

# Scheiße wird Erde

## Sinn und Unsinn der Fäkalienbeseitigung

Dipl.-Ing. Wolfgang Berger, Hamburg

### Der Stoffwechselprozess im Ökosystem

Die Lebensfähigkeit jeglicher Organismen besteht darin, die durch die Lebensfunktion aufgebrauchten Substanzen ständig zu ersetzen. Energiereiche Stoffe werden dem Produktkreislauf der Natur bei Mensch und Tier durch die Nahrungsaufnahme entnommen, verdaut und ausgeschieden. Die Reststoffe sind für den ausscheidenden Körper nicht mehr verwertbar, doch enthalten sie noch lebenswichtige Bestandteile für niedrigere Organisationsstufen des Lebens. Die einzelnen Verdauungsstufen stellen einen notwendigen Prozess für einen stabilen Stoffkreislauf dar, denn eine Reihe dieser niederen Organismen ist fähig, die abgebauten Substanzen wieder zu neuen, energiereichen Stoffen aufzubauen. Die letztere Phase vollzieht sich in humusreichen Böden, die im Idealfall zu 65% organischer, 15% mineralischer Substanzen und zu 20% aus der Kleinlebewelt des Bodens bestehen (1).

1921 wurde das "Edaphon" (2) als Sammelbegriff für die Organismenwelt des Bodens geprägt, seitdem hat sich damit auch die Erkenntnis durchgesetzt, dass es sich dabei um eine untrennbare Einheit handelt. *"Die Lebensäußerungen und Wirkungen der vielfältigen Gruppen, aus denen sich das Edaphon zusammensetzt, bedingen sich gegenseitig und bauen aufeinander auf. So schaffen grabende Bodentiere durch ihre lockernde, lüftende und Krümel bildende Tätigkeit beste Entwicklungsbedingungen für viele Mikroorganismen, während diese ihrerseits für das Vorbereiten und Aufschließen der organischen Substanz als Nahrung für die Tiere wesentlich sind. Viele Bodentiere fördern die Entwicklung und Wirksamkeit der Mikroorganismen, indem sie diese fressen. Nur in diesem eng verzahnten Wirkungsgefüge bringt die Organismenwelt des Bodens als Einheit ....die für die menschliche Ernährung so wichtigen Leistungen hervor"* (3). Bevor jedoch die verschiedenen Nährstoffe der Pflanze, von der Tier und Mensch letztendlich leben, zugeführt werden, muss der Prozess der Humifizierung, d. h. der Umbau der Ausgangsstoffe zu pflanzenverträglichen Nährstoffen, abgeschlossen sein.

### Das Humusproblem

Stallmist, frische menschliche Fäkalien und die reine Minereraldüngung entsprechen daher aus den erwähnten Gründen nicht der natürlichen Humusbildung. Diese Tatsache blieb bisher größtenteils unbeachtet, so dass der organische Überschuss des Idealbodens, der heute nur noch in unberührten Urwaldgebieten zu finden ist, einem mineralischen Überschuss Platz macht. Heutige Kulturböden enthalten nur noch wenige Prozente organischer Substanzen, so dass die bindige Krümelstruktur als Schutz vor Windabtragung und das Wasserhaltevermögen als Schutz vor Ausschwemmung der Bodennährstoffe mit der Zeit verloren gehen. Mit dem Verschwinden der organischen Bestandteile verlieren die im Boden lebenden Kleintiere und Mikroorganismen ihre Lebensgrundlage, mit der Folge, dass die mineralische Basis dominiert (1). Eine übermäßig hohe Mineralkomponente im Boden bewirkt seine Versandung und die allmähliche Entstehung von Sandwüsten, wie sie auf allen Erdteilen als Folge des Raubbaus vergangener Menschheitsepochen zu finden sind. Heutige Boden entblößende Anbauweisen, chemische Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmittel und schonungslose Bodenbearbeitungsmethoden beschleunigen den Verlust fruchtbarer Erde.

### Das Ernährungsproblem

Humusreiche Erde allein ist fähig, gesunde und fortpflanzungsfähige Pflanzen hervorzubringen. Die Schädlings- und Krankheitsanfälligkeit von Boden und Pflanze steigt proportional zum Humusschwund. Die verloren gegangene Widerstandsfähigkeit wird in der heutigen Landwirtschaft durch erhöhte Zufuhr von Mineraldünger und Schädlingsbekämpfungsmitteln auszugleichen versucht.

Längst erwiesen ist jedoch, dass der Boden selbstständig in die Lage versetzt werden muss, die Nährstoffe neu zu bilden, die der Pflanzenwuchs ihm ständig entnimmt. Dazu müssen nicht nur Mineralien, sondern auch verbrauchtes

Bodenleben und organische Stoffe ersetzt werden. Die Pflanze gibt direkt oder über das Tier ihr Gesundheitspotential an den Menschen weiter. Die einseitig quantitativ produzierten Nahrungsmittel unter dem Aspekt größtmöglichen Profits haben die Qualität der meisten Nahrungsmittel auf ein gesundheitlich bedenkliches Maß herabsinken lassen. Einseitige Ernährungsweisen und Nahrungsmittel, die die Rückstände giftiger Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmittel in sich speichern, steigern zwar auch die Umsätze der Pharmaindustrie und der Ärzteschaft, vermindern jedoch zusammen mit anderen Umwelt- und Gesellschaftsbedingungen die durchschnittliche Lebenserwartung.

### **Die heutige Landwirtschaft**

Die Landwirtschaft durchläuft seit Jahrzehnten einen Wandlungsprozess, der einerseits zur Abwanderung der in diesem Produktionssektor tätigen Menschen in die Städte führte, andererseits immer größere "arbeitssparende" Monokulturbetriebe schaffte. Sie wurden direkt abhängig von einer wachsenden Zulieferindustrie für Maschinen und Düngemittel und sind im steigenden Maß damit von der ständigen Versorgung mit Fremdenergie angewiesen. Der Einsatz von Maschinen ist heutzutage nur rentabel, wenn genügend große Flächen für die Bearbeitung zur Verfügung stehen. Die Folgen sind z. B. das Verschwinden natürlicher Begrenzungen wie Hecken und Büsche, die eine ökologisch bedeutende Kleintierwelt beherbergen und den Boden vor Windabtragung schützen.

Ländereien, die den Anforderungen einer "modernen" Landwirtschaft nicht entsprechen, stehen der Bebauung zur Verfügung oder liegen brach. Somit gehen immer mehr landwirtschaftliche Produktionsflächen der Nahrungsmittelproduktion verloren und ziehen einen Ausgleich durch Ertragssteigerungen und Importe nach sich. Hinzu kommt eine wachsende Zahl von Anbauflächen, die infolge von Überdüngung oder falscher Bodenbearbeitung ausgelaugt und wirtschaftlich unbedeutend sind. Es ist abzusehen, dass allen derart bearbeiteten Böden auf kurz oder lang ein ähnliches Schicksal widerfahren wird, was zweifellos zu einer Ernährungskrise, wenn nicht sogar zu einer Hungerkatastrophe führen muss. Die Erkenntnisse über die Auswirkungen heutiger Nahrungsmittelproduktion mit ihren Folgen für die weitere menschliche Existenz sind weitgehend bekannt, jedoch nur eine Minderheit zieht direkte Konsequenzen daraus, indem sie biologisch-organische Anbauweisen praktiziert.

Eine breitere Umstellung auf Humuswirtschaft verhindert nicht nur die intensive Werbung für Kunstdünger und chemische Spritzmittel und deren bequeme Handhabung, sondern auch der Mangel an ausreichenden Mengen Humus und das Wissen über dessen Herstellung und Anwendung als Bodennährstoff. Die meisten landwirtschaftlichen Betriebe sind dazu gezwungen, Kunstdünger anzuwenden, da die Marktsituation es erfordert, sich für reinen Ackerbau oder für Massenviehhaltung zu entscheiden. So werden aus Rationalisierungsgründen viele der bäuerlichen Viehbestände abgeschafft oder erheblich verringert. Die organischen Abfälle aus Massentierhaltungen fallen aus Kostengründen nicht der Humusproduktion sondern der Abfallbeseitigung zu. Ein Teil wird für die "Düngung" der näheren Ländereien verwendet, wobei leicht die Möglichkeit der Überdüngung und damit der Grundwasservergiftung durch überhöhte Nitratgehalte gegeben ist.

### **Die heutige Abwasser- und Abfallbeseitigung**

Die Unterbrechung des Stoffwechselprozesses zwischen Ackerbau und Tierhaltung findet in ähnlicher Weise zwischen Stadt und Land statt. Der größte Teil der Bevölkerung lebt heute in Städten, d. h. der größte Teil der produzierten Nahrungsmittel wird in den Städten verbraucht und in Form von organischen Abfällen oder Verdauungsprodukten wieder abgegeben. So gesehen, stoffwechselt die Stadt oder das Dorf wie irgendein Lebewesen. Während über Jahrhunderte hindurch diese Stoffwechselprodukte in dicht besiedelten Gebieten häufig einfach auf der Straße liegengelassen wurden und sich zu gefährlichen Seuchenherden entwickelten, brachte die Einführung der Schwemmkanalisation und der Müllabfuhr, zumindest vom hygienischen Standpunkt, einen bedeutenden Fortschritt mit sich. Das Problem wurde aber nur aus den Städten heraus auf die Gewässer und die umliegenden Landstriche verlagert. Zu der erneuten Seuchengefahr kam noch eine erhebliche Verschmutzung des Wassers und des Bodens hinzu, begleitet von enormen Fischsterben, Überdüngung und Verschlammung der Gewässer. Die rasche Entwicklung von Industrie und Gewerbe trug in steigendem Maß dazu bei. Diese Zustände machten nach reichlicher Ignoranz eine Reihe von Erfindungen nötig, die zu den heute vorhandenen Abwasserklär- und Müllbeseitigungsanlagen führten. Die verschiedenen Verfahren streben jedoch nicht in erster Linie eine Verwertung der Roh- und Nährstoffe an, sondern bezwecken eine möglichst schnelle und kostengünstige Beseitigung durch Volumen-

und Gewichtsreduzierung mit anschließender Deponie der Reststoffe in der Landschaft. So stellen sich für das Schwemmkanalisationssystem bedeutende Probleme der Trinkwasserversorgung, da täglich ungeheure Mengen an Wasser notwendig sind, um feste und flüssige Abwasserstoffe vom Ort ihres Entstehens zu den Kläranlagen zu befördern. Hierzu wird immer noch 50% des Trinkwasserverbrauchs benutzt, wobei die eigentliche Verwertung für den menschlichen Genuss nur 1 - 2 % des Wasserverbrauchs ausmacht. Neben aufwendigen Installationen für Kanalisationen, Pumpwerke und Kläranlagen ist die Beseitigung der Klärrückstände, die mengenmäßig dem Industrie- oder Hausmüll gleichkommen, besonders problematisch. Eine direkte landwirtschaftliche Verwertung ist wegen der für Boden und Mensch gefährlichen Krankheitskeime und Detergentien und vor allem wegen der starken Pflanzenschädlichkeit unverantwortlich, obwohl dies heute oft genug praktiziert wird.

