

Fällen umgebaut oder mit wirkungsvolleren Filtern versehen werden. Das kann Investitionen von vielen Tausend oder gar Millionen Euro erfordern. Eine Alternative bieten Investitionen in preisgünstigere und umweltfreundlichere Methoden, die nicht nach dem Verbrennungsprinzip funktionieren.

## Internationales Abkommen über die Eliminierung von schwer abbaubaren organischen Schadstoffen

Das internationale Abkommen über die Eliminierung von schwer abbaubaren organischen Schadstoffen wurde im schwedischen Stockholm im Mai 2001 unterzeichnet und ist im Mai 2004 in Kraft getreten. Artikel 5 fordert, daß die unterzeichnenden Länder die Bildung von schwer abbaubaren organischen Stoffen eliminieren, einschließlich der Dioxine, die als Nebenprodukte bei Industrieprozessen entstehen. Anlage C führt Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle als eine der Hauptquellen für Dioxine in der Umwelt an.<sup>11</sup>

Die meisten europäischen Länder haben das Stockholmer Abkommen unterzeichnet und sollten daher Pläne für die Herabsetzung von schwer abbaubaren organischen Schadstoffen in der Umwelt ausarbeiten. Im Gegensatz zu Verbrennungsanlagen entstehen bei der verbrennungsfreien Behandlung von medizinischen Abfällen keine schwer abbaubaren organischen Schadstoffe. Deshalb ist die Einführung von verbrennungsfreien Technologien zur Behandlung von medizinischen Abfällen ein geeigneter Weg, um die aus dem Stockholmer Abkommen entstehenden Verpflichtungen zu erfüllen.

<sup>1</sup> McGregor DB., Partensky C., Wilbourn J., Rice JM.: An IARC evaluation of polychlorinated dibenzodioxins and polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis. *Environ. Health Perspect.*, 1998, 106(2): 755-60.

<sup>2</sup> Egeland G., Sweeney M., Fingerhut M., Wille K., Schnoor T. Total serum testosterone and gonadotropins in workers exposed to dioxin. *Am. J. Epidemiol.*, 1994, 139:272-281.

<sup>3</sup> Birnbaum L. Developmental Effects of Dioxins. *Environ. Health Perspect.*, 1995, 103(Suppl 7): 89-94.

<sup>4</sup> Weisglas-Kuperus N. Neurodevelopmental, immunological and endocrinological indices of perinatal human exposure to PCBs and dioxins. *Chemosphere*, 1998, 37:1845-1853.

<sup>5</sup> Sweeney M., Hornung R., Wall D., Fingerhut M., Halperin W. Prevalence of diabetes and elevated serum glucose levels in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD). Presented at the 12th International symposium on Dioxins and Related compounds, Tampere, Finland, 24-28 August 1992.

<sup>6</sup> Howard C.V., 2000. Particulate Aerosols, Incinerators and Health, in P. Nicolopoulou-Stamati et al. (eds.), *Health Impacts of Waste Management Policies*, 155-174, Kluwer Academic Publishers, 2000.

<sup>7</sup> Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M., Miglio R. and Aloigi E. PCDD/F mass balance in the flue gas cleaning units of a MSW incinerator plant. *Chemosphere*, 2002, 46:1321-1328.

<sup>8</sup> Čížek Zdeněk. Problematika laboratorního hodnocení vlastností zdravotnického odpadu. *Odpady ze zdravotnictví, sborník prací, BIJO*, 2000. (Problematik der Laborauswertung der Eigenschaften von medizinischen Abfällen. Abfälle aus medizinischen Einrichtungen, Sammelbuch der Arbeiten, BIJO, 2000.

<sup>9</sup> Dekontaminierte Abfälle aus vielen europäischen Krankenhäusern z. B. in Österreich und in der Tschechischen Republik werden anschließend verbrannt. Der eigentliche Zweck der Einführung von verbrennungsfreien Technologien ist jedoch, die schwer abbaubaren organischen Schadstoffe, die bei der Müllverbrennung entstehen, zu eliminieren.

<sup>10</sup> Emmanuel J. Non-incineration Alternatives to the Treatment of Medical Waste. Presented at the conference "Environmentally friendly management of medical waste", Debelirtič, Slovenia, 12th April 2002.

