infrastruktur (z.B. einer in der Nähe liegenden Hausmülldeponie, eines funktionierenden Abwassersammel- und -aufbereitungssystems, einer Sammelstelle für Gefahrgutabfälle, entsprechender Transportkapazitäten, etc.) Diese Infrastruktur ist in Entwicklungsländern allenfalls in den Städten oder Ballungszentren vorhanden. Auch dort gilt manchmal, daß Abfall zwar eingesammelt wird, aber die Defizite liegen dann bei der ordnungsgemäßen Entsorgung. Besteht ein Abwassersammelsystem, fehlen nicht selten die entsprechenden Abwasseraufbereitungsanlagen. Ländliche Einrichtungen sind dagegen im Hinblick auf die Abfallentsorgung oftmals vollkommen auf sich alleine gestellt.

Der Umgang mit Abfall hat in manchen Ländern einen zusätzlichen sozio-kulturellen Aspekt. In einigen Kulturen ist der Umgang mit dem Abfall nur bestimmten (meist unterprivilegierten) Gruppen oder Kasten der Gesellschaft erlaubt. Höher stehende Gesellschaftsschichten weigern sich strikt, Abfälle zu berühren oder sich mit dem Abfallmanagement zu befassen. Da das Abfallmanagement in einer medizinischen Einrichtung nur gut funktioniert, wenn alle Beteiligten ihre Rolle und Aufgabe im System akzeptieren, stellen solche kulturellen Vorbehalte ein gravierendes Problem dar. Desweiteren gilt es zu beachten, daß in einigen Gesellschaften gewisse pathologische Abfälle (z.B. Gliedmaßen) nicht einfach entsorgt werden können, sondern in einer fest vorgeschriebenen Zeremonie bestattet werden müssen.

### **3.4 Vorhandene Ressourcen für das Abfallmanagement**

Zur Etablierung eines ordnungsgemäßen Abfallmanagements in einer medizinischen Einrichtung sind ökonomische, technische und personelle Ressourcen notwendig.

## Ökonomische Ressourcen

Abfallmanagement kostet Geld! Für ein ordnungsgemäßes Abfallmanagement in medizinischen Einrichtungen bedarf es einer entsprechenden Infrastruktur und Ausrüstung, geschultem Personal und administrativen Instrumenten. Dadurch erhöhen sich die laufenden Betriebskosten. Langfristig kann sich ein bestimmter Teil dieser zusätzlichen Kosten durch eine Verbesserung der Hygiene in der Einrichtung und einer daraus resultierenden höheren Effizienz des Gesundheitsdienstes amortisieren. Zusätzliche Einnahmen sind möglich, wenn bestimmte Komponenten des Abfalls der Kategorie A abgetrennt und als rezyklierbare Wertstoffe verkauft werden. Eine verstärkte Wiederverwendung von sterilisierbaren Behältnissen, Instrumenten oder Bandagen kann zu weiteren Kosteneinsparungen führen. Insgesamt sind solche Lösungen anzustreben, die mit einem Mindestaufwand an finanziellen Mitteln den größten positiven Effekt für die Anforderungen der Hygiene, des Umweltschutzes und des Schutzes der in und außerhalb der medizinischen Einrichtung lebenden Menschen, ergeben.

## Technische Ressourcen

Das Abfallmanagement bedient sich bestimmter Technologien und Geräte. Tabelle 12 listet die wesentlichen technischen Geräte und Instrumentarien auf, die zur Durchführung eines Abfallmanagements notwendig sind:

Technische Geräte und Ausrüstung für das Abfallmanagement		
Separierung	Sortierung und Trennung	- farbmarkierte Plastiksäcke
Lagerung und Transport	Lagerung während der Akkumulation an der Entfallsstelle	- genügend Abfalleimer mit Deckel - Plastik-oder Glasbehälter für scharfkantigen Abfall - Aufnahmegefäße für Chemikalien- und Sonderabfall
	Transport zum Zwischen-lager oder Behandlung	- geschlossene fahrbare Transportbehälter
	Zwischenlagerung von Abfällen	- abschließbare, trockene, gut durchlüftete und kühle Lageräume Müllcontainer
Behandlung	Krankenhausmüll-Verbrennung	- Verbrennungsöfen - Bedienungsgerätschaften
	Desinfektion, Sterilisation	- Autoklaven - Desinfektionsgeräte
	Kompostierung organischer Abfälle	- Geräte zum Transport, zum Mischen und zum Sieben des Komposts - Sammelcontainer für organischen Abfall
	Aufbereitung flüssiger Abfälle	- Sickergruben, Biogasanlagen, Absetzbecken, Pflanzenklärbecken, Verrieselungsanlagen, etc. - Schlammumpen, Rührwerke, Rohrleitungen, Schläuche, etc. - Testgeräte für die Messung der Abwasserqualität
	Behandlung von Sonderabfällen	- diverse Laboreinrichtungsgeräte - korrosionsfeste Behälter
Entsorgung	Deponierung auf Hausmülldeponie	- Transportfahrzeuge - Räumfahrzeuge, ggf. Verdichter
	Unaufbereitete Ableitung flüssiger Abfälle	- Pumpen, Rohrleitungen, Schläuche - Verrieselungsanlage - Fäkalientransportbehältnisse
	Sondermülldeponierung (infectious waste pit)	- Abfallgrube mit Betonplatte und verschließbarer Einwurflappe
	Rückgabe an Lieferanten	- Transportbehälter - Transportfahrzeuge

Tab. 12: Technische Geräte und Ausrüstung für Abfallmanagement  
**Personelle Ressourcen**

Das Engagement und die Kenntnisse der beteiligten Personen spielen im Abfallmanagement eine wesentliche Rolle. Obwohl jede Person in einer medizinischen Einrichtung zum Funktionieren eines optimalen Abfallmanagementsystems beitragen muß, sind bestimmte Personengruppen besonders gefordert und müssen dafür ausgebildet und geschult werden. Dazu zählen insbesondere das Reinigungspersonal, das Wäschereipersonal und die Angestellten der technischen Dienste. Darunter werden einige Personen sein, die sich ausschließlich mit dem Abfallmanagement befassen, wie z.B. der Operateur des Verbrennungsofens oder der Verantwortliche für die Abwasserreinigung. Bei größeren Institutionen wird es eine Person geben, die sich ausschließlich mit dem Abfallmanagement befaßt. Auch auf der Leitungsebene bedarf es eines Verantwortlichen für das Abfallwesen, dessen wesentliche Aufgaben die Überwachung, Datenerhebung und Supervision sind.

