



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Der Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- und Schwellenländern – ein Technologievergleich

verfasst von

Katharina MITSCH, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Umwelt- und Bioressourcenmanagement

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Wien, Oktober 2022

Betreut von:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Stefan Petrus Salhofer
Institut für Abfallwirtschaft

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 31.10.2022

Katharina MITSCH

There is no such thing as 'away.'
When we throw anything away, it must go somewhere.
Annie Leonard (Greenpeace), 2020

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei denjenigen bedanken, die mich während des Fertigungsprozesses dieser Masterarbeit unterstützt haben. Zuerst gebührt mein Dank Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Stefan Petrus Salhofer, der diese Arbeit betreut hat und mir stets mit hilfreichen Tipps und Anregungen zur Seite stand.

Ein besonderer Dank gilt allen Teilnehmenden meiner Befragung für ihrer Informationsbereitschaft und ihren interessanten Beiträgen und Antworten auf meine Fragen.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich während meines Studiums immer unterstützt haben. Eine herzliches „Dankeschön“ geht an meine Mutter für ihre Zeit und Mühe als Korrekturleserin, sowie ihre konstruktive Kritik und motivierenden Worte.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagung	iii
Inhaltsverzeichnis	iv
Kurzfassung	vi
Abstract	vii
1. Einführung.....	1
1.1. Ziel der Arbeit.....	2
1.2. Aufbau der Arbeit	3
2. Material & Methode	4
2.1. Literaturvergleich.....	4
2.2. Qualitative Methodik.....	4
2.2.1. Interviewleitfaden & Ablauf.....	4
2.2.2. Interviewpartner*innen	5
3. Ergebnisse	7
3.1. Definition und Arten von medizinischen Abfällen.....	7
3.2. Abfallaufkommen	10
3.3. Rechtliche Rahmenbedingungen.....	13
3.4. Finanzierung.....	17
3.5. Sammlung, Lagerung & Transport medizinischer Abfälle.....	18
3.5.1. Abfalltrennung & Sammlung.....	18
3.5.2. Infrastruktur & Transport	22
3.6. Behandlungsverfahren für medizinische Abfälle	25
3.6.1. Verbrennung	28
3.6.1.1. Offene Verbrennung.....	28
3.6.1.2. Verbrennungsanlagen.....	28
3.6.2. Pyrolyse	34
3.6.3. Wärme- & dampfbasierte Technologien.....	35
3.6.3.1. Mikrowellenstrahlung.....	35
3.6.3.2. Autoklav-Sterilisation.....	37
3.6.4. Chemische Desinfektion.....	40
3.7. Deponierung	42
3.7.1. Direkte Deponierung medizinischer Abfälle	43
3.7.2. Deponierung nach einer Behandlung	44
3.8. Gefahren und Risiken	45
3.8.1. Gesundheitsrisiken	46
3.8.2. Gefahren durch Emissionen und Nebenprodukte	48
3.8.2.1. Organische Schadstoffe.....	49
3.8.2.2. Schwermetalle	50
4. Diskussion	53

4.1.	Arten an medizinischen Abfällen, Kategorisierung & Aufkommen	53
4.2.	Prozesse für Sammlung, Transport & Entsorgung	55
4.3.	Behandlungsmethoden & deren Vor- und Nachteile.....	57
5.	Zusammenfassung & Schlussfolgerungen	62
	Literaturliste	65
	Anhang A: Fragebogen	70
	Anhang B: Interview-Transkripte	72

Kurzfassung

Durch den steigenden Bedarf an medizinischen Produkten sowie Leistungen kommt es zu einer erheblichen Abfallmenge im medizinischen Bereich. Eine unsachgemäße Entsorgung dieser medizinischen Abfälle hat besonders negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen als auch auf die Umwelt zur Folge. Speziell in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern ist der Umgang mit medizinischen Abfällen nicht ausreichend geregelt und es entstehen entlang der Entsorgungskette mehrere Problemfeldern. In dieser Arbeit wurden Fallstudien zur Thematik analysiert, unterstützend wurden hierzu Expert*inneninterviews geführt. Die Ergebnisse zeigten, dass das medizinische Abfallaufkommen in Entwicklungs- und Schwellenländern zwischen 0,25 und 3,4 kg/Bett/Tag liegt, abhängig von der Infrastruktur und der Art der Gesundheitseinrichtung. Die hohen Anteile an gefährlichen medizinischen Abfällen lassen auf eine unzureichende Abfalltrennung schließen, was die Analyse, der der Fallstudien bestätigt. Viele der untersuchten Gesundheitseinrichtungen nutzten lediglich ein Drei-Behälter-System um nicht gefährliche Abfälle, gefährliche Abfälle sowie scharfe und spitze Gegenstände zu trennen. In Bezug auf die Entsorgung ist die offene Deponierung der Abfälle, sowie die offene Verbrennung noch immer eine weit verbreitete Methode. Diese Arbeit soll Regierungen sowie auch Hilfsorganisationen helfen, um Entwicklungs- und Schwellenländer mit einer standardgemäßen Technologie für die Behandlung medizinischer Abfälle auszustatten und untersucht hierfür die gängigsten Behandlungsmethoden: Verbrennungsanlagen, Autoklav-Sterilisation, Mikrowellenstrahlung und die chemische Desinfektion. Zu jedem Verfahren wurden die Vor- und Nachteile analysiert und anschließend in Vergleich gesetzt. Zudem werden die Gefahren und Folgen eines unsachgemäßen Umganges mit medizinischen Abfällen aufgezeigt.