<sup>11</sup> <http://www.pops.int>



HCWH Europe  
Chlumova 17  
130 00 Prag 3  
Tschechische Republik  
Tel. +420 222 781 471  
[www.noharm.org](http://www.noharm.org)  
[info@hcwh.org](mailto:info@hcwh.org)



EPHA Environment  
Network  
39-41 Rue d'Arlon  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: +322 233 3875  
Fax: +322 233 3880  
[www.env-health.org](http://www.env-health.org)  
[info@env-health.org](mailto:info@env-health.org)

Weitere Informationen zum Thema medizinische Abfälle im Gesundheitswesen finden Sie auf den Internetseiten von Health Care Without Harm unter: [www.noharm.org/medicalwaste/issue](http://www.noharm.org/medicalwaste/issue)

# Zusammenfassung des HCWH- Berichts: Verbrennungsfreie Technologien zur Behandlung von medizinischen Abfällen in Europa

Ein Leitfaden für  
Krankenhausleiter,  
Infrastrukturmanager,  
medizinische Fachkräfte  
Umweltschützer und  
Bürger

## Verbrennungsanlagen stoßen viele verschiedene Schadstoffe aus

Nach dem internationalen Abkommen über die Eliminierung von schwer abbaubaren organischen Schadstoffen gehören Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle zu den Hauptquellen für Dioxin. Neben Dioxinen und Furanen setzen Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle noch eine Menge weiterer Schadstoffe frei. Hierzu gehören Schwermetalle (Blei, Quecksilber und Cadmium), Feinstaubpartikel, Chlorwasserstoff, Schwefeloxid, Kohlenoxid, Stickstoffdioxid und weitere Schadstoffe, wie z. B. Produkte unzureichender Verbrennung. Außerdem produzieren sie auch hochkontaminierte Asche, die für die menschliche Gesundheit gefährlich werden kann. Es ist wissenschaftlich erwiesen, daß diese Schadstoffe ernsthafte negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Personals von Verbrennungsanlagen sowie auf die Öffentlichkeit und auf die Umwelt haben können.

Um den Nutzen von verbrennungsfreien Technologien zu maximieren, wird ein Konzept präsentiert, das auf der Minimierung und Sortierung von Abfällen aufbaut. Mit einem Programm bestehend aus Abfallvermeidung, Sortierung, Recycling und weiteren Methoden der Verschmutzungsvorsorge kann das Gesundheitswesen die Menge der infektiösen Abfälle, die dekontaminiert werden müssen, reduzieren.

## Abfallvermeidung - das grundlegende Konzept für die Einführung von verbrennungs- freien Technologien

Ein wichtiger Schritt bei der Wahl einer verbrennungsfreien Technologie ist die Analyse der Abfälle. Entgegen der weit verbreiteten Meinung machen infektiöse medizinische Abfälle schätzungsweise ca. 15 % oder weniger des gesamten Abfallstroms im Gesundheitsbereich aus. Durch die Einführung von effizienten Sortierungs- und Klassifizierungssystemen, die von der tatsächlichen Gefahr des infektiösen Abfalls ausgehen,

kann diese Menge auf 3 bis 5 % herabgesetzt werden.

Medizinische Abfälle können als Abfälle definiert werden, die bei der medizinischen Diagnose, Versorgung und Immunisierung von Menschen oder Tieren entstehen. Der gesamte Abfallstrom ist in folgende vier Kategorien zu gliedern: feste kommunale Abfälle, infektiöse Abfälle, gefährliche Abfälle und schwach radioaktive Abfälle. Die Abfallkategorien sind im Europäischen Abfallkatalog spezifiziert und können darüber hinaus durch nationale Rechtsvorschriften definiert sein. Obwohl infektiöse Abfälle nur einen kleinen Teil des gesamten Abfalls aus medizinischen Einrichtungen ausmachen, stehen sie für einen bedeutenden Teil der Gesamtausgaben, die eine medizinische Einrichtung für die Entsorgung seiner Abfälle machen muss.

## Verbrennungsfreie Technologien - allgemeine Kategorien und Prozesse

Bei der alternativen Entsorgung von medizinischen Abfällen werden vier grundlegende Prozesse angewendet: thermische, chemische, bestrahlungstechnische und biologische Bearbeitung. Thermische Prozesse nutzen Hitze zur Vernichtung von Pathogenen (Krankheiten verursachenden Mikroorganismen). Bei Prozessen mit geringer Hitze kommt feuchte Wärme (für gewöhnlich Dampf) oder trockene Wärme zum Einsatz. Chemischen Prozesse nutzen Desinfektionsstoffe zur Vernichtung von Pathogenen, oder Chemikalien, die mit dem Abfall reagieren. Bei der Bestrahlung wird ionisierende Strahlung zur Vernichtung von Mikroorganismen eingesetzt, während bei biologischen Prozessen organische Stoffe mit Hilfe von Enzymen zersetzt werden. Als Zusatzprozesse werden mechanische Anlagen wie zum Beispiel Zerkleinerungs- und Zerkleinerungsanlagen, Mischeinrichtungen oder Verdichtungsanlagen verwendet. Sie machen Abfälle unkenntlich, verbessern die Übertragung von Wärme oder Masse, oder reduzieren das Volumen der bearbeiteten Abfälle.