Alle Personen müssen auf ihre Aufgabe vorbereitet werden. Dazu bedarf es entsprechender Schulungsmaßnahmen und eines Richtlinienkatalogs über die Inhalte dieser Schulung. Dieser wird in der Regel durch den Abfallmanagementplan der Institution vorgegeben werden.

### **3.5 Bewertungsmatrix zur Einschätzung der Umweltgefährdung durch verschiedene Verfahren des Abfallmanagements in medizinischen Einrichtungen**

Je nach den vorhandenen Ressourcen und der zur Verfügung stehenden Infrastruktur sind medizinische Einrichtungen in Entwicklungsländern nicht immer in der Lage, die optimalen Abfallmanagementverfahren einzusetzen. Entsprechend unterschiedlich ist das Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt durch Abfälle aus medizinischen Einrichtungen. In Tabelle 13 wird versucht, das Ausmaß an Umweltrisiken den verschiedenen Abfallmanagementtechniken zuzuordnen. Dabei bedeutet die Zahl 1 ein geringes Umweltrisiko und die Zahl 5 ein hohes Umweltrisiko.

<b>Bewertungsmatrix der Umweltgefährdung</b>					
<b>Prozeß</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Abfallsammlung	getrennt		gemischt		keine
Abfalltransport	in geschlossenen Containern	von einzelnen Abfallsäcken	in offenen Mülltonnen	lose in der Schubkarre	lose Einzelteile
Lagerung des Abfalls	trocken, kühl, abgeriegelt, im Lagerschuppen	in abgedeckten Abfallcontainern, draußen	in offenen Abfallcontainern, draußen	als Haufen einzelner Säcke, draußen	offener Haufen in einer Ecke des Geländes
Verbrennung	Zweikammerofen mit Abgasreinigung	Zweikammerofen ohne Abgasreinigung	gemauerter einfacher Einkammerofen	in einem alten Ölfaß	offene Verbrennung
Abwasserreinigung	Biogasanlage für Abwasser und feste org. Abfälle	Abwasserreinigung mit mehreren Reinigungsstufen	Abwasserreinigung mit einem Fakultativbecken	Sickergrube, ungeleerte Latrinen	Keine; freier Abfluß aller Fäkalien und Abwässer
Deponierung von Abfall der Kategorie A	zentrale Deponie betrieben nach modernem Stand der Technik	lokale, geordnet angelegte Hausmülldeponie	lokale ungeordnete Hausmülldeponie	einfache Schütte auf dem Gelände	im Busch
Entsorgung von Abfall der Kategorie B und C	thermische Sterilisation und Deponierung	chemische Desinfektion und Deponierung	Verbrennung im Zweikammerofen mit Abgasreinigung	Deponierung in verschlossener Abfallgrube auf dem Gelände	Verbrennung in einfachen Aggregaten
Entsorgung von Gefahrgutabfällen	Zurückgabe zum Lieferanten oder an zentrale Sammelstellen	Verbrennung von Chemikalien und abgelaufenen Medikamenten in einem Krankenhausmüllverbrennungssofen	Abklingen lassen von radioaktiven Isotopen, Verdünnen von Lösungen ;dann zur Deponie oder in die Kanalisation	auf unbefristete Zeit auf dem Gelände gelagert	Unbehandelt auf die Deponie oder in die Kanalisation

Tab. 13: Bewertungsmatrix zur Abschätzung von Umweltrisiken

#### **4. Zusammenwirken mit anderen Projektbereichen**

Hinsichtlich der Erfassung, Bewertung und Reduzierung der Umweltbelastungen durch die Randbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von medizinischen Einrichtungen im allgemeinen gibt folgender Umweltkatalog weitere Informationen:

- Öffentliche Bauten – Schulen, Gesundheitsinstitutionen, Krankenhäuser (Nr. 9)

Hinsichtlich der Erfassung, Bewertung und Reduzierung der Umweltbelastungen durch die Randbedingungen für das kommunale Abfallmanagement geben folgende Umweltkataloge weitere Informationen:

- Abwassersammlung und –aufbereitung (Nr.12)
- Sammlung, Aufbereitung und Entsorgung fester Abfälle (Nr. 13)

Hinsichtlich der Erfassung, Bewertung und Reduzierung der Umweltbelastungen durch die Randbedingungen für die Entsorgung von Sonderabfällen gibt folgender Umweltkatalog weitere Informationen:

- Entsorgung von Gefahrgutabfällen



## **5. Zusammenfassende Bewertung der Umweltrelevanz**

Abfälle aus medizinischen Einrichtungen sind sehr inhomogen. Zur ihrer Unterscheidung und der Bewertung der Umweltrelevanz werden sie in verschiedene Kategorien (A-D) eingeteilt. Jede der Kategorien weist besondere Eigenschaften auf, die im Rahmen des Abfallmanagements berücksichtigt werden müssen.

In Relation zum gesamten anfallenden Abfall in medizinischen Einrichtungen sind nur ca. 10% von hohem Gefährdungspotential, wie z.B. infektiöse, toxische, radioaktive Abfälle. Der Rest setzt sich aus Abfällen zusammen, die dem Hausmüll ähnlich sind und entsprechend gehandhabt werden können.