Abstract

Due to the increasing demand for medical products as well as services, a considerable amount of waste is generated in the medical sector. Improper management of medical waste has a particularly negative impact on people's health and on the environment. Especially in many developing and emerging countries, the handling of medical waste is not sufficiently regulated, and several problems arise along the disposal chain. In this thesis, case studies on the subject were analyzed, and interviews with experts were conducted to facilitate the process. The results showed that the amount of medical waste in the countries discussed ranges between 0.25 and 3.4 kg/bed/day, depending on the infrastructure and the type of health facility. The high proportions of hazardous medical waste suggest inadequate separation, confirmed by the analysis of the case studies. Many of the health facilities investigated only used a three-bin system to separate non-hazardous waste, hazardous waste and sharps. In terms of disposal, open dumping of waste, as well as open burning, is still a common method. This thesis aims to help governments as well as NGOs to provide developing and emerging countries with a state-of-the-art technology for the treatment of medical waste and examines the most common methods: incineration, autoclave sterilization, microwaving and chemical disinfection. The advantages and disadvantages of each method were analyzed and then compared. In addition, the dangers and effects caused by improper management of medical waste are highlighted.

1. Einführung

Die Zunahme des weltweiten Ressourcenverbrauchs, resultierend aus dem Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, und der damit einhergehende Anstieg des Abfallaufkommens, stellt weltweit eine der größten Herausforderungen dar. In den hochentwickelten Industriestaaten ist das Bewusstsein im Umgang mit Rohstoffen und deren Wiederverwendung inzwischen sehr fortschrittlich, insbesondere mit der Ressource Abfall. Neben dem effizienten Einsatz von Rohstoffen, hat die Abfallwirtschaft die Aufgabe mögliche Schadstoffe in den anfallenden Abfallströmen zu erfassen und diese in eine unschädliche Form für die Menschen und die Umwelt zu bringen. Diese Schadstoffe gehen speziell aus der Kategorie der gefährlichen Abfälle hervor, welche vor allem den industriellen Prozessen zuzuordnen sind. Doch auch eine erhebliche Menge der medizinischen Abfälle klassifiziert sich nach jener relevanten Abfallgruppe.

Die steigenden Bevölkerungszahlen und die technologischen Entwicklungen führen zu einem immer größer werdenden Bedarf an medizinischen Produkten sowie Leistungen, und auf Grund der immer älter werdenden Bevölkerung kommt es weltweit zu einer zunehmenden Nutzung des medizinischen Systems (WHO, 2014). Diese Faktoren sind allesamt für die zunehmenden Abfallmengen im medizinischen Bereich verantwortlich.

Laut World Health Organisation (WHO, 2014) definieren sich medizinische Abfälle als Abfälle aus dem Gesundheitswesen. Das sind alle jene Abfälle, die in Einrichtungen des Gesundheitswesens, Forschungseinrichtungen und Laboren anfallen. Darüber hinaus umfassen sie Abfälle, die aus weiteren Quellen stammen, wie zum Beispiel Abfälle aus einer häuslichen Krankenpflege. Der Großteil des medizinischen Abfalls fällt in die Kategorie des allgemeinen Siedlungsabfalls, da dieser als nicht gefährlich einzustufen ist. Nur ein kleiner Teil des medizinischen Abfalls wird als gefährlicher Abfall definiert und kann diverse Risiken mit sich bringen (WHO, 2014). Gefährliche Abfälle aus dem medizinischen Bereich lassen sich in scharfe und spitze Gegenstände („sharps“) wie Skalpelle und Nadeln, in infektiösen Abfall, in pharmazeutischen Abfall sowie in chemischen und radioaktiven Abfall kategorisieren (WHO, 2014). Eine unsachgemäße Handhabung und Behandlung birgt ein hohes Risiko von Infektionen und Verletzungsgefahr für das medizinische Personal sowie für Mitarbeiter*innen der Abfallentsorgungsunternehmen in sich (Insa et al., 2010).

Die Entsorgung von medizinischen Abfällen ist deshalb ein Thema von besonderer Relevanz, um mögliche negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen und die Verbreitung von Viren und Keimen aus den Gesundheitseinrichtungen zu vermeiden. Daher ist es unabdingbar eine sachgerechte Abfalltrennung und Abfallentsorgung in diesem Bereich sicherzustellen (Windfeld und Brooks, 2015).