Zum großen Teil werden die Klärschlämme auch in der Landschaft, in Schlammteichen oder im Meer deponiert oder in Verbrennungsanlagen vernichtet. Die Ausfäulung des Klärschlammes unter Luftabschluss erzeugt brennbares Gas, welches wirtschaftlich als Energierohstoff eingesetzt werden kann, seiner geringen Verbreitung wegen jedoch nicht wirtschaftlich genug zu sein scheint. Der ausgefäulte Schlamm lässt sich ebenfalls nicht verwerten, solange er nicht wie Klärschlamm einer sorgfältigen Behandlung durch Kompostierung mit trockenen kohlenstoffreichen Materialien unterliegt.

Dieses Verfahren machen sich einige Müllkompostwerke zunutze, indem sie Hausmüll, der einen hohen Anteil an Papier besitzt, mit organischen Abfällen und Schlämmen im Heißkompostierungsverfahren verarbeiten. Hierbei entsteht ein hygienisch einwandfreier Kompost, der jedoch noch Gifte aus industriellen Abwässern enthalten kann, obwohl deren Einleitung in Gewässer nach dem Wasserhaushaltsgesetz nicht mehr zulässig ist. Dementsprechend hat die Abnahme der Müllkomposte noch keine weite Verbreitung gefunden. Sie stellt aber immerhin eine Verwertung eines Teils der Abfälle dar, während nicht zerkleinerungsfähige und für die Kompostierung ungeeignete Stoffe aufwendig aussortiert werden müssen. Die hohen Kosten für Anlagen und Energie der verschiedenen Beseitigungssysteme bedeuten zwar für die Zuliefererindustrie ein enormes Geschäft, belasten jedoch in zunehmendem Maße die so genannten Verursacher, was natürlich hauptsächlich die Kleinen trifft.

## **Die Abfallverwertung anderer Kulturen**

Während des Jahrhunderte langen Raubbaus im europäischen Raum, bestand die Düngewirtschaft der Mayas, Inkas und Azteken darin, die menschlichen Exkremete zu verwerten. Hierüber sind jedoch keine näheren Angaben zu finden. Bekannter ist die 4000 Jahre alte Tradition der Fäkalien- und Mistverwertung in China (4).

Die menschlichen Fäkalien wurden täglich in tragbaren Gefäßen eingesammelt und außerhalb der Siedlungen zusammen mit Erde tierischen Fäkalien, Asche und organischen Abfällen in Gruben oder Haufen zu Kompost verarbeitet. Daneben gab es in den Städten Methoden, die sonnengetrockneten Fäkalien zu Klumpen zu formen und sie als Trockendünger zu verkaufen. Der teilweise ohnehin sehr gute Boden blieb durch die systematisch betriebene Dung- und Ackerwirtschaft bis heute erhalten, ohne seine Fruchtbarkeit eingebüßt zu haben. Allerdings hat man die Techniken der Heißkompostierung, die die in Fäkalien möglicherweise enthaltenen Krankheitskeime vernichten, erst am Anfang dieses Jahrhunderts durch den Engländer Sir Albert Howard in Indien entwickelt (5).

Die Düngewirtschaft der asiatischen Länder war bis dahin von ständigen Seuchen mit Krankheits- und Todesfolge begleitet. Der Engländer James C. Scott untersuchte die verschiedenen Gebräuche der Fäkalienbehandlung und konnte durch seine Forschungen nicht nur die hygienischen Zustände in den so genannten Entwicklungsländern, wo in den schnell wachsenden Städten der größte Teil der Bevölkerung in katastrophalen Verhältnissen lebt und Hunger leidet. Die Errungenschaften der westlichen Großindustrien schaffen hier als so genannte Entwicklungshilfe keine Lösung der Probleme. Es ist auch kein Argument, dass nicht genügend Nahrungsstoffe für alle vorhanden seien, wenn anderswo Nahrungsüberschüsse z. B. im Meer versenkt werden. Das Herstellen sanitärer Verhältnisse verbunden mit einer umfassenden Humuswirtschaft kann auch schwer zu bewirtschaftendes Ackerland in diesen Ländern wieder fruchtbar machen. Dabei können Techniken zur Anwendung kommen, die die handwerklich-technischen Möglichkeiten der Bevölkerung berücksichtigen. Die Durchsetzung einer veränderten Entwicklungsstrategie ist allerdings nicht ohne gesellschaftspolitische Veränderungen denkbar.

## **Beseitigung oder Verwertung der Fäkalien**

Nach der schweren Cholera-Epidemie in Hamburg Mitte des letzten Jahrhunderts bestand Anlass genug, die allgemeinen sanitären Verhältnisse in Deutschland neu zu überdenken. Dabei entwickelten sich lebhafte Auseinandersetzungen zwischen den Hygienikern, die sich im Wesentlichen zwischen denen, die eine Beseitigung und Vernichtung und denen, die eine Verwertung der Fäkalstoffe vertraten, unterschieden.

Folgende Systeme kamen im Einzelnen in Betracht (7):

### **- Die Schwemmkanalisation mit Rieselfeldern**

Über ein aufwendiges Kanalsystem wurden die Haushaltsabwässer und die Fäkalabwässer von Wasserspültoiletten auf schnellste Weise aus der Stadt heraus auf die in der Nähe liegenden Felder befördert und sickerten über ein Rohrsystem in den Boden. Dies erforderte hohe Anlagekosten und Wassermengen für den Transport. Die Düngung mit frischen, pflanzenschädlichen Abwässern hatte z. B. bei den bekannten Berliner Rieselfeldern verminderte Nahrungsqualität, Anfälligkeit für Schädlinge, Rückgang der Erträge und Geruchsentstehung beim Kochen von Gemüse zur Folge. Der Boden wurde durch Überdüngung verseucht und nur ein geringer Teil der Nährstoffe wurde aufgenommen. Die Versumpfung der Felder zog die Einbeziehung größerer Flächen nach sich, wobei überschüssige Abwassermengen in die Spree geleitet werden mussten. Hygienisch war dieses Verfahren nur soweit, wie die Abwässer nicht mit Krankheitskeimen versetzt waren.

### **- Das Doppelröhrensystem**

Das Doppelröhrensystem saugte durch Vakuumdruck die Fäkalien getrennt von den Haushaltsabwässern und dem Regenwasser mit geringer oder ohne Wasserspülung von den Haushalten ab und leitete sie in Röhren zu einer Fäkalextraktfabrik. Das Röhrensystem konnte mit wesentlich geringeren Querschnitten arbeiten, als die für das Schwemmsystem notwendigen Kanalrohre. In der Fabrik wurden die Fäkalstoffe entweder unter vorherigem Zusatz von Schwefelsäure mit Heißluft getrocknet und zu brikkettförmigen "Poudretten" gepresst, oder es konnte unter Zusatz von Kalkmilch das Ammoniak herausdestilliert werden. In beiden Fällen waren die Rückstände durch Hitzeeinwirkung von Krankheitskeimen frei und konnten als nährstoffreicher Dünger verkauft werden. Dieses Verfahren war bereits in einigen Städten wie in Amsterdam und Augsburg jahrelang erprobt und hatte sich bewährt.

### **- Das Torfstuhlverfahren**

Dieses Verfahren bestand darin, durch ein städtisches Abfuhrsystem die einzelnen Haushalte mit Fäkalbehältern zu versehen und diese mehrmals wöchentlich gegen leere, gereinigte Behälter auszutauschen. Nach jeder Benutzung wurde manuell oder automatisch Torf auf die frischen Exkreme gestreut. Torf wirkt hemmend auf den Zersetzungsprozess faulender organischer Substanzen und besitzt die zehnfache Aufsaugfähigkeit seines Eigengewichtes für Flüssigkeiten. Neben seiner Absorptionsfähigkeit für Gase wie z. B. Ammoniak und Schwefelwasserstoff reichten die hygienisierenden Eigenschaften des Torfs erst nach geringem Zusatz von Schwefelsäurelösung aus, um als gesundheitlich unbedenklich zu gelten. Die gefüllten Tonnen wurden zu einer außerhalb der Stadt gelegenen Verwertungsanlage befördert, wo die Fäkalien zusammen mit Straßen- und Hauskehricht verkompostiert und als Dünger verkauft wurden. Bedenken kamen bei diesem Verfahren gegen die Handhabung der Behälter, da durch unregelmäßige oder unterlassene Torfeinstreuung der Benutzer Infektionsgefahren beim Transport der Behälter bestanden. Nach heutigen ökologischen Gesichtspunkten würde bei einer allgemeinen Verbreitung des Torfstuhlverfahrens der Abbau des Torfs in den ökologisch bedeutenden Mooren zu einer beschleunigten Ausbeutung dieses Rohstoffes führen.