Oberstes Gebot zur Minimierung des Gefährdungspotentials ist eine konsequente Trennung des Abfalls an der Quelle, bevor der geringe Anteil an Gefahrgutabfall den relativ unproblematischen Rest kontaminieren kann. Dadurch ist es möglich, das Aufkommen gefährlichen Abfalls möglichst klein zu halten.

Bei der Behandlung der verschiedenen Abfallströme kommen unterschiedliche Techniken zum Einsatz. Ziel ist es, die im Gesundheitswesen erforderliche Hygiene zu garantieren und eine umweltverträgliche Entsorgung des Abfalls zu gewährleisten.

Prinzipiell stehen dazu eine Reihe von Verfahren zur Behandlung und Entsorgung von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen zur Verfügung. Bei konsequenter Anwendung kann ein hohes Maß an Umweltschutz und Sicherheit für den Einzelnen erreicht werden. In den entwickelten Ländern sind diese Verfahren etabliert, wohingegen sie in den Entwicklungsländern nur bedingt angewendet werden.

Typisch für Entwicklungsländer ist die große Spanne zwischen den städtischen Gesundheitszentren und solchen auf dem Lande. Die unterschiedliche Ressourcenlage bezüglich der Finanzen, der verfügbaren Technologie und des Personals führt auch zu unterschiedlichen Abfallmanagementpraktiken. Der Staat ist oft ebenfalls nicht in der Lage, die vorgefundenen Defizite auf dem Lande (und oft auch die in der Stadt) auszugleichen. Fehlende gesetzliche Vorgaben, unzureichende Infrastruktur und ausbleibende personelle und finanzielle Unterstützung sind Ursachen für diese Situation.

Somit muß beobachtet werden, daß das Abfallmanagement in medizinischen Einrichtungen in Entwicklungsländern nur ungenügend entwickelt ist. Die angewendeten Praktiken orientieren sich an der niedrigen Ressourcenlage und sind daher bezüglich des Schutzes der Umwelt und des Menschen nicht sehr effektiv. Je geringer der Aufwand für das Abfallmanagement, desto größer sind die Gefahren, die durch den Abfall entstehen.

Die Hauptgefahr, die von Abfällen aus medizinischen Einrichtungen ausgeht, ist die Verbreitung infektiöser Krankheiten. Diese können durch feste wie flüssige Abfälle übertragen werden. Bei den festen Abfällen sind in diesem Zusammenhang insbesondere die infektiösen Abfälle der Kategorie B zu nennen, wohingegen bei den flüssigen Abfällen, die Fäkalien und Körpersekrete der Patienten aufgeführt werden müssen. Beide Abfallgruppen bedürfen bei Handhabung, Behandlung und Entsorgung einer besonderen Vorsicht.

Die Gefährdung, die vom Abfall einer medizinischen Einrichtung ausgeht, ist nicht allgemein abzuschätzen.

## 6. Literatur

- /1/ N. N.;  
**Handbook om healthcare waste management - first draft;**  
WHO, Geneva, 1997
- /2/ N. N.;  
**Study on the Management of Medical Wastes;**  
NCSA/GTZ Waste Management Project, Botswana, 1996
- /3/ Halbwachs, H.;  
**Solid waste disposal in district health facilities;**  
World Health Forum, Vol 15, 1994, p 363-367
- /4/ Gleis, M.; P. Rossmanith;  
**Status of Hospital Waste Management in the Federal Republic of Germany;**  
Indo-German Project, GTZ, ca. 130 S.
- /5/ Grunewald, J.; R. Meyer;  
**Study an Hazardous Waste Management in Hospitals, Improvement of the Accra Solid Waste and Nightsoil Disposal System;**  
Republic of Ghana, GOPA-Consultants, May 1993
- /6/ Regmi, G. C.; D. N. Regmi, K. Grimm;  
**Collection, Treatment and disposal of Hospital Waste;**  
Solid Waste Management Project, Nepal, SWMB/GTZ, Jan. 1987
- /7/ Schmidt W., T.Schmidt;  
**Angepaßte Entsorgungskonzepte für Pilotprojekte in Porto Alegre, RS und Maceio, AL.;**  
aus:  
Umwelt- und hygienegerechte Entsorgung von Krankenhausmüll in Brasilien;  
GTZ, Eschborn, 1993
- /8/ Hueber, D.;  
**Report on Management of Hospital Waste;**  
**Informe sobre el Manejo de Residuos Hospitalarios;**  
GTZ, Eschborn, 1988
- /9/ N. N.;  
**Management of Waste from Hospitals and Other Health Care Establishments;**  
EURO Reports and Studies 97, WHO Regional Office for Europe,  
Copenhagen 1985
- /10/ N. N.;  
**Umwelt-Recht - Wichtige Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Umwelt;**  
Deutscher Taschenbuchverlag, dtv, Mai 1992
- /11/ N.N.;  
**Das Distrikt-Gesundheitssystem: Erfahrungen und Perspektiven für Afrika;**  
GTZ, Abteilung Gesundheit, Bevölkerung, Ernährung, Eschborn,  
September 1994,