Insbesondere in ressourcenärmeren Ländern wie Entwicklungs- und Schwellenländern wurde Abfällen und im Speziellen auch medizinischen Abfällen bisher wenig Beachtung geschenkt. Ein Entwicklungsland oder auch ein wirtschaftlich weniger entwickeltes Land ist ein Land mit einer gering ausgeprägten wirtschaftlichen Struktur, und einem niedrigen Index der menschlichen Entwicklung (HDI) im Vergleich zu anderen Ländern (Ansari et al., 2019). Grundsätzlich gibt es keine einheitliche Definition für den Begriff „Entwicklungsland“, doch weist die Mehrzahl dieser Länder eine schlechte Versorgung der Bevölkerung auf, hat ein niedriges Pro-Kopf-Einkommen, eine mangelhafte Gesundheitsversorgung, geringe Bildungsmöglichkeiten sowie einen insgesamt niedrigeren Lebensstandard (BMZ, 2022).

Die Situation in Bezug auf medizinische Abfälle ist in Entwicklungs- und Schwellenländern oft besonders problematisch, da das medizinische Personal wie auch die allgemeine Bevölkerung geringes Wissen über die negativen Auswirkungen eines unsachgemäßen Umgangs mit medizinischen Abfällen hat. Dieser hat als unmittelbare Gefahr die direkten Verletzungen durch scharfe und spitze Gegenstände bei der Entsorgung zur Folge, als auch

die mittelbare Gefahr der Verschmutzung der Böden, des Wassers und der Luft (Maseko, 2014). Besonders der schlechte Umgang mit infektiösen Abfällen führt zu einem Anstieg von Pandemien sowie zu abfallbedingten Erkrankungen (Olaniyi et al., 2018). Ein effizientes System für das Management von Abfällen im Gesundheitswesen ist ebenfalls eine entscheidende Komponente des Infektionskontrollprogramms der Gesundheitseinrichtung und spielt daher eine wichtige Rolle für die Qualität der Gesundheitsversorgung (Diaz et al., 2005). Sowohl ArbeitnehmerInnen, die mit medizinischen Abfällen in Berührung kommen, als auch Menschen, die in Regionen leben, wo diese Art von Abfällen entsorgt wird, leiden nachweislich an Krankheiten wie Cholera und Salmonellen (Olaniyi et al., 2018). Weltweit sterben jährlich rund 5 Millionen Menschen an den Folgen von abfallverursachten Erkrankungen (Olaniyi et al., 2018). Eine Verbesserung der Situation ist nicht zu erwarten, wenn keine effektiven Maßnahmen ergriffen werden und das Abfallmanagement speziell in den Entwicklungs- und Schwellenländern nicht modernisiert wird (Olaniyi et al., 2018).

Das Abfallmanagement im Gesundheitswesen befasst sich vorwiegend mit den Gesundheits- und Sicherheitsrisiken im Zusammenhang mit dem Umgang mit Abfällen. Das Ziel bei der Behandlung und Entsorgung von medizinischen Abfällen ist es, das Risiko für die menschliche Gesundheit und auch das Risiko der Umweltschäden so gering wie möglich zu halten. Die Entsorgung von medizinischen Abfällen funktioniert ähnlich wie jedes andere Abfallmanagementsystem, dieses umfasst die Erzeugung, Trennung, Sammlung, Lagerung, den Transport, die Behandlung und Deponierung. In den Industrieländern gibt es hierfür eine Vielzahl von internationalen wie auch nationalen Vorschriften. In Entwicklungs- und Schwellenländern sieht die Situation jedoch anders aus. In einigen Entwicklungsländern wird der medizinische Abfall inklusive des gefährlichen Anteils noch immer mit dem Siedlungsabfall behandelt und entsorgt (Agbere et al., 2021). In anderen sind die Möglichkeiten zur Behandlung sehr begrenzt, da kein allgemeines Abfallentsorgungssystem existiert und die Gesundheitseinrichtungen oft als Zwischenlösung für die Behandlung der Abfälle kleine Anlagen vor Ort nutzen (Agbere et al., 2021). Eine von der WHO in 22 Entwicklungsländern durchgeführte Umfrage hat jedoch ergeben, dass 18 % bis 64 % der Gesundheitseinrichtungen keine geeigneten Technologien zur Behandlung und Entsorgung klinischer Abfälle anwenden (WHO, 2005a).

Besonders in den Jahren einer Pandemie stellt eine solche Menge an Abfall weltweit eine Herausforderung für die Behandlung und Entsorgung dar. Einige Länder verzeichneten einen starken Anstieg ihrer medizinischen Abfälle, die fünfmal höher war als die Abfallmenge vor dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie (WHO, 2020). Die Menge und Art der medizinischen Abfälle variieren jedoch stark nach Größe und Art der Einrichtungen, wie zum Beispiel Kliniken, Gesundheitszentren und Krankenhäuser. Ebenso spielen die Faktoren Standort der Einrichtung sowie die Verkehrsanbindungen eine wichtige Rolle (WHO, 2014). Speziell in den ländlichen Regionen von Entwicklungs- und Schwellenländern sind die Gesundheitseinrichtungen eigenverantwortlich für die Entsorgung und Finanzierung ihrer Abfälle zuständig. Das steigende Abfallaufkommen führt zu einer erhöhten Kostenbelastung, welche insbesondere für ärmere Entwicklungsländer eine große Hürde darstellt.