Während die Kosten für die Ableitung der Fäkalien durch die Schwemmkanalisation sich bis heute nicht tragen können und die Kosten für die Hausentwässerung noch ständig steigen, konnten die Verfahren, die die Fäkalien zu Dünger verarbeiteten, durch den Verkauf der Fäkalprodukte sogar gewinnbringend arbeiten. Mit fadenscheinigen Argumenten stimmte selbst Pettenkofer, der als bedeutender Hygieniker seiner Zeit die Zusammenhänge zwischen der Wasserverschmutzung und der Übertragung von Seuchen erarbeitet hatte, für die Einführung der Schwemmkanalisation mit Rieselfeldern, obwohl er anfangs das Abfuhrsystem vertreten hatte (8). Die genauen Motive, die zu dieser Entscheidung führten, sind nicht ersichtlich, doch spielen ökonomisch-politische Gründe dabei sicherlich eine große Rolle, da das Kanalsystem wesentlich aufwendiger und sich besser vermarkten ließ. Da sich alle weiteren Bemühungen und technischen Entwicklungen auf den Ausbau dieses Systems konzentrierten, wurden die Fäkalienverwertungssysteme nicht mehr konkurrenzfähig und gerieten in Vergessenheit. Eine Verwertung der wertvollen Nährstoffe war somit hinfällig geworden. Die Schlämme der Abwässer lagerten sich größten

teils in den Gewässern ab und wurden ins Meer hinausgespült. Die unschätzbaren Mengen der Nährstoffe, die seit Jahrhunderten der Landwirtschaft und damit der menschlichen Ernährung verloren gingen, trugen außer zur Boden- und Wasserverschmutzung dazu bei, dass sich die ozeanischen Schelfsockel um Europa schneller erhöhten (9).

### **Abfallverwertung im Siedlergarten**

Die Erkenntnisse über die Verschwendung der Dungstoffe entfachten nach dem ersten Weltkrieg eine erneute Protestbewegung gegen die inzwischen zur "Abwasserfrage" gewordenen Beseitigungsprobleme. Während im 19. Jahrhundert die katastrophalen hygienischen Zustände Anlass gaben, waren es diesmal die wirtschaftlichen. Das Ideal der Beseitigung musste einer bedingten Nutzbarmachung weichen, um die riesigen Müllmengen der Städte zu verarbeiten. In der Folgezeit wurden Techniken entwickelt, die eine produktive Nutzbarmachung der Abfälle zu erreichen versuchten, jedoch wirtschaftlich unrentabel blieben. Die Worpsweder Siedlerschule mit dem Gartenarchitekten Leberecht Migge hatte die Frage der Fäkalverwertung und die Kompostierung mit Müll und Kehrriecht unter dem Gesichtspunkt einer "bodenproduktiven Abfallwirtschaft" wieder aufgegriffen (19). Anlass dazu gaben die unzähligen Siedler und Kleingärtner, die in den Vorstädten und in den Schrebergartensiedlungen ihre eigene Selbstversorgung anstrebten und oft darüber hinaus Überschüsse verkaufen konnten. Sie waren dankbare Abnehmer der für die Bodenverbesserung wichtigen Abfälle der Stadtbewohner. Migge wandte sich gegen den Transport der Abfallstoffe aus den Städten, da für deren Kosten weder die Landwirte noch die Städter aufkommen wollten. Vielmehr forderte er dazu auf, die Städte in landwirtschaftlich nutzbare Siedlungen zu verwandeln und auf genossenschaftlicher Basis die wirtschaftliche Unabhängigkeit zu verwirklichen. Die Nachkriegsjahre waren allgemein davon geprägt, von der Nahrungsmittelversorgung durch die Zulieferindustrie und ausländischen Einfuhren unabhängig zu werden. Der Siedlungsgedanke war ein bedeutender Beitrag für die sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse der Bevölkerung in den Städten. Seine Verwirklichung gäbe das Bild einer Stadt-Land-Schaft, in der für Umwelt belastende Industriebetriebe und Individualverkehrsmittel kein Platz gewesen wäre. So blieb dieser Gedanke durch die zunehmende Industrialisierung nur Wirklichkeit für die Kleingärtner.

Die Worpsweder Siedlerschule hatte verschiedene Anbau- und Abfallverwertungstechniken entwickelt, die dem Siedler eine rationelle und produktive Gartenwirtschaft ermöglichten. Da der Dungwert der Abfallstoffe wesentlich von seiner Gewinnung abhängt, griff man auf das bekannte Torfstuhlverfahren zurück. Über die "Gartenfürsorge" wurde das automatisch streuende "Metroklo" vertrieben, wobei die mit Torf gebundenen Fäkalstoffe in dem dafür entwickelten Dungsilos zusammen mit Kehrriecht und Asche kompostiert werden konnten. Das Dungsilos ermöglichte eine kontinuierliche Verrottung der Dungstoffe in einfachen Holzsilos, die auch für größere Mengen ausbaubar waren (11). Auch wurde die Idee des Abfuhrsystems wieder aufgenommen, indem man die Verwertungsanstalten des damaligen Verfahrens durch das Dungsiloverfahren verbesserte. Derartige Kompostwerke wurden z. B. für die Stadt Liegnitz projektiert. Der erneute Anlauf für eine Verwertung der Fäkalien gelang jedoch außer bei den vielen Anhängern des Siedlergartens zu keiner größeren Verwirklichung. Die Idee des Siedlergartens wurde zu dieser Zeit auch von dem Wiener Architekten Adolf Loos aufgenommen, der sie in der "Siedlung am Heuberg" verwirklichte und sie mit Dungsilos für die Fäkalienverwertung versah. Sie war eine Mustersiedlung mit Nutzflächen für die Selbstversorgung, die von den Arbeitern unter fachlicher Anleitung selbst gebaut und ständig verändert werden konnte. Form und Lage des Hauses wurde durch die sinnvollste Anlage des Gartens bestimmt (12).

### **Zentrale Entsorgung der Abwässer**

Inzwischen ist der Anschluss an ein Kanalisationsnetz für alle Bauten innerhalb rechtskräftiger Bauzonen per Gesetz geregelt und damit zur Pflicht geworden. Die Kanalabwässer gelangen in der Regel zu einer Kläranlage, wo sie durch verschiedene Klärprozesse zu Trinkwasserqualität aufbereitet werden. Die heutigen mechanisch-biologischen Kläranlagen benutzen dazu die natürliche Selbstreinigung, wobei die Schmutzstoffe von aeroben Mikroorganismen abgebaut werden. Der Reinigungsprozess erfordert ausreichende Sauerstoffzufuhr, was z. B. durch ein Verregnen der Abwässer erreicht werden kann. Geringe Mengen giftiger Abwässer können allerdings die Mikroorganismen und damit die biologische Reinigungswirkung vernichten. Die oft hohe Belastung dieser Anlagen garantiert außerdem keinen vollständigen Abbau von Detergentien aus Waschmitteln und ähnlichen gelösten Substanzen.

Hormone, die sich seit der Anwendung der Anti-Baby-Pille vermehrt in den Abwässern befinden, durchlaufen dieses Reinigungssystem. Die Folgen der Verunreinigung für den menschlichen Organismus sind nicht abzusehen. Da das Einzugsgebiet von Kompostwerken weitaus größer als das von Kläranlagen ist, entstehen für eine Verwertung des Klärschlamm Transportkosten, die dazu führen, dass Klärschlamm auf die alt gewohnte Weise deponiert werden muss. Dieses Verfahren verhindert weder die Verschmutzung des Trinkwassers, noch bewirkt es eine Verwertung der Reststoffe. Hinzu kommen die finanziellen Belastungen der Steuerzahler für Installationen und Betrieb des Kanalisationssystems. Der Abwassersektor ist wirtschaftlich soweit ausgebaut, dass ein Überdenken oder eine Verhinderung der Situation mit wirtschaftlichen Einbußen verbunden wäre. Deshalb bleibt es, wie es ist.

### **Dezentrale Entsorgung der Abwässer**

Obwohl in den letzten Jahren der Ausbau des Kanalisationsnetzes in weiten Gebieten stattgefunden hat, existiert noch eine Reihe von Siedlungen, Aussiedlerhöfen, Ferienhäuser, Baustellen und Campingplätzen, die wegen der unverhältnismäßig hohen Installationskosten für die Beseitigung der Fäkalstoffe auf Faul- und Sickergruben zurückgreifen. Die gesammelten Stoffe sind Faulprozessen unterworfen, die hohe Stickstoffverluste verursachen und die, wenn sie in den Boden oder in das Grundwasser gelangen, pflanzen- und gesundheitsschädlich sind. Das Versickern im Boden oder das Überlaufen in ein Gewässer hat dies zur Folge. Bei nicht ausreichender Strömung nimmt die Eutrophierung und Verschlammung der Gewässer stark zu. Während man nach Füllung der Sickergruben an anderer Stelle neue bauen muss, werden Faulgruben regelmäßig ausgepumpt. Hierbei entstehen die gleichen Beseitigungsprobleme wie für Klärschlamm. Die Situation der Fäkalienbeseitigung ist daher von hygienischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten unbefriedigend und im starken Maße für die weitere menschliche Existenz schädlich (13).