Für jeden dieser Prozesse werden eine Übersicht und die Funktionsprinzipien erläutert. Hinzu kommen Informationen über die Typen der Müllentsorgung, Emissionen, Restbestandteile, Wirkung der Inaktivierung von Mikroben, Vorteile, Nachteile und weitere Fragen. Auch konkrete Beispiele für die in Europa verwendeten Technologien werden angeführt. Die Beschreibungen der Technologien basieren auf den Angaben der Händler, auf unabhängigen Bewertungen oder auf weiteren verfügbaren Quellen. Da sich Technologien auf einem dynamischen Markt schnell ändern, empfehlen wir den Einrichtungen, die sich für eine verbrennungsfreie Methode interessieren, sich mit den Händlern in Verbindung zu setzen. Diese sollen die neuesten und genauesten Angaben für die Bewertung einer Technologie liefern.

Die Dampfdesinfektion, ein Standardprozeß in den Krankenhäusern, wird in Autoklaven und Retorten durchgeführt. Als ein Beispiel für einen Autoklav kann der Dampfsterilisator Tuttnauer dienen. Neuere Typen dieser Geräte bieten zudem die Nutzung von Vakuum, eine durchgehende Zubringung, Zerfaserung, Mischung, Zermahlung, Trocknung, chemische Verarbeitung und/oder Verdichtung, mit dem das Basissystem des Autoklavs modifiziert wird. Als Beispiele für diese sogenannten reifen Autoklaven sind Ecodas, Hydroclave, Sterival, STI-CHEM Clay, STS, System Drauschke zu nennen.

Die Mikrowellentechnologie ist im Grunde genommen ein auf Dampf basierender thermischer Prozess mit niedriger Hitze, bei dem die Desinfizierung durch Wirkung von feuchter Wärme und Dampf erfolgt. Als Beispiele für große und kleine Mikrowellensterilisatoren sind Ecostéryl, Sanitec, Medister, Sintion, Sterifant, Steriflex zu nennen. Die trockenen Wärmeprozesse setzen weder Wasser noch Dampf ein. Einige von ihnen erwärmen die Abfälle durch Notkonvektion, Strömung erwärmter Luft um die Abfälle oder Verwendung von Wärmestrahlern. Die chemischen Technologien nutzen Desinfektionsmittel im Rahmen eines Prozesses, bei dem die Abfälle gleichzeitig zerfasert oder gemischt werden, damit die Abfälle der

Chemikalie in ausreichendem Maße ausgesetzt werden. Bis vor kurzem wurden in den meisten Fällen Chlortechnologien (Natriumchlorid und Chloroxid) verwendet. Umstritten sind die möglichen langfristigen Umwelteinflüsse, insbesondere bei Chlorid und seinen Nebenprodukten in Abwässern. Die chlorfreien Technologien sind sehr unterschiedlich was die Wirkungsweise und die chemischen Stoffe angeht. Einige von ihnen verwenden Peroxydessigsäure (Steris EcoCycle 10), Gasozon (Lynntech), Trockenpulver auf Kalkbasis, Metallkatalysatoren (CerOx) oder verschiedene patentierte biologisch abbaubare Desinfektionspräparate. Die Technologie der alkalischen Hydrolyse (WR2) ist für Gewebe und tierische Abfälle wie auch für Fixierungslösungen, zytotoxische Stoffe und weitere spezifische Chemikalien bestimmt. Bei jeder chemischen Technologie sollte die Sicherheit und die Verwendung am Arbeitsplatz überwacht werden. Die Elektronenstrahl Technologie beschießt die medizinischen Abfälle mit ionisierender Strahlung. So werden die Zellen von Mikroorganismen beschädigt. Als Beispiel für die Elektronenstrahl-Behandlung von medizinischen Abfällen wird eine Methode angeführt, die von den Laboratorien für Verschmutzungs-Kontroll-Technologien an der Universität von Miami entwickelt wurde. Im Gegensatz zur Bestrahlung mit Kobalt-60 ist bei der Elektronenstrahl-Methodenach dem Ausschalten der Elektronenströmung keine Restbestrahlung mehr vorhanden. Zum Schutz des Personals gegen die ionisierende Strahlung sind jedoch Schutzschilder und Sicherheitsblockmechanismen zu verwenden. Die biologischen Prozesse, wie z. B. Bio-Converter, nutzen verschiedene Enzyme zur Zersetzung von organischen Abfällen.