- /12/ Reinhardt, A., J. G. Gordon;  
**Infectious and Medical Waste Management,**  
**Chap. 14: Occupational Safety for Waste Management;**  
Lewis Publishers Inc., Michigan 1990, p 185-195
- /13/ Vest, H.; F. Jantsch;  
**Management of solid and liquid waste at small healthcare facilities in developing countries;**  
GTZ, Eschborn, 1999 (im Druck)
- /14/ Jungwirth, H.;  
**Beseitigung krankenhausspezifischer Abfälle;**  
KrankenhausTechnik, April 1987, S. 44-50
- /15/ N. N.;  
**Europäisches Symposium für Weiterbildung im Gesundheitswesen**  
**- Zusammenfassung der Vorträge;**  
Paris, 4.-6.12.1991
- /16/ Monreal, J.;  
**Considerations on the Management of Hospital Wastes in Latin America;**  
Environmental Health Program PAHO/WHO, 1991
- /17/ N. N.;  
**Proposed Outline and Summary of Working Group Discussions;**  
WHO Interregional Consultation on Infectious Waste, Geneva, 15.-18.9.1992
- /18/ Windolph, G. R.;  
**Report on the Country Situation for Sri Lanka Hospital/Infectious Wastes;**  
WHO Interregional Consultation on Infectious Waste, Geneva, 15.-18.9.1992
- /19/ Hueber, D.;  
**Criteria for the Disposal of Hospital Waste;**  
gate 3/89, p 35-37
- /20/ Collins, C. H., D. A. Kennedy;  
**Microbiological Hazards Occupational Needlesticks and "Sharps" Injuries;**  
Journal of Applied Bacteriology 1987, 62, p 385-402
- /21/ Coad, A.;  
**Managing Medical Wastes in Developing Countries;**  
WHO, Genf, 1994
- /22/ Jager, E., H. Rüden;  
**Hygiene-Anforderungen an die Entsorgung von Praxisabfällen;**  
Dt. Ärzteblatt 86, Heft 38, 21.9.1989, S. C-1648 - C-1652
- /23/ Henning, R., E. Jager;  
**Entsorgung von medizinischen Abfällen unter hygienischen und wirtschaftlichen Aspekten;**  
das Krankenhaus 9/1989, S. 504-508

- /24/ Jager, E.; L. Xander, H. Rüden;  
**Medizinische Abfälle - 1. Mitteilung: Mikrobiologische Untersuchungen von Abfällen verschiedener Disziplinen eines Groß- und eines Krankenhauses im Vergleich zu Haushaltsabfällen;**  
 Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 188, 1989, S. 343-364
- /25/ Jager, E.; L. Xander, H. Rüden;  
**Medizinische Abfälle - 2. Mitteilung: Vergleichende Untersuchungen über die mikrobiologische Kontamination von Abfällen aus Arztpraxen verschiedener Disziplinen sowie von Haushaltsabfällen;**  
 Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 190, 1990, S. 188-206
- /26/ Möse, J. R.; F. Reinthaler;  
**Mikrobiologische Untersuchungen zur Kontamination von Krankenhausabfällen und Haushaltsmüll;**  
 Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin, 1. Abt. Orig. B 181, 1985, S. 98-110
- /27/ Onnen, S.;  
**Feste und flüssige Abfälle von Gesundheitseinrichtungen im ländlichen Bereich von Guatemala;**  
 Diplomarbeit, Fachhochschule Giessen, FB Technisches Gesundheitswesen, 1997
- /28/ N. N.;  
**Analysis of Priority Waste Streams - Healthcare Waste;**  
 Information Document, Commission of the European Community, August 1994, p. 13
- /29/ Pruthvish, S. et al;  
**Health Care Waste Management - An Exploration;**  
 Department of Community Medicine, M S Ramaiah Medical College, Bangalore, India 1997
- /30/ Thornton, J. et al;  
**Dioxin Prevention and Medical Waste Incinerators;**  
 Public Health Reports, Volume 111, July/August 1996, p. 298-313
- /31/ N. N.;  
**Incineration of infectious Waste;**  
 Rachel's Hazardous Waste News, #82, Electronic Edition, June 20, 1988
- /32/ Reichard, D.; W. Ochterbeck;  
**Abfälle aus klinisch-chemischen Laboratorien;**  
 aus:  
 Reichard, D, Ochterbeck W (ed.);  
 Abfälle aus chemischen Laboratorien und medizinischen Einrichtungen;  
 1-19, Ecomed-Verlag, Landsberg, 1990
- /33/ Heinss, U.; M. Strauss, S. A. Larmie;  
**Tons of excreta and ways to treat them;**  
 aus:  
 Water and Sanitation for All: Partnership and Innovations;  
 23<sup>rd</sup> WEDC Conference, Durban, South Africa, 1997, p 63-67

- /34/ N. N.;  
**Reuse of sewage in agriculture and aquaculture;**  
Fact Sheet 3.13, p 89-91
- /35/ Baumann W., H. J. Karpe;  
**Pit Latrines;**  
Aus: Wastewater Treatment and Excreta Disposal in Developing Countries;  
GATE/GTZ, Eschborn, 1980, S.13
- /36/ Wagner, E. G., J. N. Lanoix  
**Excreta Disposal for Rural Areas and Small Communities;**  
WHO, Genf, 1958, p.28-30
- /37/ Mara, M.; S. Cairncross  
**Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture**  
WHO, Geneva, 1989
- /38/ Feachem, R.G., et al.;  
**Sanitation and Disease - Health Aspects of Excreta and Wastewater Management;**  
John Wiley & Sons, New York, 1983
- /39/ Le Clere, M., K. Sherer;  
**A Workshop Design for Latrine Construction, - A Training Guide;**  
WASH Technical Report NO. 25, 1984, p 39
- /40/ N.N.  
**ATV-Information: Kosten Sparen - Gewässer Schützen**  
Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV)  
Hennef, August 1995, S. 9
- /41/ de Kock, P. R.;  
**Risk assessment and environmental assessment for burning small quantities of household waste at villages in Botswana;**  
NCSA/GTZ-Waste Management Project;  
Gaborone, Botswana, März 1997

## 7. Anhang

$M_x = B \cdot K \cdot a_x$			
$M_G$ = Gesamtmenge $M_A$ = hausmüllähnliche Abfälle $M_B$ = infektiöser Abfall $B$ = Bettenzahl			
$K$ = Koeffizient für Versorgungsniveau	<b>Versorgungsniveau</b>		<b>K</b>
	normale Versorgung		1,5
	erhöhte Pflege		1,6
	Intensivpflege		1,7
		<b>Spezifische Abfallmengen</b>	
$a_G$ = spezifische Abfallgesamtmenge $a_A$ = spezifische A-Abfallmenge $a_B$ = spezifische B-Abfallmenge	Größe	< 600 Betten	> 600 Betten
	$a_G$	1,000	1,300
	$a_A$	0,915	1,190
	$a_B$	0,085	0,110