### **Die notwendige Neuorientierung**

Obwohl der geringe Bedarf danach besteht, die vorher genannten Mängel durch neue Toiletten-systeme anzugehen, haben Entwicklungen auf diesem Gebiet hauptsächlich nur in den skandinavischen Ländern stattgefunden. Ihr gemeinsames Merkmal besteht darin, den Wasserver-

brauch soweit wie möglich einzuschränken oder völlig auf Wasserversorgung zu verzichten. Dafür sind die verschiedenen Produkte zum großen Teil auf Energieversorgung oder auf Zusatzstoffe angewiesen, die regelmäßig zugeführt werden müssen und zu ihrer Herstellung Energie benötigen. Während die Anschaffungskosten oft hoch sind, ist der Betrieb in den meisten Fällen mit nur geringen Kosten verbunden (14). Einige "Selbstbauer" haben daher nach ihren Möglichkeiten billigere Toiletten mit Fäkalienverwertung entwickelt oder bestehende verbessert. Der Wiener Maler Friedensreich Hundertwasser z. B. machte sich das Kompostierungsverfahren zunutze, indem er einen Kübel mit Holzbrille und Abluftrohr versah und eine darunter stehende Petroleumlampe für die Erwärmung des Behälters benutzte. Eine Durchmischung zur besseren Sauerstoffversorgung fehlte, könnte aber durch ein einfaches Rührwerk behoben werden. Als Vorschlag für eine Verwertung zeigen Hundertwassers Entwürfe zur Umweltgestaltung Möglichkeiten auf, durch bepflanzte Dächer einerseits das Stadtklima zu verbessern und andererseits eine wirksame Wärmedämmung zu erreichen (15). Praktiker des biologisch-dynamischen Gartenbaus empfehlen z. B. Kamille- oder Fingerhutkräuter als Zusatz für die Dunggrube, um Fäulnisprozesse zu vermeiden. Die Beispiele der Praktiker sind sehr vielfältig, was zeigt, dass eine Fäkalienverwertung nicht unbedingt mit großem technischen oder energetischen Aufwand verbunden sein muss. Für die jeweils unterschiedlichen Voraussetzungen gibt es keine einheitliche Lösung, wie es heute ersucht wird. Auch sind die hauptsächlich in Skandinavien gebräuchlichen neu entwickelten Toiletten-systeme in Bezug auf Energieausnutzung und Reststoffverwertung verbesserungswürdig (s. Abb.1). Das Prinzip jedoch, Trinkwasser und Wasser überhaupt von den Fäkalstoffen zu trennen, wird für eine Sicherung der zukünftigen Trinkwasserversorgung nicht zu umgehen sein. Die Haushaltsabwässer sind zwar dennoch verschmutzt, was aber z. B. durch die Anwendung biologisch abbaubarer Waschmittel ohne Phosphate und Bleichmittel verringert werden kann. Es wäre allerdings kein Fortschritt, wenn diese nur leicht verschmutzten Abwässer, wiederum mit Abwässern aus Industrie und Gewerbe vermischt und in einer Kläranlage gereinigt werden würden. Die zentrale Entsorgung und Klärung wird daher für leicht zu reinigende Abwässer hinfällig und sollte schon am Ort ihres Entstehens geschehen. Es bietet sich die mehrmalige Wiederverwendung innerhalb eines Brauchwasserkreislaufs mit einfachen Reinigungsrichtungen an. Ebenso führt die zunehmende Rohstoffverknappung zu

einer Trennung der verschiedenen Abfälle, um sie als Rohstoff wieder zu verwerten. Bei allen Abfällen, die eine Rückführung durch zu hohen Energieverbrauch erschweren, wird man nicht umhin können, den Konsum solcher Produkte einzuschränken oder auf sie verzichten zu müssen. Sicherlich bedarf es erst wieder eines heftigen Anstoßes, ehe man allgemein dazu kommt, die Energie- und Rohstoffe sparsamer und sinnvoller anzuwenden, als es heute größtenteils der Fall ist.

### **Die notwendigen gesellschaftlichen Veränderungen**

Waren es in der Vergangenheit hygienische und wirtschaftliche Misereen, die die Aufmerksamkeit auf die Fäkalienfrage lenkten, so kommt heute eine dringende ökologische Notwendigkeit hinzu. Die Grenze der seit Jahrhunderten andauernden Belastung der Umweltsysteme und der Verschwendung nicht regenerierbarer Ressourcen ist allmählich erreicht. Ihre Verbreitung ist inzwischen global, denn sie steht im engsten Zusammenhang mit einem weltweit herrschenden Wirtschaftssystem, welches auf Kosten der menschlichen Lebensgrundlagen Profite für wenige maximiert. Die ökologische Situation der menschlichen Umwelt ist daher nicht getrennt von den bestehenden sozialen und politischen Verhältnissen zu sehen. Ihre Veränderung erstreckt sich auf alle gesellschaftlichen Ebenen und erfordert ein Umdenken der heute gültigen Maxime (16). Handeln darf nicht weiterhin vom Profitdenken bestimmt sein, sondern ist von sozial-ökologischer Verantwortung geprägt. Unter diesem Gesichtspunkt sind seit der Kindheit integrierte Denk- und Verhaltensweisen, sei es die Ernährungsweise oder das "Spülen-und-schonist-alles-weg"-Verhalten zu überdenken. Die Entwicklung neuer Technologien ist daher auch immer im Zusammenhang mit den sozialen und ökologischen Auswirkungen zu sehen. Verfahren, die eine Wiederherstellung der Lebensgrundlagen ermöglichen, haben direkten Bezug zu anderen gesellschaftlichen Bereichen. So hat die sinnvolle und systematische Verwertung der menschlichen Fäkalien Folgen für die Landwirtschaft, die Wasserversorgung, die Gesundheit, die Fruchtbarkeit des Bodens, die Qualität der Nahrungsmittel und vor allen Dingen auch ökonomisch-politische, denn z. B. eine allgemein verbreitete Humuswirtschaft lässt sich nicht so leicht monopolisieren, wie die bestehende Landwirtschaft. Sie ist daher auch ein Schritt Unabhängigkeit von gesellschaftlichen Zwängen. Diese Unabhängigkeit ist wiederum notwendig, um nicht nur materiell, sondern auch ideell zu sein.

### **Die Zukunftswerkstätten**

Die genannten Forderungen lassen sich in Neuansetzungen zur gesellschaftlichen Organisation, wovon sie letztendlich abhängig sind, vereinen. Der Stoffwechselprozess zwischen Mensch und Natur findet nicht mehr isoliert und zentral gelenkt, sondern in einem kleinen Rahmen statt, wo Produktion, Konsumtion und Verwertung sich in einem ständig regenerierfähigen Kreislauf bewegen (17). Die Bedeutung kleinerer Einheiten liegt vor allen Dingen darin, Überschaubarkeit, Betroffenheit und Einflussmöglichkeit der Beteiligten zu erwirken und um unabhängig von der Anonymität zentraler Systeme existieren zu können. Versuche in dieser Richtung laufen z. B. seit 1973 in einem Stadtteil von Washington D. C., USA, wo eine Gruppe von Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Handwerkern in nachbarschaftlicher Zusammenarbeit der Bevölkerung eine weitgehende unabhängige Selbstversorgung anstrebt (18). Die Community Technology Inc. hat nicht nur einfache Technologien für die Energiegewinnung entwickelt, sondern vor allem auch verschiedene Möglichkeiten der städtischen Nahrungsmittelproduktion aufgezeigt. So sind viele Hausdächer als Gewächshaus ausgebildet, während sich in den Kellern Fischteiche für die Fleischversorgung befinden. Sämtliche Abfallstoffe werden getrennt gesammelt und einer Verwertung zugeführt. In einem ehemaligen Kaufhaus sind Werkstätten und Sammelstellen für noch verwendbare Abfallprodukte vorhanden. Ähnliche ernstzunehmende Aktivitäten sind auch in England, Holland, Dänemark und der Bundesrepublik zu finden. Ihre Mitglieder sind meistens arbeitslose Arbeiter und Akademiker jeder Altersstufe, für die zwar in diesem System kein Platz ist, die sich aber nicht damit zufrieden geben wollen und praktische Konsequenzen aus ihren Kenntnissen und Erfahrungen ziehen. Auch einige fortschrittliche Institutionen haben die Wichtigkeit so genannter "alternativer" Lebens- und Produktionsformen erkannt und sind praktisch und theoretisch auf diesen Gebieten tätig (19). Die Praxis der verschiedenen Projekte hat allerdings bisher gezeigt, dass sie ökonomisch noch nicht tragfähig sind. Umso mehr ist es wichtig, dass derartige Ansätze unterstützt werden, denn sie sind nach Robert Jungk die heutigen Werkstätten der Zukunft (20).

## Die Zersetzung des Organischen

Bei der Zersetzung organischer Stoffe unterscheidet man zwei grundsätzlich verschiedene Vorgänge:

### - Die anaerobe Fäulnis

Fäulnis entsteht unter Luftabschluss, wobei anaerobe sauerstofffliehende Mikroorganismen ihre Lebensenergie aus verschiedenartigen chemischen Prozessen beziehen. Während der Fäulnisvorgänge reichert sich Kohlenstoff in den zersetzten Substanzen an und Sauerstoff und Wasserstoff nehmen ab. Es entstehen Verbindungen, die Sauerstoff an sich ziehen und sie sogar benachbarten Teilen im Boden entnehmen. Ein Übermaß organischer Säuren bildet sich, das die im Boden vorhandenen Spurenelemente löst und in überhöhter, giftiger Konzentration in die Pflanze gelangt. Dauernde Fäulnis, wie sie bei Müllhalden, Abwässern, Faulgruben und Rieselfeldern stattfindet, wird oft als Stoffwechselstörung bezeichnet, da sie außer der Schädigung für Boden, Wasser und Pflanze den Düngewert der Stoffe schwächt. Die übel riechenden Substanzen werden über die Pflanze als Nahrungsprodukte für Tier und Mensch weitergegeben was z. B. den Geschmack der Milch beeinträchtigt, wenn Kühe mit Gärfutter gefüttert werden. Durch die Stinkgase entsteht eine starke Anziehungskraft für Insekten, die Krankheitserreger, deren Wachstumsstoffe im Faulprozess überleben, leicht übertragen können. Fäulnisvorgänge führen zu keiner eigentlichen Bodenbildung, denn ihre Erreger halten die Lebensgemeinschaft der Bodenkleintiere fern, die Mineralien aufschließen können. Faulende Massen bleiben lange Zeit im Boden als Fremdkörper liegen und werden von ihrer eigenen Lebewelt, den sauerstofffliehenden Bakterien, Maden und Larven anderer Insekten, die keine Mineralien aufschließen können, abgebaut. Erst im fortgeschrittenen Zersetzungszustand übernehmen bodeneigene, mineralstofflösende Mikroben und Kleintiere den weiteren Abbau (1).