### **Faktoren, die bei der Auswahl einer verbrennungsfreien Technologie beachtet werden müssen.**

Bei der Wahl einer verbrennungsfreien Entsorgungstechnologie sollten medizinische Einrichtungen folgende Faktoren beachten:

- Rechtskonformität
- Kapazität der Anlage

- Typen der behandelten Abfälle
- Wirksamkeit der Inaktivierung von Mikroben
- Umweltemissionen und Abfallrückstände
- Raumbedarf
- Wasser-, Strom-, Gasversorgung und weitere Anforderungen, die mit der Installierung der Anlage zusammenhängen
- Abfallvermeidung
- Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz
- Lärmbelästigung
- Geruchsbelästigung
- Automatisierung
- Zuverlässigkeit
- Kommerzialisierungsgrad
- Informationen über Hersteller oder Händler einer bestimmten Technologie
- Kosten
- Akzeptanz in der Kommune und beim Personal

Jede Technologie hat Vor- und Nachteile. Die medizinischen Einrichtungen müssen selbst bestimmen, welche verbrennungsfreie Technologie ihren Anforderungen entspricht und gleichzeitig die Auswirkungen auf die Umwelt minimiert, das Niveau der Sicherheit und des Schutzes bei der Arbeit erhöht und den größten Beitrag für die öffentliche Gesundheit darstellt. Dieser Leitfaden enthält allgemeine Informationen, die den Gesetzgebern, den Betreibern von Krankenhäusern, den Direktoren von medizinischen Einrichtungen, dem medizinischen Personal, den Ökologen und der Öffentlichkeit helfen sollen, diese Ziele zu erreichen.

**Health Care Without Harm unterstützt keine bestimmte Technologie, Gesellschaft oder Marke und erhebt auch nicht den Anspruch, ein umfassendes Verzeichnis aller Technologien vorzulegen.**

# Warum sind andere Technologien besser als die Verbrennung

## Verbrennungsanlagen setzen toxische Stoffe frei

Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle setzen viele Schadstoffe frei, z. B. Dioxine, Furane Schwermetalle wie Blei, Quecksilber und Kadmium, Feinstaubpartikel, Chlorwasserstoff, Schwefeloxyd, Kohlenoxyd, Stickstoffoxyd und Produkte unzureichender Verbrennung. Diese Verbindungen haben erhebliche negative Auswirkungen auf die Gesundheit des Personals der Verbrennungsanlagen, auf die Gesundheit der Öffentlichkeit und auf die Umwelt. Die internationale Agentur für Krebsforschung hat das giftigste Dioxin - 2,3,7,8 TCDD - zur 1. Gruppe der bei Menschen krebserregenden Stoffe zugeordnet, während einige weitere Dioxine als für den Menschen potentiell krebserregend angesehen werden.<sup>1</sup> Dioxine beeinflussen auch das Hormonsystem, schwächen die Widerstandsfähigkeit des Organismus und werden mit genetischen Störungen, Diabetes, Endometriose und einer breiten Palette weiterer Krankheiten in Verbindung gebracht.<sup>2,3,4,5</sup>

Zusatzanlagen oder verschiedene Systeme zur Herabsetzung von Gasemissionen erhöhen für gewöhnlich den Gehalt dieser Schadstoffe im festen Restmüll. Außerdem ist die Wirksamkeit der Filter beim Einfangen von sehr feinen Teilchen begrenzt. Lediglich 5 bis 30 % der sehr feinen Teilchen mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 µm können eingefangen werden; Teilchen mit einem Durchmesser von weniger als 1 µm können so gut wie gar nicht filtriert werden. Diese ultrafeinen Teilchen sind hochreaktiv, auch wenn sie von einem relativ inerten Material stammen. Neueste Forschungsergebnisse lassen vermuten, daß das Einatmen dieser ultrafeinen Teilchen sich auf die menschliche Gesundheit negativ auswirken kann.<sup>6</sup>