Tab. A1: Berechnungsgrundlagen zur Abschätzung des Abfallaufkommens in deutschen Krankenhäusern

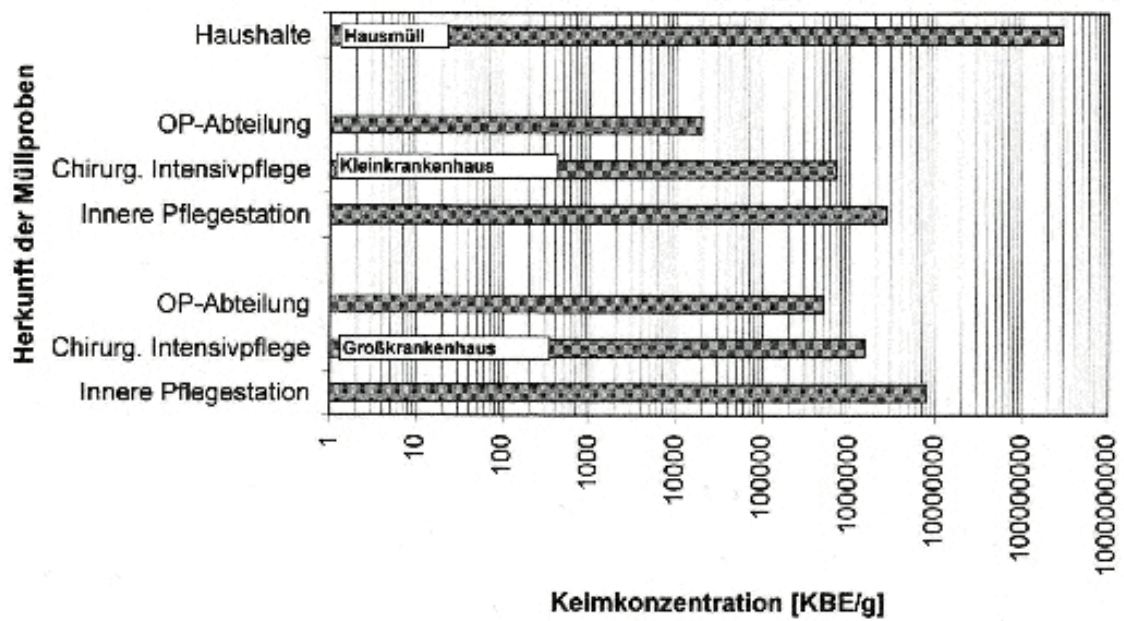


Abb. A1: Keimkonzentration in verschiedenen Einrichtungen des Gesundheitsbereichs und im Hausmüll nach RÜDEN et. al. /7/

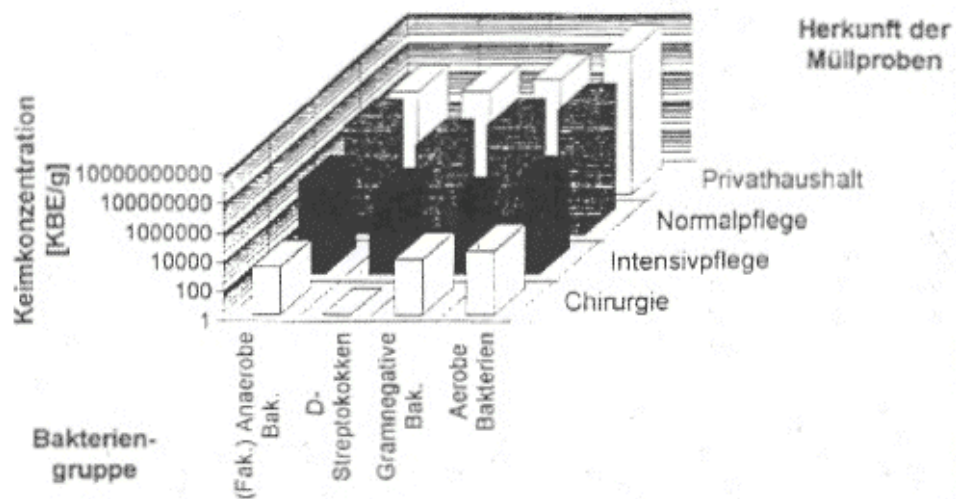


Abb. A2: Vergleich der Keimgruppenanteile in Haus- und Krankenhausmüll nach KALINOWSKI et al. /7/

				<b>BOD<sub>5</sub>-Gehalt</b>					
Bevölkerung	Angenommenes Gewicht an Erwachsenen-fäkalien (g/d)	Angenommene s Gewicht an Erwachsenen-urin (kg/d)	Geschätztes Wasser in Fäkalien (%)	in nassen Fäkalien (mg/g) <sup>a</sup>	Fäkalien pro Erwachsener (g/d)	Urine pro Erwachsener (g/d)	Gesamt-exkret pro Erwachsener (g/d)	Analreini-gungsmaterial pro Erwachsener (g/d)	BOD-Konzentration (mg/l) <sup>b</sup>
Europa und Nordamerika	150	1.2	75	96 <sup>c</sup>	14.4	10.3	24.7	3.5 <sup>c</sup>	18,800
Entwicklungsländer (ländl.)	250	1.2	80	77	19.3	10.3	29.6	3.0 <sup>d</sup>	21,700
Entwicklungsländer (städtisch)	350	1.2	85	58	20.3	10.3	30.6	2.0 <sup>d</sup>	21,700

Anmerkung: Diese Tabelle ist abgeschätzt und sollte verwendet werden, wenn konkrete Messwerte vorliegen.