### - Die aerobe Rotte

Bei ausreichender Sauerstoffzufuhr, Feuchtigkeit, Temperatur und Sauerstoffzusammensetzung entwickelt sich die Zersetzungstätigkeit der aeroben Luft atmenden Bodentiere. Der eingeatmete Sauerstoff wird als Kohlendioxid und Wasser wieder abgegeben. Die Aerobier sind nicht nur sehr viel leistungsfähiger im Ab- und Aufbauprozess als die Anaerobier, sondern zerstören auch durch ihre Tätigkeit vorhandene Krankheitskeime im Boden.

Ein vielfältiges Artenreichtum erzeugt antibiotische Stoffe, die zu einer Selbstreinigung des Bodens führen. Bei diesen Prozessen wirken hauptsächlich Bakterien, Schimmelpilze, Strahlenpilze, Hutpilze, Regenwürmer und andere Bodenkleintiere mit. Übel riechende Gase werden durch Pilze gebunden, die Aroma- und Geschmacksstoffe wie der erdige Geruch fruchtbarer Erde erzeugen und damit die Wurzeln der Pflanzen anlocken. Während des Rotteprozesses wird durch den Abbau des Kohlenstoffs Wärme frei, wobei in verschiedenen Temperaturbereichen verschiedene Organismenarten ihre Lebensbedingungen finden. Man unterscheidet den mesophilen Bereich bei Temperaturen bis zu 45° und oberhalb davon, den thermophilen Bereich. Bei der gelenkten Kompostierung versucht man, die Temperaturen des thermophilen Bereiches für nur eine verhältnismäßig kurze Phase zu erreichen, damit Krankheitskeime und Unkrautsamen zerstört werden. Der mesophile Bereich ist für die Erhaltung der Nährstoffe günstiger. Nach der Abbauphase der organischen Substanzen setzt der Aufbauprozess anderer Organismenarten zu Humusstoffen ein. Sie benötigen weniger Sauerstoff als ihre Vorgänger, die ihre Arbeit an anderer Stelle unter günstigen Bedingungen fortsetzen. Nur aerobe Zustände können die biologisch hochwertigen Humusverbindungen herstellen und Stickstoff in biologisch aktiver Form im Boden speichern. Das Zusammenwirken der verschiedenen Bodenorganismen bildet außerdem beständige Bodenkrümel, die als Verbindung von klebrigen Schleimstoffen und Bodenteilchen entstehen. Fäulnisvorgänge lösen diese Verbindungen in Einzelkornstruktur auf. Den kontrollierten Ab- und Umbauvorgang der aeroben Mikroorganismen und Bodentiere nennt man Kompostierung (1).

## Die Stufen der Kompostierung

Bei der Kompostierung organischer Substanzen kann man drei verschiedene Zersetzungsphasen unterscheiden. Die an den einzelnen Stufen beteiligten Bodenkleinlebewesen wirken nicht gleichzeitig sondern nacheinander, indem jede Organisationsstufe die Voraussetzungen für die nächste schafft. Diese Vorgänge finden z. T. in fruchtbaren Laubwäldern statt. Dort werden an der Oberfläche organische Rückstände zusammen mit mineralischen Verwitterungsprodukten von Sauerstoff atmenden Bodenlebewesen in Mutterboden umgewandelt.

Die zu Boden gefallenen abgestoßenen Pflanzenteile bilden eine Deckschicht, die von Kleintieren, Bakterien, Algen, Protozoen und Schimmelpilzen bis zu einem gewissen Grad abgebaut werden. In der zweiten darunter liegenden Schicht sind die Blätter durch weitere Zersetzungs Vorgänge schon weitgehend zerfallen. Die artenreichen Aktinomizyten sind hauptsächlich am Abbau der Zellulose beteiligt und erzeugen den charakteristischen Walderdegeruch. In der letzten Schicht sind die Pflanzenreste soweit abgebaut, dass sie als solche nicht mehr zu erkennen sind. Durch die Tätigkeit vieler Arten von Bodenorganismen findet die eigentliche Humifizierung statt, indem eine Verdauung von organischen Substanzen zusammen mit den Mineralien des Bodens, die sich in den tieferen Schichten befinden und durch chemisch-physikalische Umsetzungen gebildet wurden, erfolgt. Der Regenwurm ist besonders an der Bildung der fruchtbaren Ton-Humuskomplexe beteiligt. In dieser Schicht breiten sich die Pflanzenwurzeln aus, da sie alle wichtigen Nährstoffe und Bedingungen für ein gesundes Pflanzenwachstum enthält. Die obere Streuschicht des Laubwaldes hat vor allen Dingen die Funktion die darunter liegenden Schichten schattig, feucht, locker und luftig zu halten und die Arbeit der Bodenorganismen vor Witterungseinflüssen zu schützen.

### **Die Techniken der Kompostierung**

Die Technik des Kompostierens wird in ihren Grundprinzipien seit Jahrhunderten praktiziert. In den letzten Jahren sind die wissenschaftlichen Kenntnisse über die biologischen und chemischen Vorgänge enorm vorangegangen. Die haben dazu geführt, unter kontrollierten Bedingungen eine hygienisch einwandfreie Kompostmasse herzustellen und Nährstoffverluste weitgehend zu vermeiden. Während bei den historischen Kompostierungspraktiken eine Erwärmung der Masse über den mesophilen Bereich nicht entstehen konnte, führten die verschiedenen Forschungen von Sir Albert Howard in Indien dazu, die Temperaturen des thermophilen Bereiches durch die bekannte Indore-Methode zu erreichen (2). Dieses Heißgärverfahren war einige Jahre früher schon durch das "Gärstatt-Verfahren" in Deutschland mit gleichem Erfolg entwickelt worden (3). Das Ziel der Kompostierung ist die Gewinnung einer humusreichen und hygienisch einwandfreien Erde unter möglichst geringen Nährstoffverlusten. Je nach Ausgangsmaterialien, verfügbaren Zusätzen zur Beschleunigung und Lenkung der Verrottung und den Standortbedingungen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten des Kompostierens.

#### **- Die Flächenkompostierung**

Die Flächenkompostierung arbeitet nach dem Vorbild der natürlichen Verrottung im Laubwald. Durch Stroh, gejätetes Unkraut, Laub und andere Abdeckmaterialien wird der Boden zwischen den Kulturpflanzen bedeckt und fördert das darunter befindliche Bodenleben. Der Boden ist dadurch vor den direkten Witterungseinflüssen geschützt und braucht nicht ständig gelockert und begossen zu werden. Wie auch im Waldboden finden die Abbauprozesse sehr langsam statt, da die Bedingungen für eine Rotte durch die Witterungseinflüsse sehr wechselhaft sind. Das geringe Volumen lässt keine ausreichende Wärmeentwicklung entstehen, um den Organismen die geeigneten Bedingungen für einen raschen Umbauprozess zu geben. Der Vorgang ist daher mit Nährstoffverlusten verbunden.

#### **- Die Kompostmiete**

Durch das Aufsetzen der zu verrottenden Stoffe zu ausreichend großen Haufen werden die Nachteile der Flächenkompostierung weitgehend vermieden. Unter kontrollierten Bedingungen von Beschattung, Feuchtigkeit, Sauerstoffversorgung und einem ausgewogenen Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis entwickeln sich leicht die Temperaturen des thermophilen Bereiches. Überschüssige Feuchtigkeit wird dabei verdunstet. Durch die Haufenanordnung ergeben sich von außen nach innen verschiedene Bedingungen. Sie erfordern ein Umsetzen des Kompostes, um einerseits eine Lockerung und Durchmischung für die Sauerstoffzufuhr zu erreichen und um andererseits die entstehende Wärmeentwicklung zu lenken. Eine bessere Verrottung der Außenschichten bewirkt ein Mantel von luftdurchlässigen Materialien, der nicht nur die Vorzüge der Flächenkompostierung bringt, sondern auch Wärmeverluste verhindert. Eine kontinuierliche Verrottung ist z. B. möglich, indem die Kompostrohstoffe schichtweise aufgetragen und jeweils mit Erdlagen oder sonstigem Abdeckmaterial versehen werden. Das arbeitsintensive Umsetzen und etwaige Fäulniszonen können durch Luftdrainagen oder Einbohren von Luftkanälen in das Mieteninnere vermieden werden. Für eine vollständige und keimfreie Kompostierung ist es jedoch trotzdem notwendig, die äußeren Schichten nach innen zu bringen.

#### **- Das Kompostsilo**

Kompostsilos als Behälter für die Rottestoffe schützen die Masse vor ungünstigen Witterungseinflüssen und benötigen weniger Platz als die üblichen Mieten. Eine gleichmäßige Luft- und Feuchtigkeitsverteilung ist allerdings problematisch, so dass ein Umsetzen in einen zweiten Silobehälter nicht erspart bleibt.

Eine vorherige Durchmischung und Zerkleinerung der Ausgangsstoffe führt zu einer gleichmäßigen Verteilung gleicher Bedingungen und damit zu einer vollständigeren Kompostierung. Außer den genannten Verfahren existieren eine Reihe Variationen, die sich durch Anordnung und Handhabung unterscheiden. Sie sind in der speziellen Kompost-Literatur nachzulesen (4).