1.1. Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, den Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- und Schwellenländern zu analysieren und die technischen Möglichkeiten zur Behandlung medizinischer Abfälle genauer zu erläutern. Sie soll die derzeitige Situation am Beispiel mehrerer Entwicklungs- und Schwellenländer speziell im Raum Asien und Afrika aufzeigen und auch die aktuell größten Problemfelder in Bezug auf eine ordnungsgemäße Abfallentsorgung erörtern.

Im Zuge dessen sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Welche Abfälle fallen im medizinischen Bereich (Gesundheitssektor, Krankenhaus etc.) an?
- Wie werden medizinische Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern gesammelt, behandelt und entsorgt?
- Welche technischen Möglichkeiten zur Behandlung medizinischer Abfälle gibt es?
- Welche Vor- und Nachteile bieten die Behandlungsverfahren?

1.2. Aufbau der Arbeit

Inhaltlich ist der Ergebnisteil in mehrere Kapitel unterteilt. Das erste Kapitel 3.1 (Definition und Arten von medizinischen Abfällen) stellt einen Überblick über die allgemeine Definition von medizinischen Abfällen dar und zeigt, welche Arten von Abfällen in Gesundheitseinrichtungen anfallen. Im Kapitel 3.2 wird das Abfallaufkommen genauer nach Ländern analysiert und ebenfalls mit dem Entwicklungsstatus der Länder beurteilt. Anschließend wird in Kapitel 3.3 auf die rechtlichen Grundlagen für die Sammlung, Behandlung und Entsorgung von medizinischen Abfällen eingegangen und die rechtlichen Standards der verschiedenen Entwicklungs- und Schwellenländer verglichen. Unter Kapitel 3.4 finden sich die Finanzierungsmethoden des medizinischen Abfallmanagements und die damit verbundenen Herausforderungen für die Gesundheitseinrichtungen. Anhand des in Abbildung 1 ersichtlichen Flussdiagramms zur Entsorgung der medizinischen Abfälle „from cradle to grave“ orientieren sich die weiteren Ergebnisse dieser Arbeit und werden am Beispiel von medizinischen Abfällen detailliert erläutert. Im Ergebnisteil 3.5 werden die Sammlung, Lagerung und der Transport von Abfällen diskutiert, gefolgt von dem sich den Behandlungsverfahren widmenden Kapitel 3.6. Das Kapitel der Deponierung findet sich unter 3.7. Den Abschluss bilden die Gefahren und Risiken im Teil 3.8, ausgelöst durch die Behandlungsmethoden und die Deponierung. Sie fokussieren sich auf die gesundheitlichen Risiken und Emissionen sowie Nebenprodukte.

Der Ergebnisteil beinhaltet die Ergebnisse der qualitativen Forschung und beispielhaft werden die unterschiedlichen Situationen und Problemfelder der Entwicklungs- und Schwellenländer zu den jeweiligen Entsorgungsstufen wiedergegeben. Die Forschungsfragen werden anschließend in der Diskussion (4) beantwortet und die Ergebnisse interpretiert.

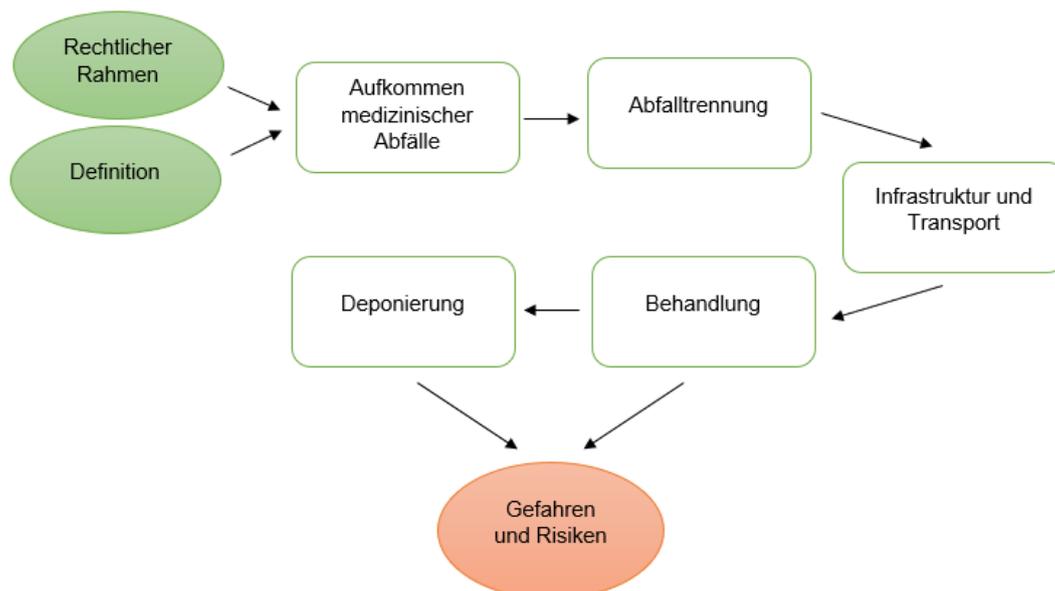


Abbildung 1 - Flussdiagramm zur Entsorgung von medizinischen Abfällen "from cradle to grave" (eigene Darstellung)