- a. Berechnet unter der Annahme, dass der BOD<sub>5</sub> Eintrag pro gewogener Trockenfäkaleinheit konstant ist.
- b. Unter Annahme, dass 1.5 Liter pro Tag pro Erwachsener produziert werden.
- c. Von Laak (1974).
- d. Wo Wasser für die Analreinigung verwendet wird, ist diese Zahl 0.

Tab. A2: Bio-chemischer Sauerstoffbedarf (BOD<sub>5</sub>) zum Abbau der organischen Fracht von Fäkalien und Fäkalschlamm /38/



Die Werte der Tabelle A2 beziehen sich auf eine "reine" Mischung aus menschlichem Stuhl und Urin. Werden diese Fäkalien mit anderen Abwässern vermischt, so verdünnt sich der Feststoffgehalt (beschrieben durch den BOD<sub>5</sub>-Wert) entsprechend. Es wird deutlich, daß durch das größere Stuhlgewicht (höherer Faseranteil) von Menschen aus Entwicklungsländern ein höherer Feststoffanteil ins Abwasser gelangt.

In Tabelle A3 sind die BOD<sub>5</sub>-Werte für städtische Abwässer in verschiedenen Ländern abgeschätzt.

Land oder Region	BOD <sub>5</sub> Pro - Kopf - Anteil im Abwasser (g/d)
Brasilien (São Paulo)	50
Frankreich (ländlich)	24-34
Indien	30-55
Kenia	23-40
Nigeria	54
Süd-Ost Asien	43
Großbritannien	50-59
Vereinigte Staaten	45-78
Sambia	36

**Anmerkung:** Diese Daten wurden berechnet, in dem der BOD<sub>5</sub> des Rohabwasser gemessen und mit dem täglichen Wasserverbrauch pro Einwohner multipliziert wurde. Das Ergebnis stellt nur eine grobe Schätzung dar, da städtisches Abwasser zusätzlich beträchtliche Anteile an kommerziellen und industriellen Abfall enthalten kann.

Tab. A3: Pro-Kopf-Anfall an BOD<sub>5</sub> in städtischen Abwässern /38/

Anzahl der Bakterien in Fäkalien (log <sub>10</sub> pro g)								
Essgewohnheit	Land	Enterobacteria <sup>a,b</sup>	Enterococci <sup>b</sup>	Lactobacilli	Clostridia	Bacteroides	Bifidobacteria	Eubacteria
kohlenhydratreiche Nahrung	Guatemala	8.7	7.9	9.0	9.3	10.3	9.4	ND
	Hongkong	7.0	5.8	6.1	4.7	9.8	9.1	8.5
	Indien	7.9	7.3	7.6	5.7	9.2	9.6	9.5
	Japan	9.4	8.1	7.4	5.6	9.4	9.7	9.6
	Nigeria	8.3	8.0	ND	5.9	7.3	10.0	ND
	Sudan	6.7	7.7	6.4	4.9	7.8	8.5	ND
	Uganda	8.0	7.0	7.2	5.1	8.2	9.4	9.3
Westliche Art der Nahrungszusammensetzung	Dänemark	7.0	6.8	6.4	6.3	9.8	9.9	9.3
	England	7.9	5.8	6.5	5.7	9.8	9.9	9.3
	Finnland	7.0	7.8	8.0	6.2	9.7	9.7	9.5
	Schottland	7.6	5.3	7.7	5.6	9.8	9.9	9.3
	USA	7.4	5.0	6.5	5.4	9.7	9.9	9.3

ND: keine Daten

a. Diese Gruppe enthält hauptsächlich *Escherichia coli*.

b. Diese beiden Bakteriengruppen dienen als Hauptindikatoren für Fäkalbakterien.

Quellen: England, Indien, Japan, Schottland, USA, Uganda (Drasar 1974); Dänemark, Finnland (International Agency for Research on Cancer 1977); Hong Kong (Crowther and others 1976); Nigeria, Sudan (Draser, personal communication); Guatemala (Mata, Carillo and Villatoro 1969).

Tab. A4: Bakterielle Mikroflora im menschlichen Stuhl entsprechend der regionalen Ernährungsweise /38/

Die beiden ersten Bakteriengruppen werden als sogenannte Indikatorbakterien verwendet, mit deren Hilfe der Verschmutzungs- bzw. Reinigungsgrad eines Abwassers bestimmt wird.

Pathogen	Prävalenz der Infektionen im Land (Prozent) <sup>a</sup>	Durchschnitt an Organismen pro Gramm Fäkalien <sup>b</sup>	Gesamtexkret pro Tag, pro infizierter Person <sup>c</sup>	Gesamtexkret der Stadt pro Tag	Konzentration pro Liter des städt. Abwasser <sup>b</sup>
<b>Viren</b>					
• Enteroviren <sup>d</sup>	5	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	2.5 x 10 <sup>11</sup>	5,000
<b>Bakterien</b>					
• Patogene E.coli <sup>e</sup>	?	10 <sup>8</sup>	10 <sup>10</sup>	?	?
• Salmonella spp.	7	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	3.5 x 10 <sup>11</sup>	7,000
• Shigella spp.	7	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	3.5 x 10 <sup>11</sup>	7,000
• Vibrio cholerae	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	1000
<b>Protozoen</b>					
• Entamoeba histolytica	30	15 x 10 <sup>4</sup>	15 x 10 <sup>6</sup>	2.25 x 10 <sup>11</sup>	4,500
<b>Helminthen</b>					
• Ascaris lumbricoides	60	10 <sup>4f</sup>	10 <sup>6</sup>	3 x 10 <sup>10</sup>	600
• Hakenwürmer <sup>g</sup>	40	800 <sup>f</sup>	8 x 10 <sup>4</sup>	1.6 x 10 <sup>9</sup>	32
• Schistosoma mansoni	25	40 <sup>f</sup>	4 x 10 <sup>3</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>	1
• Taenia saginata	1	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	5 x 10 <sup>8</sup>	10
• Trichuris trichiura	60	2 x 10 <sup>3f</sup>	2 x 10 <sup>5</sup>	6 x 10 <sup>9</sup>	120