### **Die Zusammensetzung der Stoffe**

Als Ausgangsstoffe wählt man möglichst verschiedene kompostierbare Materialien, denn je vielfältiger die bei der Rotte beteiligten Organismenarten sind, desto aktiver und intensiver vollzieht sich der Ab- und Umbauprozess. Die Selbsterhitzung ergibt sich, wenn neben dem ausreichenden Sauerstoff- und Feuchtigkeitsgehalt die Ausgangsstoffe in einem geeigneten Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis von 1:20 bis 1:30 vorhanden sind. Darunter findet keine ausreichende Wärmeentwicklung statt und Stickstoffverluste treten beim Abbau des Kohlenstoffs auf. Ein ausgewogenes Verhältnis von tierischen (menschlichen), pflanzlichen und mineralischen Bestandteilen ergibt einen vollwertigen Humus. Bei der Verrottung einseitiger Stoffe müssen die fehlenden Bestandteile durch Zusätze ausgeglichen werden.

### **Die Bedeutung der Präparate**

Nachdem die Ausgangsstoffe unter günstigen Bedingungen zu einem Haufen zusammengesetzt sind verursacht die entstehende Wärmeentwicklung nicht nur eine Hygenisierung der Masse sondern vernichtet gleichzeitig wichtige Bodenorganismen, die sich erst langsam wieder von selbst nachbilden. Für eine schnellere Kompostierung kann man den Vorgang so steuern, dass nach Abklingen der Hitze die Kompostmasse mit geeigneten Organismenkulturen oder Kräutern die ihre Lebenstätigkeit fördern, impft. Von verschiedenen Seiten sind zu diesem Zweck Präparate entwickelt worden. Auch geringe Mengen guter und reifer Komposterde oder menschlicher Urin mit  $\frac{3}{4}$  Wasser verdünnt bewirken eine Impfung.

### **Die Bedeutung des Regenwurms**

Die Tätigkeit des Regenwurms sorgt ständig für die Erhaltung der Krümelstruktur von gesundem Boden. Dadurch wird eine gute Luft- und Feuchtigkeitsverteilung erreicht und erspart das Umsetzen im Komposthaufen oder das Hacken des Kulturbodens. Unter genügend feuchten Bedin-

gungen vermehrt er sich sehr schnell und ist fähig, das eineinhalbfache seines Eigengewichts täglich aufzunehmen und zu verdauen. Die Zersetzung der organischen Substanzen wird bei ausreichend vorhandener Regenwurmkompost beschleunigt. Durch tiefes Eindringen in den Boden gräbt er nicht nur Kanäle für die Pflanzenwurzeln, sondern bringt gleichzeitig Bodenmineralien unter die Oberfläche und vermischt sie im Verdauungskanal zu Ton-Humus-Komplexen. Regenwurmkompost ist daher hochwertiger Pflanzennährstoff. Sie ernähren sich von angerotteten Substanzen, halten sich aber auch in der Nähe von Fäulnisherden auf, um diese allmählich zu beseitigen. Die verschiedenen Arten des Regenwurms unterscheiden sich nach Vermehrungs-, Anpassungs- und Leistungsfähigkeit (5).

### **Fäkalien als Kompostrohstoff**

In der heute verfügbaren Kompost-Literatur sind die Hinweise auf die Verwertung von Fäkalien sehr spärlich und oft immer noch von Fehleinschätzungen ästhetischer oder hygienischer Natur geprägt. Die folgeschweren Auswirkungen unverantwortlicher Fäkalienbehandlung in der Vergangenheit äußern sich z. B. in den Erziehungspraktiken und führen dazu, dass die menschlichen Exkremete nicht als Rohstoff für eine Humuswirtschaft zur Nahrungsmittelproduktion, sondern als Ekel erregendes notwendiges Übel angesehen werden. Von jedem erwachsenen Menschen werden jährlich ungefähr 50 kg Kot und 450 kg Urin produziert. Die ergeben zusammen 5,2 kg Stickstoff, 1,25 kg Phosphorsäure, 1,08 kg Kali und 27,2 kg organische Bestandteile (1). Die Menge und die Qualität ist jeweils abhängig vom Gesundheitszustand und von der Ernährungsweise des Betroffenen. Bei reiner Pflanzenkost können sich bis zu 400 g Feststoffe täglich bilden, während es bei Fleischkost nur etwa 100 g sind. Die Zusammensetzung des Kotes besteht aus verschiedenen Stoffen, die der Körper nicht weiter verwenden kann: Reste von Verdauungssekreten wie Galle, Pankreassaft, Darmsäfte, Speichel, Cholesterin, Pepsin, Salzsäure, Reststoffe von Blutzucker und Darmschleim; Stoffe, die der täglichen Organabnutzung in Form von abgeriebenen ausgestoßenen Epithelzellen der Darmwände, der zerfallenen roten und weißen Blutkörperchen, von Bausteinen aus den Nierenkanälen und der Feinstruktur der Leber entstammen; außerdem unverwertbare Nahrungsreste wie harte Pflanzen- und Muskelfasern, unaufgeschlossene Bindegewebe, Stärkekörner, überschüssige Fette und anderes (6).

Die Verdauung im Dickdarm ist ein anaerober Vorgang, wobei Stinkgase wie Methan, Schwefelwasserstoff, Skatol, Indol und andere entstehen. Gallenfarbstoffe färben die Masse in allen Brauntönen. Das Gemisch dieser Bestandteile wird von der Darmflora begleitet, die aus Bakterien, Fäulnispilzen, Hefen u. ä. bestehen. Fäkalien stellen einen geeigneten Lebensraum für Krankheitserreger dar. Eier des Spul-, Band-, Peitschen- und Hakenwurms. Erreger des Milzbrandes, Typhus sowie der Bazillen- und Amöbenruhr, der Tuberkulose der spinalen Kinderlähmung und anderer menschlicher Krankheiten können darin enthalten sein (1).

### **Die Hygiene der Fäkalverwertung**

Die Verwertung und Hygienisierung der menschlichen Exkremente durch kontrollierte Kompostierungsverfahren sind durch verschiedene in- und ausländische Institutionen wie z. B. der World Health Organisation (WHO) bestätigt und empfohlen worden. Eine weitgehende Durchführung der Fäkalienkompostierung wird besonders in den asiatischen Ländern und den so genannten Entwicklungsländern angestrebt, da sie das einzige Mittel darstellt, der allgemeinen Infizierung durch Krankheitskeime und den gesundheitlichen Folgen entgegenzutreten. Die zunehmende Reisetätigkeit vieler Europäer in diese Länder stellt die Fäkalienbehandlung in den Industrieländern vor ähnliche Probleme, da die Krankheitskeime leicht mit eingebracht werden können.

Die Vernichtung von Krankheitskeimen im Kompostierungsprozess entsteht aus zwei unterschiedlichen Vorgängen (7). Sie werden zerstört, wenn die gesamte Kompostmasse einer Temperatur von ungefähr 60° C ausgesetzt ist. Entscheidend ist dabei der Zeitfaktor, doch sind die meisten Erreger nicht fähig, diese Temperatur länger als eine Stunde zu überleben. Um sicher zu gehen, dass die Hitzeeinwirkung in allen Teilen der Masse zur Wirkung kommt, wählt man einen längeren Zeitraum. Neben der thermischen Hygienisierung spielt die Vernichtung der Erreger durch antibiotisch wirkende Mikroorganismen eine wichtige Rolle. Verschiedene Versuche haben ergeben, dass auch unter ungünstigen Außentemperaturen, wie sie im Winter herrschen, Krankheitskeime im Komposthaufen erheblich abnehmen. Beide Vorgänge zusammen ergeben nach bakteriologisch-hygienischen Untersuchungsmethoden eine hygienisch einwandfreie Kompostmasse. Die Ergebnisse entsprechen auch den Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft für Siedlungsabfälle an der Justus-Liebig-Universität in Gießen, die bestä-

tigt, dass eine Kompostierung der Fäkalien unter kontrollierten Bedingungen keine gesundheitliche Gefährdung der Umwelt darstellen kann (8).

### **Die Verfahren der Fäkalkompostierung**

Um die Hygienischen Zustände in China zu verbessern, hatte Scott, James (9) ein einfaches Verfahren zur Fäkalienkompostierung entwickelt. Der Komposthaufen wird anfangs ohne Fäkalien aus organischen Abfällen, Mist u. ä. zusammengesetzt. Nachdem die Selbsterhitzung des Haufens erreicht ist, werden die Fäkalien in die Mitte, wo sich die höchsten Temperaturen entwickeln eingearbeitet, so dass eine schnelle Abtötung der Keime entsteht.

Bei den verschiedenen Möglichkeiten der Kompostierung ist die Verwertung des Urins wegen seiner hohen Flüssigkeitsmenge oft problematisch. Täglich fallen pro Person ungefähr 100 - 200 g Fäkalien und 1000 - 1300 g Urin an. Ein Übermaß an Flüssigkeit begünstigt die anaerobe Fäulnis, da den Luft atmenden Bakterien die Sauerstoffzufuhr versperrt wird. In China sammelt man oft den Urin getrennt von den Fäkalien, um ihn mit Wasser verdünnt als "Kompoststarter" einzusetzen. Der hohe Stickstoff- und Kaligehalt des Urins aktiviert die Zellulose aufbrechenden Bakterien. Urin ist ein Filtrat des Blutes und daher keimfrei. Allerdings können in den tropischen Zonen bestimmte Krankheitserreger über den Urin übertragen werden. Die Urotherapie hat als Wissenschaft die wenig bekannten Heilmethoden für die innere und äußere Behandlung entwickelt.