2. Material & Methode

2.1. Literaturvergleich

Um geeignetes Material für diese Arbeit zu finden, wurde eine Literatursuche mittels Datenbank-Recherche der BOKU betrieben. Dabei wurden beispielsweise ScienceDirect, Scopus und Springer Link durchsucht. Des Weiteren wurde mittels Google Scholar nach wissenschaftlichen Quellen für diese Arbeit gesucht. Dabei wurden sowohl eine heuristische Suchstrategie, unter Anwendung des Schneeballsystems, als auch eine systematische Recherche, vorzugsweise mit der „bottom-up“ Strategie, benutzt (Wytrzens, 2014). Aus der so ermittelten relevanten Fachliteratur wurden die zentralen Fakten zum Thema zusammengestellt.

Um die Forschungsfragen ausreichend beantworten zu können und einen Vergleich im Umgang mit den medizinischen Abfällen zwischen den Entwicklungs- und Schwellenländern ziehen zu können, wurden mehrere Fallstudien analysiert. Diese Fallstudien wurden alle im Zeitraum von 2003 bis 2021 veröffentlicht und nach verschiedenen Kriterien und Schlagwörtern wie "hospital waste", "medical waste", "health care waste", "clinical waste", "hazardous waste" gesucht. Die Bezugnahme auf eines oder mehrere Entwicklungs- oder Schwellenländer war essenziell. Im Rahmen der Suche schränkten sich die Regionen der Länder ein, und die Arbeit bezieht sich nun ausschließlich auf Entwicklungs- und Schwellenländer in Afrika oder Asien. Insgesamt wurden um die 30 Fallstudien analysiert, um speziell die Themen Abfallaufkommen, Trennung, Infrastruktur, Behandlung und Deponierung abzudecken.

2.2. Qualitative Methodik

2.2.1. Interviewleitfaden & Ablauf

Für den qualitativen Teil der Arbeit wurden insgesamt 5 leitfadengestützte Expert*inneninterviews mit 6 Personen geführt. Die Interviews sollen als Unterstützung für die Beantwortung der Forschungsfragen dienen und vor allem Einblick in den Umgang mit medizinischen Abfällen in den jeweiligen Entwicklungs- und Schwellenländern gewähren.

Für die Durchführung wurde im Vorfeld ein in Anhang A ersichtlicher Interviewleitfaden erstellt. In dem Leitfaden sind das Ziel und Methodik der Arbeit ersichtlich sowie auch die geplante Dauer der Interviews, angesetzt mit 30 Minuten. Ergänzend zu den Ergebnissen der Literaturrecherche wurden insgesamt 15 offene Fragen formuliert.

Die Fragen des Leitfadens wurden in 3 Themenblöcke unterteilt:

- 1) Persönliche Erfahrungen & Meinungen
- 2) Aufkommen und Sammlung medizinischer Abfälle
- 3) Behandlungsverfahren

Die Expert*innen wurden gebeten, bei der Beantwortung der Fragen jeweils Beispiele zu nennen und auch ihre Erfahrungen einfließen zu lassen. Das Interview wurde mit einer Einstiegsfrage über die Tätigkeit und den persönlichen Zugang der Expert*innen eröffnet. Für die Überführung des Gespräches in die nächsten Themenblöcke wurden jeweils

Übergangsfragen gestellt, und das Gesprächsende konnte mit einer Abschlussfrage eingeleitet werden.

Jedes der Interviews wurde online via *Zoom* oder *Microsoft Teams* abgehalten, da alle Interviewpartner*innen nicht in Österreich wohnhaft sind. Die Interviews haben alle zwischen 19.05.2022 und 13.06.2022 stattgefunden und dauerten jeweils zwischen 25 und 45 Minuten. Das längste Interview wurde spontan mit zwei Interviewpartner*innen durchgeführt, da beide gleichzeitig an einem Projekt arbeiteten. Vier der Interviews wurden in Deutsch abgehalten, eines der Interviews in Englisch, da der Experte in Indien geboren und wohnhaft ist, dafür wurde der Interviewleitfaden zuvor ins Englische übersetzt. Die digitale Verschriftlichung des Gespräches ist ebenfalls nur in englischer Sprache dokumentiert.