## Asche aus Verbrennungsanlagen kann gefährlich sein

Keine Einrichtung zur Reduzierung von Gasemissionen in Verbrennungsanlagen

kann die Menge der emittierten Dioxine herabsetzen. Die Dioxine werden lediglich in eine andere Form von Abfall umgewandelt. In einer Verbrennungsanlage, die die beste erhältliche Technologie verwendet (Best Available Technology = BAT), betrug der Dioxingehalt in den Gasemissionen lediglich 2 % von der Gesamtmenge der in allen Abfällen der Verbrennungsanlage enthaltenen Dioxine. Der Dioxingehalt in der Asche betrug 6 %, in der Schlacke 72 %, im Schlamm 2 % und im Filterkuchen 18 % von der Gesamtmenge der freigesetzten Dioxine.<sup>7</sup> Zusätzlich zu den Dioxinen und Furanen enthält die Asche auch weitere gefährliche Stoffe und weist einen hohen Gehalt an Schwermetallen aus (Chrom, Messing, Blei, Nickel, Zink), die in die Umwelt entweichen können.<sup>8</sup> Flugasche, die auch Schwermetalle, Dioxine, Furane und andere toxische Stoffe enthält, bindet sich an die Oberfläche von kleinen Teilchen, die durch heiße Luft und Rauchgase aus dem Schornstein der Verbrennungsanlage entweichen. Die Wirksamkeit des Einfangens dieser Stoffe durch Abgasbehandlungsvorrichtungen hängt von der Wirksamkeit und Qualität der verwendeten Filter ab. Doch auch die besten Filter können nicht alle Gasemissionen einfangen. Bei der Reinigung von Abgasen konzentrieren sich die schädlichen Stoffe und sie lagern sich im Filterkuchen, in der Aktivkohle und in den Abwässern ab, die bei der Reinigung von Abgasen entstehen. Diese Abfälle werden für gewöhnlich als gefährliche Abfälle (Sondermüll) klassifiziert und müssen auch dementsprechend behandelt werden.

Restabfälle von Verbrennungsanlagen und anderen Entsorgungstechnologien medizinischer Abfälle sind auf Deponien zu lagern.<sup>9</sup> In der Hierarchie der Müllentsorgungsarten sollte das Deponieren von dekontaminierten Abfällen, die mit ihren Eigenschaften den kommunalen Abfällen nahe kommen, dem Deponieren von durch Verbrennung entstandenem Sondermüll vorgezogen werden. Außerdem ist der Preis für das Deponieren von Sondermüll aus Verbrennungsanlagen

auf speziell, zu diesem Zweck erforderlichen Deponien mehrfach höher als für das Deponieren von dekontaminierten medizinischen Abfällen auf Deponien mit kommunalen Abfällen. So entstehen auch für medizinische Einrichtungen höhere Kosten.

## Verbrennungsanlagen sind kostspielig

Die Kosten für die Errichtung und für den Betrieb einer Verbrennungsanlage oder einer ausgewählten verbrennungsfreien Technologie, können in verschiedenen Ländern unterschiedlich sein. Das kann an Unterschieden in der Gesetzgebung liegen - an der Müllkategorisierung, an unterschiedlichen Preisen für die Entsorgung von Sondermüll und kommunalen Abfällen, an der Zugänglichkeit der Technologien und an weiteren Faktoren. Allgemein sind jedoch verbrennungsfreie Technologien weniger kostspielig als Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle. Zum Beispiel sind die Kosten für die Errichtung einer Verbrennungsanlage in den USA drei bis viermal höher als die Kosten für die Errichtung eines Autoklaus mit der gleichen Kapazität.<sup>10</sup> Auch die Kosten für den Betrieb von verbrennungsfreien Technologien sind üblicherweise niedriger als die Kosten für den Betrieb einer Verbrennungsanlage.

## Verbrennungsanlagen müssen neuen Emissionsgrenzwerten angepasst werden

Gemäß der Richtlinie der Europäischen Union Nr. 2000/76/ES über die Müllverbrennung müssen die Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle den Emissionsgrenzwert von 0,1 ng TEQ/m<sup>3</sup> für Dioxine und Furane einhalten. Zur Zeit erfüllen die meisten Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle in den neuen EU-Mitgliedsländern wie auch in einigen westeuropäischen Ländern diese Norm nicht. Damit diese Verbrennungsanlagen diesen Grenzwert erfüllen, müßten sie in vielen