Für eine Kompostierung ist für den stickstoffreichen Urin eine Vermischung mit saugfähigen und kohlenstoffreichen Materialien notwendig. Dies sind vor allen Dingen Asche, Kehrlicht und fein geschnitztes Papier. Während Asche zusätzlich desodorierende Eigenschaften hat, bewirkt in Urin eingeweichtes Papier eine schnellere Erhitzung des Komposthaufens. Zur gemeinsamen Kompostierung von Urin und Fäkalien verwendet man oft Torf zur Geruchs- und Flüssigkeitsbindung. Die Absorptionsfähigkeit des Torfs ist ungefähr zehnmal größer als sein Eigengewicht, so dass 1 Ballen Torf 350-450 L Flüssigkeit aufsaugen kann. Beim Torfstuhlverfahren benutzt man Torf als Zwischenstreu, um gleichzeitig unter Zusatz von Schwefelsäurelösung die Exkremente zu desinfizieren. Den Inhalt einer Torfstreutoilette kann man in üblicher Weise zu einem Komposthaufen oder in einem Dungsilos aufsetzen. Nach dem ersten Umsetzen vermischt man die Masse mit 10 kg kohlensau-

rem Kalk oder 15 kg Holzasche, damit keine zu saure Masse entsteht. Nach erneutem Umsetzen wird eine Zugabe von 7 kg Kalimagnesia empfohlen. Die fertig kompostierte Masse reicht zur Düngung von 150-200 m<sup>2</sup> aus (10).

Eine Bindung von Fäkalien und Urin mit ungelöschtem Ätzkalk ist ebenfalls denkbar, da Kalk hygienisierende und geruchsbindende Eigenschaften hat und zusammen mit Flüssigkeit durch Wärmeentwicklung Feuchtigkeit verdampft. Die Handhabung und die Lagerung des ungelöschten Ätzkalkes ist jedoch problematisch. Die Düngung mit Fäkal-Kalk-Komposten kommt wegen der stark alkalischen Wirkung nur für saure Böden in Frage.

In Schweden wurde 1940 von Rikardt Lindstöm eine Kompostanlage als fester Bestandteil entwickelt, bei der Exkremete und Küchenabfälle zusammen kompostiert werden. Der Behälter umfasst mehrere Kubikmeter Raum und besteht aus drei Kammern, die durch ein Röhrensystem nach dem Kaminzug-Prinzip durchlüftet werden. Ein Entlüftungsrohr vom Umfang eines Schornsteins ist daher notwendig. Fäkalien und Urin fallen durch eine luftdicht schließende Abortanlage in die erste obere Kammer, wo sie langsam auf einer geneigten Grundfläche in eine zweite Kammer rutschen. Der gesamte Boden des Behälters ist mit einer Erd- und Laubschicht bedeckt, um überschüssige Feuchtigkeit aufzunehmen und den Rotteprozess in Gang zu bringen. Über einen Einwurfstutzen gelangen Küchen- und Gartenabfälle in die zweite mittlere Kammer und werden langsam vom Urin in die dritte Kammer geschwemmt. Dieser Vorgang dauert Monate, währenddessen die einzelnen Ausgangsstoffe schon weitgehend verrottet und vermischt sind. In der dritten Kammer häufen sich die abgebauten Substanzen und ruhen bis zur Reife des Kompostes. Eine Entleerung des Behälters ist nur alle 2-4 Jahre nötig, da bei ausreichender Wärmeentwicklung Feuchtigkeitsüberschüsse verdampft sind und mit der Abbauarbeit der Organismen nur noch 1/5 bis 1/10 des ursprünglichen Massevolumens vorhanden sind. Dieses Verfahren ist inzwischen besonders in Schweden verbreitet, wo in vielen Gebieten wegen der Frostgefahren keine Wasserspültoiletten installiert werden können. Bei der Kompostanlage muss in diesem Fall bei dauernder Benutzung eine Wärmezufuhr eingerichtet werden, da sonst der Kompostierungsvorgang bei tiefen Temperaturen zum Stillstand kommt und Feuchtigkeit nicht mehr verdampfen kann. Zusätzlich ist dann ein Ventilator notwendig, um eine ständige Warmluftzirkulation zu garantieren. In wärmeren Gebieten arbeitet jedoch die Kompostie-

rungsanlage ohne jegliche Energiezufuhr. Die langjährigen Erfahrungen haben dazu geführt, dass die Installation dieser Anlage von der schwedischen Baubehörde genehmigt wurde. Die hygienischen Untersuchungen der Kompostmasse ergaben ausreichende Befunde, um ebenfalls von dieser Seite das System zu genehmigen und zu empfehlen. Probleme entstehen nur, wenn aus Wärmemangel die Flüssigkeiten nicht verdampfen und so einen Fäulnisprozess hervorrufen. Eine Regulierungsmöglichkeit durch Mischen und Bewegen der Masse ist nicht vorgesehen. Inzwischen wird die Anlage auch in den USA serienmäßig produziert. Weitere Störungen haben sich durch nicht ausreichend dicht schließende Abdeckungen der Zuführungsöffnungen ergeben. Der Luftaustausch im Behälter wird dadurch erheblich vermindert (11).

Bei der Kompostanlage des Amerikaners Sim van der Ryn ist ein manuelles Umsetzen des Kompostes notwendig. Die Vorrichtung besteht aus zwei jeweils 1 Kubikmeter großen Kammern. In der ersten Kammer mit der darüber befindlichen Abortanlage werden die frischen Fäkalien gesammelt und angerottet, um anschließend in der zweiten Kammer fertig zu kompostieren. Dieses Verfahren entspricht dem üblichen Kompostieren. Das Hinzufügen von saugfähigen und kohlenstoffreichen Materialien wie Sägemehl ist dabei notwendig. Die Kammern können nach vorne geöffnet werden und sind ständig durch fliegensichere Öffnungen mit einem Abluftrohr belüftet. Der Zersetzungsprozess dauert insgesamt 1 Jahr, währenddessen die Haufen öfters gewendet und gelockert werden müssen. Die Feuchtigkeitsverdampfung ergibt auch hier Probleme, da ständig Flüssigkeit auf die Oberfläche geführt wird. Im Vergleich zur schwedischen Anlage ist hier jedoch ein Regulieren jederzeit möglich. Eine Anerkennung durch ein Hygieneinstitut ist bisher noch nicht erfolgt, da der Erfolg des Verfahrens vor einer regelmäßigen Kontrolle abhängig ist (12).

Eine weitere Variante der Fäkalienkompostierung besteht in den energiebetriebenen Kompost-Toiletten. Die Exkremete sind im Wesentlichen durch eine künstliche Wärmezufuhr einem Trocknungsprozess ausgesetzt, so dass nur sehr geringe Mengen der ursprünglichen Masse übrig bleiben. Dementsprechend kann das Volumen des Sammelraumes klein gehalten werden. Die Wärmequelle stellt meistens ein Radiator, der die durch ein Gebläse angesaugte

Außenluft ständig erwärmt. Die Luft zirkuliert an der Oberfläche der Kompostmasse und wird über ein Abluftrohr abgesaugt. Die Art der Trocknung ist bei den einzelnen Fabrikaten verschieden. Um gleich bleibende Bedingungen für die Zersetzungsorganismen zu erhalten, wird die Wärmezufuhr über ein Thermostat gesteuert. Vor der Inbetriebnahme der Toilette wird eine Zellstoffmatte in den Kompostraum eingelegt, die Mikroorganismen in getrockneter Form enthält. Durch die Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme beginnen diese Kulturen ihre Zersetzungsarbeit, so dass mit zunehmender Verrottung auch die Zellstoffmatte zersetzt wird. Die Spitze des Haufens wird manuell oder elektrisch nach jeder Benutzung durch einen schwenkbaren Arm auf die Oberfläche verteilt. Feinkrümelige Bestandteile fallen durch einen Rost in eine Schublade von wo die gesäte Masse 1-2 mal jährlich entnommen werden kann. Die Kompost-Toilette kommt ohne eine regelmäßige Wartung trotz des technischen Aufwandes nicht aus. Bei kurzzeitiger Überbelastung treten leicht anaerobe Zustände auf, so dass sich die Flüssigkeit in der Schublade sammelt. Eine Vorbereitung durch Zuführen von saugfähigen Materialien ist in solchen Fällen notwendig. Bei unregelmäßiger Benutzung besteht leicht die Gefahr der Austrocknung durch dauernde Wärmezufuhr. Sie kann ein Verkrustung des Innenraums zur Folge haben. In diesem Fall muss man die Heizung vorher rechtzeitig abschalten. Die Rückstände sind weitgehend keimfrei, jedoch oft von sehr unterschiedlicher Qualität (13), (14).

### **Die experimentelle Kompost-Toilette**

Die erwähnten Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme haben zu dem Entwurf einer experimentellen Kompost-Toilette geführt. Da für derartige Toiletten mit kleinem Sammelraum und Energiebedarf keine bauliche Genehmigung nötig ist, wurde besonders auf die Verbesserung der bestehenden Verfahren eingegangen. Zum Teil konnten eigene Versuche mit jeweils unterschiedlichen Bedingungen das direkte Experimentieren mit den auf dem Markt erhältlichen Kompost-Toiletten ersetzen. Sie ergaben, dass eine Homogenisierung der Ausgangsmasse für eine schnellere und vollständigere Kompostierung Voraussetzung ist. Täglich muss die zugefügte Flüssigkeitsmenge im Kompostraum soweit verdunstet sein, dass die Masse "feucht wie ein ausgedrückter Schwamm" (15) bleibt. Für eine Trocknung ist es wichtig, mit der Masse möglichst viel Oberfläche zu erzeugen, damit die Feuchtigkeit entweichen und Wärme zu den einzelnen Bestandteilen gelangen kann. Je klei-