Der Fokus der Interviews lag auf einer detaillierten Beschreibung des Abfallmanagements der Gesundheitseinrichtungen in den Entwicklungs- und Schwellenländern, sowie persönlichen Erfahrungen und Wahrnehmungen der Probleme. Die Interviewpartner*innen wurden anfänglich gefragt, ob eine Aufnahme des Gespräches gestattet ist. Nachdem dies bestätigt wurde, konnten alle Gespräche aufgezeichnet und anschließend transkribiert werden. Die Verschriftlichungen sind im Anhang B einsehbar. Teilweise wurden die gesprochenen Dialekte in das Hochdeutsche übertragen, englische Wörter und Phrasen jedoch nicht. Für die Integration in den Ergebnisteil der Arbeit wurden die Transkripte ausgewertet, dafür wurden deduktiv-induktiv Kategorien gebildet, anhand welcher anschließend die Textpassagen codiert wurden. Alle fachlich und thematisch relevanten Beiträge der Expert*innen sind in Kapitel 3 der Arbeit vorzufinden, eingegliedert in die jeweilige Thematik.

2.2.2. Interviewpartner*innen

Die Auswahl der Interviewpartner*innen erfolgte durch eine Internetrecherche speziell zum Thema Entwicklungshilfe hinsichtlich medizinischer Abfälle. Anschließend wurden die Personen per E-Mail kontaktiert, zudem wurde der Interviewleitfaden bereits im Vorfeld mitgeschickt, um abzuklären, ob und welche Fragen die Expert*innen beantworten können und wollen. Die Expert*innen hatten die Möglichkeit, Termine und auch die Onlineplattform für die Durchführung der Befragung vorzuschlagen, und folglich wurden diese fixiert.

Folgende Expert*innen wurden zur Thematik befragt:

Sophie Hutzler – Technik ohne Grenzen

Sophie Hutzler war im November 2021 für ein Monat in Kamerun, in der Nähe der Stadt Bafoussam, um dort für ein Krankenhaus mit rund 200 Betten einen neuen Verbrennungsofen für die anfallenden Krankenhausabfälle zu bauen. Der Ort selbst, in dem sich das Krankenhaus befindet, ist ländlich mit 5.000 Einwohnern, und es gibt vor Ort grundsätzlich kein kommunales Müllentsorgungssystem. Mit der Organisation *Technik ohne Grenzen* konnte das Projekt finanziert und geplant werden, und ein kleiner Verbrennungsofen wurde innerhalb des Monats errichtet. Im Zuge der Reise besuchte sie ein weiteres Krankenhaus, wo die Organisation vor 6 Jahren einen Ofen errichtet hatte. Im Zuge des Interviews teilte sie ihre Erfahrungen bezüglich des Umgangs mit den anfallenden medizinischen Abfällen und über die Verbesserungen im Abfallmanagement, welche sich im Zuge des Projektes in Kamerun entwickelten, mit.

Salman Zafar – BioenergyConsult

Salman Zafar ist Geschäftsführer von *BioenergyConsult*, einem Beratungs- und Consultingunternehmen, das sich auf Abfallwirtschaft, Abfallenergie, Energie aus Biomasse, Biogas und Biokraftstoffe spezialisiert hat. Er ist seit 12 Jahren in diesem Sektor tätig und veröffentlichte einige Papers, und er ist Autor einiger Blogbeiträge und Artikel. Besonders im Bereich der Abfallwirtschaft hat er sich mit verschiedenen Abfallströmen auseinandergesetzt und auch an Projekten für medizinische Abfälle zur Aufklärung, Beratung und Sensibilisierung mitgewirkt. Salman Zafar ist in Indien geboren und wohnhaft. In den vergangenen Jahren hat er sich stark mit der Abfallwirtschaft speziell in Entwicklungsländern beschäftigt. Zu seinen geografischen Schwerpunkten gehören Asien, Afrika und der Nahe Osten.

Adrian Danner & Leah Ebert – Technik ohne Grenzen

Adrian Danner und Leah Ebert sind Mitglieder bei der Organisation *Technik ohne Grenzen* und am Bau eines VerbrennungsOfens eines Krankenhauses in Nepal beteiligt. Das Projekt Krankenhaus liegt in der Nähe der Hauptstadt Kathmandu. Im Zuge des Projektes planten beide, im Mai 2022 nach Nepal zu fahren. Es kamen jedoch einige bürokratische Probleme auf, da die nepalesische Regierung bereits 2014 eine Regulierung betreffend Verbrennungsöfen für Krankenhäuser veröffentlicht hatte und die Organisation damit konfrontierte. Im Moment ist man auf der Suche nach einer passenden Möglichkeit, um die medizinischen Abfälle für das Krankenhaus einer Behandlung zuführen zu können, da der geplante Ofen nicht den Richtlinien entspricht.

Jonas Hocheder – Technik ohne Grenzen

Jonas Hocheder hat im Zuge einer Projektarbeit einen VerbrennungsOfen für ein Krankenhaus in Simbabwe entworfen und hatte durch die Organisation *Technik ohne Grenzen* im Frühjahr 2022 die Möglichkeit, für mehrere Wochen nach Simbabwe zu reisen und einen VerbrennungsOfen für das St. Theresa Krankenhaus zu bauen. Während seines Aufenthalts hatte er ebenfalls die Gelegenheit, mehrere Krankenhäuser in Simbabwe zu besuchen und befasste sich insbesondere mit der Behandlung und Sammlung von medizinischen Abfällen. Zusätzlich verfasste er weitere Arbeiten speziell zum Thema der Behandlung medizinischer Abfälle.