? = ungewiss

Anmerkung: Diese Tabelle ist angenommen und die Daten sind nicht von einer einzelnen Stadt Für die Pathogene gilt, dass die Zahlen einigermaßen mit denen in der Literatur übereinstimmen. Die Konzentrationen für jedes Pathogen in Abwasser stimmen mit höheren Zahlen in der Literatur überein, aber es ist normalerweise so, dass alle diese Infektionen in solch hoher Prävalenz in jedem Land vorkommen könnten

- Die angegebene Prävalenz weist auf Infektion und nicht Erkrankung hin.
- Es muß beachtet werden, daß die aufgelisteten Pathogene verschiedene Fähigkeiten haben außerhalb ihres Wirts zu Überleben und daß die Konzentration einiger Pathogene schnell abnehmen wird, sobald die Fäkalien den Körper verlassen haben Die Konzentration der Pathogene pro Liter Abwasser der Stadt wurde berechnet indem angenommen wurde, dass 100 Liter Abwasser pro Tag und Einwohner produziert werden und dass 90 Prozent der Pathogene nicht das Abwassersystem erreichen oder innerhalb der ersten Minuten nach Ausscheidung inaktiviert werden.
- Um diese Zahlen zu errechnen ist es nicht notwendig, ein Durchschnittsfäkalgewicht für infizierte Personen anzunehmen. Dies muß ungefähr angenommen werden, da es altersspezifische Fäkalgewichte und Altersverteilungen von infizierten Personen in der Gemeinde gibt Es wurde ebenfalls angenommen, dass Menschen über 15 Jahren 150 Gramm pro Tag ausscheiden und daß Menschen unter 15 Jahren im Durchschnitt 75 Gramm pro Tag ausscheiden. Es wurde ausserdem angenommen, daß zwei Drittel aller infizierten Menschen unter 15 Jahren sind. Das ergibt ein Durchschnittsfäkalgewicht der infizierten Individuen von 100 Gramm.
- Schließt Polio-, Echo- und Coxsackieviren ein.
- Schließt enterotoxigene enteroinvasive, and enteropathogene E. coli ein.
- Die Verteilung des Eierausstoßes von Leuten, die von diesen Helminthen infiziert sind, ist sehr ungleichmäßig; wenige scheiden hohe Eikonzentrationen aus.
- Ancylostoma duodenale und Necator americanus.

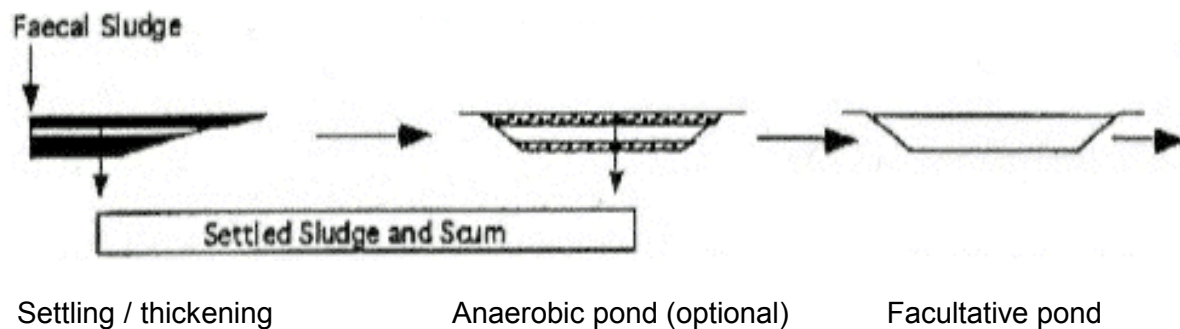
Tab. A5: Belastung an pathogen Keimen von menschlichem Stuhl und Abwasser für tropische Gemeinden mit ca. 50.000 Einwohnern in Entwicklungs-ländern /38/

Vorgeschlagene Qualitätsrichtlinien für Abwasser- und Klärschlamm				
	COB (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	Helm. Eier (Anz./l)	Fäk. Coliforme (Anz./100ml)
<b>Flüssiges Abwasser</b>				
Abwasserqualität bei Einleiten in die Vorfluter:				
• Saisonaler Strom Trockenbett	≤ 300-600	10-30	≤2-5	≤10 <sup>4</sup>
• Ganzjähriger Fluß oder das Meer	≤600-1200	20-50	≤10	≤10 <sup>5</sup>
Abwasserqualität bei Wiederverwertung:			2)	2)
• Eingeschränkte Bewässerung	n.k	1)	≤1	≤10 <sup>5</sup>
• Gemüse Bewässerung	n.k.	1)	≤ 1	≤10 <sup>3</sup>
<b>Klärschlamm</b>			3)	Ungefährlich, wenn die Helm. Eier-Anzahl eingehalten wird
• Einsatz in der Landwirtschaft	n.k	n.k.	≤3-8/g TS	

n.k.= nicht kritisch

- 1) Stickstoffbelastung soll die empfohlene Menge von 100-200 kg N/ha\*Jahr nicht überschreiten
- 2) WHO 1989
- 3) Xenthoulis und Strauss 1991