ner diese Bestandteile sind, desto mehr Oberfläche entsteht. Da die Fäkalien in anaerober Form aus dem Darm kommen, ist eine Vorrichtung zur Zerkleinerung der oft kompakten und festen Masse notwendig. Für Papier, Urin und eventuelle zerkleinerte Küchenabfälle ist eine gute Durchmischung günstig, um die Zersetzung der Zellulose zu beschleunigen. Zerkleinerungs- und Mischvorgänge können durch Vorrichtungen wie Rührwerk, Pflugschar, Schnecke, Trommel und ähnliche Bewegungsmechanismen erfolgen. Nicht immer jedoch reichen die Vorrichtungen aus, um die gesamte zu bewegendende Masse zu homogenisieren. Da die Konsistenz von Fäkalien von breiig bis fest geht, müssen vor allem Verstopfungs- und Verkrustungsgefahren vermieden werden. Durch die Anordnung eines senkrecht stehenden Rührwerkes fallen die Stoffe durch ihr Eigengewicht auf einer schiefen Ebene dem Rührwerk zu, was aus zwei übereinander angeordneten Kegeln mit zusätzlichen Mischarmen besteht. Durch die rotierende Bewegung, die nach jeder Benutzung über einen einfachen Seilzug mit Fußhebel ausgelöst wird, kann eine allmähliche Zerkleinerung und Durchmischung im gesamten Kompostraum erfolgen. Nach unten werden die Zwischenräume zwischen Kegel und Trichter, die die schiefe Ebene bilden, kleiner, damit sich auf dem Weg zur Kompostschublade eine homogene und krümelige Masse bilden kann. Die Kompostschublade ist porös und liegt in einer größeren dichten Außenschale, in der sich bei überhöhter Benutzung Flüssigkeit sammeln kann. Die Erwärmung erfolgt über eine Kleinwärmepumpe, die bei Zimmertemperatur mindestens die dreifache Energieausnutzung gegenüber einem Radiator besitzt. Die Raumluft wird durch einen Ventilator angesaugt und befördert sie mit der Abwärme des Kompressors zum inneren Wärmetauscher. Dieser ist als flächiges Element, wie er als Rückwand bei Kühlschränken zu finden ist, ausgebildet und unterhalb der Schublade angeordnet. Die Schublade hat ausreichende Lüftungsöffnungen, damit der Wasserdampf abziehen kann. Kompostbehälter, Mischvorrichtungen und Trichter bestehen aus Lochblechen mit jeweils verschiedenen Lochgrößen, die nach unten hin kleiner werden. So ist eine Warmluftversorgung der Kompostmasse bei sehr großer Oberfläche garantiert. Der gesamte Kompostbehälter ist in einem wärmeisolierten Gehäuse installiert, um Wärmeverluste weitgehend zu vermeiden. Innerhalb des Behälters herrscht ein geringer Unterdruck, der durch einen zweiten Ventilator im Abluftrohr erzeugt wird. Beim Öffnen des Toilettendeckels kann kaum Warmluft in den Toilettenraum entweichen und Darmgase werden ab-

gesaugt. Auch die bestehenden Kompost-Toiletten arbeiten mit geringem Unterdruck. Über einen äußeren kleinen Wärmetauscher, der im Abluftrohr unterhalb des Ventilators angebracht ist, erfolgt die Wärmerückgewinnung. Durch die Temperaturdifferenz zur Außenluft und dem hohen Feuchtegehalt der Luft entsteht Kondenswasser, das über ein Auffanggefäß und einem Siphon nach außen abgeleitet wird. Fast alle Teile, auch die Wärmepumpe, müssen für ein Experiment im Selbstbau angefertigt werden. Die Ventilatoren mit sehr geringen Leistungen sind im Handel erhältlich. Die endgültige Bestätigung für die Funktion dieses Entwurfes kann erst in einer einjährigen Experimentierphase festgestellt werden, um auch die Endprodukte chemisch und hygienisch untersuchen zu können. Die Diskussion über diese Anlage mit verschiedenen Experten hatte positive Ergebnisse. Sie ist im Bau befindlich und wird nach ersten Ergebnissen in einer weiteren Veröffentlichung vorgestellt.

### **Experimentierfeld Fäkalienverwertung**

Die Möglichkeiten des Experimentierens auf diesem Gebiet sind groß, da bisher noch keine genügend befriedigenden Entwicklungen auf diesem Gebiet vorliegen. Auch für die verschiedenen Anwendungsbereiche müssen unterschiedliche Lösungen untersucht werden. Es ist z. B. zu überlegen, ob nicht die Anwendung von Kompost-Toiletten in den Städten, wo die höchste Besiedlungsdichte herrscht, besonders sinnvoll ist. In Häusern mit mehreren Wohneinheiten könnten mehrere Toilettenanschlüsse mit einem gemeinsamen Kompostraum verbunden sein und durch einen Wärmespeicher oder durch den Anschluss an ein bestehendes Heizsystem in den kalten Jahreszeiten mit Wärme versorgt werden. In Wohngebieten könnten Hauswarte die Kontrolle der Anlage übernehmen, was durch wenige Kontrollaggregate vereinfacht werden kann. Zusätzlich könnten somit alle kompostierbaren Hausabfälle, Rasenschnitt u. ä. verwertet werden. Sowie die technischen und hygienischen Faktoren solcher Kompostieranlagen amtlich untersucht und genehmigt sind, wird es keine Absatzschwierigkeiten für den fertigen Kompost geben, da man im Gegensatz zu den Kompostwerken von einer genauen Beschaffenheit und Zusammensetzung der Materialien ausgehen kann. Je nach Qualität des Kompostes verursacht die Verwertung der Fäkalien keine ständigen Entsorgungs- und Reinigungskosten, sondern die Investitions- und Wartungskosten können durch den Verkauf des Kompostes an

Gärtnereien und landwirtschaftliche Betriebe mit der Zeit gedeckt werden. Eine Entleerung der Behälter ist bei genügend großem Volumen nur 1-2 Mal im Jahr notwendig und kann von einem Abfuhrunternehmen, welches den Kompost auf die dafür bestimmten Flächen befördert, durchgeführt werden. Die Inhalte einzelner Kompost-Toiletten können, sofern diese Verfahren von hygienischer Seite befürwortet sind, auf Grünanlagen und Gartenflächen gebracht werden. Mit der ständig zunehmenden Nahrungsmittelverschlechterung verbreitet sich ohnehin die Sitte, in der Wohnung oder auf dem Balkon die eigenen Kräuter und Gemüse zu ziehen, womit sich ein weiterer Verwendungsbereich des Kompostes ergibt. In England geht diese Bewegung in einigen Städten soweit, dass Grünanlagen von Stadtbewohnern zu Nutzflächen für den Anbau von Gemüse usw. umgewandelt werden, so dass diese Flächen mit weniger Aufwand und Kosten fruchtbar erhalten werden können. Auch bebaute Flächen und Straßen, die keine Nutzung mehr finden und überall in den Städten vorhanden sind, können wieder urbar gemacht werden, um sie für die Nahrungsmittelproduktion und die Begrünung der Städte nutzbar zu machen. Auf diese Weise würde sich Leberecht Migges Bild einer Stadt-Land-Schaft (s. Teil 1, Abfallverwertung im Siedlergarten) allmählich verwirklichen können. Ob nicht jedoch die gleichen gesellschaftlichen Zwänge, wie sie schon Migges Ideen entgegneten, dieses Bild wieder zerstören werden?

## Quellenangaben

- ( 1 ) Rohde, G.  
Lehrbuch der natürlichen Kompostierung  
Berlin, 1957  
Deutscher Bauernverlag
- ( 2 ) Howard, Sir Albert  
The Manufacture of Humus by the  
Indore Process  
London, 1935  
'The Royal Society of Arts  
Vol. LXXXIV, No. 4331, Nov.22
- ( 3 ) Krantz, H.  
Edelmistbereitung  
in: Siedlungswirtschaft, 3, Heft 6, Juni 1925  
Mitteilungen der Siedlerschule Worpsswede
- ( 4 ) Spohn, E.  
Selber kompostieren für Garten und Feld  
St. Georgen, 1975  
Schnitzer Verlag
- ( 5 ) Graff, O.  
Gewinnung von Biomasse aus Abfallstoffen  
durch Kultur des Kompostregenwurms  
in: Landbauforschung Völknerode 24, 1974,  
Heft 2, S. 137-142
- ( 6 ) Francé-Harrar, A.  
Die letzte Chance  
München, 1950  
Bayrischer Landwirtschaftsverlag
- ( 7 ) Wiley, J. S.  
Pathogen Survival in Composting  
Municipale Wastes  
in: Journal Water Pollution Control Fed.,  
1962, 34,1 S. 80-90
- ( 8 ) Knoll, H.  
Hygiene der Abfallbeseitigung  
in: Umwelt aktuell, Heft 3  
Abfallbeseitigung und Behandlung  
Karlsruhe, 1973  
C. F. Müller
- ( 9 ) Scott, James, C.  
Health and Agriculture in China  
London, 1952  
Faber and Faber
- (10) Schubert, M.  
Mein eigener Garten  
Heidelberg, 1948  
A. Rausch Verlag
- (11) Hills, L. D.  
The Clivus Toilet: Sanitation without Pollution  
In: Compost Science, Vol. 13, No. 3  
May-June 1972
- ( 12) Ryn, Sim van der  
The Farallones Composting  
Privy: Taking Charge of your own Wastes  
in: Organic Gardening and Farming,  
Dec. 1976, Vol 23, No. 12, S. 70-73
- (13) Obrist, W; Mädler, R.  
Abflusslose Toilettensysteme  
in: Gesundheitstechnik, 12, 1976, S. 267-268
- (14) Leich, Harold D.  
Water Shortage May Stimulate  
Sanitary Innovations  
in: Compost Science, March-April, 1977, S.17
- (15) Pfeiffer, E.  
Anleitung für die Kompostfabrikation aus  
städtischen u. industriellen Abfällen  
Stuttgart, 1957  
G. Fischer Verlag

BERGER BIOTECHNIK GmbH  
Juliusstr. 27, 22769 Hamburg  
Tel.: 040 / 439 78 75  
Fax: 040 / 43 78 48  
eMail: [info@berger-biotechnik.de](mailto:info@berger-biotechnik.de)  
URL: <http://www.berger-biotechnik.de>