Michael Köberlein – Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Michael Köberlein arbeitet aktuell bei der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit und betreut das Globalvorhaben *Sanitation for Millions*, wo es speziell um ein nachhaltiges und sicheres Hygienekonzept geht, in welchem besonders der Umgang mit medizinischen Abfällen hervorgehoben wird. Er konnte praktische Erfahrungen in Nepal, Uganda und in Pakistan sammeln. Während seines Studiums war er für ein NGO tätig. Seine Diplomarbeit, in welcher unter anderem auch medizinische Abfälle thematisiert werden, schrieb er zum Thema Abfallwirtschaft in Indien.

3. Ergebnisse

3.1. Definition und Arten von medizinischen Abfällen

Im Jahr 1992 wurde erstmal weltweit der Umgang mit medizinischen Abfällen bei der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) diskutiert, und somit zum Thema der wissenschaftlichen Forschung, sowie auch Thema der Politik (Mochungong, 2011). In der Forschung werden in der Regel verschiedene Begriffe für medizinische Abfälle verwendet, so findet man sie ebenfalls unter dem Synonym „Abfall aus dem Gesundheitswesen“, „klinische Abfälle“ wie auch „Krankenhausabfälle“ (Al-Khatib et al., 2016).

Marinkovic´ et al. (2008) definieren medizinische Abfälle als jene Materialien, die im Gesundheitsschutz, bei medizinischen Behandlungen und der wissenschaftlichen Forschung anfallen. Sie fallen sowohl in großen Einrichtungen wie Krankenhäusern, Kliniken, Gesundheitszentren, Laboren, Pflegeheimen und Leichenhallen an, aber auch in kleineren Einrichtungen, wie zum Beispiel in Zahnarztpraxen oder in der häuslichen Pflege (Marinković et al., 2008). Ebenso definiert die WHO (2014) den Begriff „Abfälle aus dem Gesundheitswesen“ als Abfälle, die in Einrichtungen des Gesundheitswesens, Forschungsanstalten und medizinischen Laboren anfallen. Zusätzlich werden ebenso kleinere Abfallmengen hinzugezählt, wie Abfälle, die in der häuslichen Gesundheitsversorgung anfallen, zum Beispiel Heimdialyse oder häusliche Pflege (WHO, 2014). In China beispielsweise ist die Definition gesetzlich verankert und besagt: „Medizinische Abfälle sind alle festen Abfälle, die in medizinischen Behandlungseinrichtungen, Laboreinrichtungen sowie in Krankenhäusern anfallen und die als potenziell gefährlich für die menschliche Gesundheit eingestuft werden“ (Yong et al. 2009). Jedoch unterscheiden sich die Definitionen von medizinischen Abfällen je nach Land, Forschern und auch nach internationalen Organisationen. Die Definitionsunterschiede sind speziell auf die vorhandenen Ressourcen zur Behandlung und Entsorgung des Abfalls im Krankenhaus wie auch im Land zurückzuführen, und in welchem Maße der Gesundheit und Sicherheit von Patienten und Personal Beachtung geschenkt wird (Mochungong, 2011).

Besonders für Entwicklungsländer ist es unter anderem ein Problem, dass es weltweit keine allgemeingültige Definition für medizinische Abfälle gibt. So orientieren sich viele Länder, beispielsweise Indien (Zafar, 2019), sowie auch Länder in Afrika (Omoleke et al., 2021) an den WHO-Standards und Empfehlungen. Dies verdeutlicht auch Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022): „Viele der Entwicklungsländer orientieren sich an den Standards, die die WHO vorgibt. [...] Es ist kein neues Thema, schon in den 90er Jahren war das Thema ‚medizinische Abfälle und wie man damit umgeht‘ relevant, und hier hat die WHO weltweit die Länder beraten und gibt eben auch Instrumente oder Leitlinien als Vorgabe, an die sich die meisten Länder auch halten. Also wenn es um Gesetzgebung und um den Rahmen geht, ist in vielen Länder auch schon ein WHO Standard eingeführt.“ Die WHO kategorisiert in ihrer Veröffentlichung von 2014 medizinische Abfälle in zwei Übergruppen, erstens gefährliche medizinische Abfälle und zweitens nicht gefährliche medizinische Abfälle.