Tab. A6: Vorgeschlagene Qualitätsrichtlinien für Abwasser- und Klärschlamm /33/



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batch-operated</li> <li>• Attainable TS: 15%</li> <li>• Liquid retention <math>\geq 3</math> h in the clear / settling zone</li> <li>• Assumed operating pattern: 8 week cycle (4 weeks loading + 4 weeks resting; 6 cycles per year); two parallel settling tanks</li> <li>• Tank sizing is based on the raw sludge TS (SS) concentration; solids settleability; desired storage capacity to be provided for settled and floating solids; required emptying cycle, and on daily raw sludge quantities</li> <li>• Attainable contaminant removal in the liquid:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BOD and COD: 50%</li> <li>- SS: 60 – 80%</li> <li>- Helminth eggs: 50 %</li> </ul> </li> <li>• Separated solids requiring further treatment (e. g. by co-composting or drying beds) prior to agricultural use or landfilling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>L_V \leq 350</math> g BOD / m<sup>3</sup> day, depending on temperature</li> <li>• 4 – 6 days retention time</li> <li>• Attainable contaminant removal:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BOD and COD: 50 – 60%</li> <li>- Helm. eggs: 70%</li> <li>- Faec. coliforms: <math>\leq S1</math> order of magnitude</li> </ul> </li> <li>• Note: Higher loading rates might be possible. However, further field research is needed to test this hypothesis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influent to satisfy:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BOD <math>\leq 600</math> mg/l</li> <li>- NH<sub>4</sub> <math>\leq 400</math> mg/l</li> </ul> </li> <li>• 5 days retention time</li> <li>• <math>L_S \leq 350</math> kg BOD / ha day, depending on temperature</li> <li>• Attainable contaminant removal               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BOD and COD: 70%</li> <li>- Helm. eggs: 90%</li> <li>- faec. colif.: 2 orders of magn.</li> </ul> </li> <li>• Requirements for additional facult. and maturation ponds are dependent on the specific treatment objectives</li> </ul>
$L_V$ = Volumetric organic loading rate $L_S$ = Surface organic loading rate		

Abb. A2: Funktionsskizze einer mehrstufigen Abwasseraufbereitungsanlage

Erreger	Überlebenszeit (Tage)
<b>Viren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enteroviren<sup>a</sup></li> </ul>	20<100
<b>Bakterien</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fäkale Coliforme</li> <li>Salmonellen</li> <li>Shigellen</li> <li>Vibrio cholerae</li> </ul>	50<90 30<60 10<30 5<30
<b>Protozoa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entamoeba histolytica Zysten</li> </ul>	15<30
<b>Helminths</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ascaris lumbricoides Eier</li> </ul>	mehrere Monate

a. Enthält Polio-, Echo-, und Cocksackieviren.

Tab. A7: Überlebenszeit von Pathogenen in Stuhl, Fäkalien und Fäkalschlamm  
Bei 20-30 °C /38/

Ausgebracht auf die Felder überleben viele Pathogene auf Pflanzen und Gemüse über eine gewisse Zeit /38/.

Erreger	Überlebenszeit (Tage)
<b>Viren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enteroviren<sup>a</sup></li> </ul>	15<60
<b>Bakterien</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fäkale Coliforme</li> <li>Salmonellen</li> <li>Shigellen</li> <li>Vibrio cholerae</li> </ul>	15<30 15<30 5<10 2<5
<b>Protozoa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entamoeba histolytica zysten</li> </ul>	2<10
<b>Helminths</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ascaris lumbricoides Eier</li> </ul>	30<60

a. Enthält Polio-, Echo-, und Cocksackieviren.

Tab. A8: Überlebenszeit von Pathogen auf Feldfrüchten 20-30 °C /38/

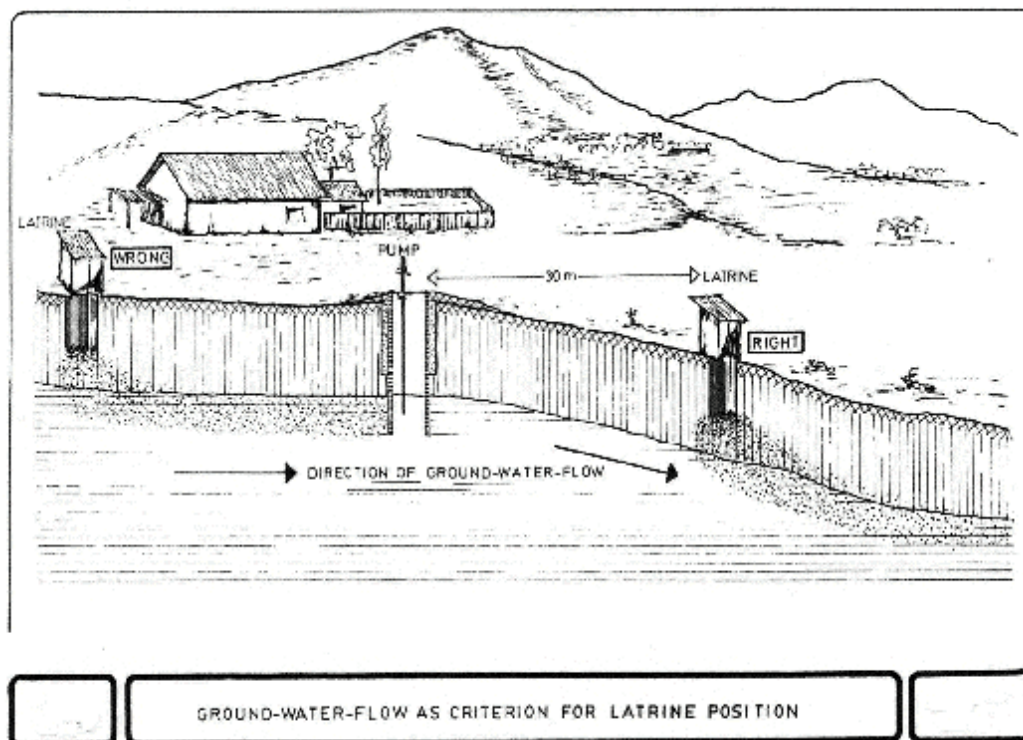


Abb. A3: Grundwasserfließrichtung als Kriterium für die Positionierung von Latrinen /35/