Gefährliche Abfälle sind auf Grund der aus der Abfallzusammensetzung hervorgehenden potenziellen Gefahr von besonders großem Interesse für die öffentliche Gesundheit sowie auch für die Umweltverträglichkeit (Omoleke et al., 2021). Sie umfassen scharfe und spitze Gegenstände, infektiösen Abfall, pathologischen Abfall, pharmazeutischen/zytotoxischen Abfall, chemischen Abfall sowie auch radioaktiven Abfall. In Tabelle 1 wird jede Abfallkategorie für gefährliche Abfälle genauer erläutert und mit jeweils zutreffenden Beispielen beschrieben. Besonders der Umgang mit infektiösem Abfall ist kritisch, da unsachgemäßer Umgang zur Verbreitung von Infektionskrankheiten führen kann. Dazu gehören speziell in Entwicklungs- und Schwellenländern, die durch das Humane Immundefizienz-Virus (HIV), die Hepatitis-

Viren B und C verursachte Erkrankungen, Cholera und Diphtherie und einige andere (Al-Khatib et al., 2016). Zum infektiösen Abfall zählen vor allem Abfälle, die mit Blut, Ausscheidungen und anderen Körperflüssigkeiten in Kontakt gekommen sind. Häufig betroffen sind Verbände, Bandagen, Tupfer, Handschuhe, Masken und Kleidung (WHO, 2014). Besonders in ressourcenärmeren Regionen sollte jeglicher Abfall mit Patient*innenkontakt als infektiös eingestuft werden, um ein mögliches Risiko der Krankheitsübertragung zu minimieren (WHO, 2014).

Tabelle 1: Kategorien medizinischer Abfälle (eigene Darstellung nach WHO, 2014)

Abfallkategorie	Beschreibung & Beispiele
<u>Scharfe und spitze Gegenstände</u>	Gebrauchte/ungebrauchte scharfe und spitze Gegenstände z.B. Nadeln; Spritzen; Infusionssets; Skalpelle; Messer; Klingen; Glasscherben
<u>Infektiöser Abfall</u>	Abfälle mit Verdacht auf Krankheitserreger und dem Risiko der Krankheitsübertragung z.B. mit Blut/Körperflüssigkeiten kontaminiert; Laborkulturen und mikrobiologische Vorräte; Exkremate und andere Ausscheidungen von Patient*innen mit hochinfektiösen Krankheiten
<u>Pathologischer Abfall</u>	Menschliches Gewebe; Organe oder Flüssigkeiten; Körperteile; Föten; unbenutzte Blutprodukte
<u>Pharmazeutischer/zytotoxischer Abfall</u>	Arzneimittel, die abgelaufen sind oder nicht mehr benötigt werden; Gegenstände, die mit Arzneimittel kontaminiert sind oder Pharmazeutika enthalten; zytotoxische Abfälle, die Substanzen genotoxischer Chemikalien enthalten z.B. Zytostatika (für Krebstherapie)
<u>Chemischer Abfall</u>	Abfälle, die chemische Stoffe enthalten z.B. Laborreagenzien, Filmentwickler, Desinfektionsmittel, Lösungsmittel; Abfälle mit hohem Schwermetallgehalt, z.B. Batterien, kaputte Thermometer, Blutdruckmessgeräte
<u>Radioaktiver Abfall</u>	Abfälle, die radioaktive Stoffe enthalten z.B. unbenutzte Flüssigkeiten aus der Strahlentherapie oder Laborforschung; kontaminierte Glasbehälter, Verpackungen; Urin und Ausscheidungen von Patient*innen, welche mit Radionukliden behandelt oder getestet wurden
<u>Nicht gefährlicher Abfall</u>	Abfälle, von denen keine besondere biologische, chemische, radioaktive oder physikalische Gefahr ausgeht

Nicht gefährlicher Abfall hingegen ist Abfall, der mit Haushalts- beziehungsweise Siedlungsabfällen vergleichbar ist. Er ist weder mit infektiösen Erregern noch mit gefährlichen Chemikalien oder radioaktiven Stoffen in Kontakt gekommen, und stellt auch keine Gefahr aufgrund seiner Beschaffenheit dar (WHO, 2014). Die Mehrheit der medizinischen Abfälle fällt in die Kategorie der nicht gefährlichen Abfälle und umfasst Papier, Kunststoffe, Lebensmittelreste, Metall, Glas, Textilien und Holz (WHO, 2014). Diese Kategorie an Abfall kann über die kommunale Entsorgung behandelt, also auch direkt deponiert werden (WHO, 2014). Ebenso kann ein Teil des Abfalls dem Recycling oder biogene Abfälle der Kompostierung zugeführt werden (WHO, 2014).

Laut WHO (2014) sind 75 % bis 90 % der medizinischen Abfälle nicht gefährlicher Abfall oder auch „allgemeiner medizinischer Abfall“. Die restlichen 10 % bis 25 % werden als gefährlicher Abfall eingestuft (WHO, 2014). Diese gängigen Schätzungen sind laut Azage und Kumie (2010) für viele Entwicklungsländer nicht konsistent. Den Autoren zufolge sind 25 % der in Pakistan produzierten medizinischen Abfälle als gefährlich einzustufen, 26,5 % in Nigeria und 2-10 % in Ländern südlich der Sahara.

Besonders in Entwicklungsländern schwanken die Anteile der gefährlichen und nicht gefährlichen medizinischen Abfälle stark, da eine Abfalltrennung kaum oder unzureichend praktiziert wird (Ahmad et al., 2019). Trotz des allgemein geringen jährlich anfallenden Anteils gefährlicher Abfälle aus dem Gesundheitswesen führt eine schlechte Trennung dazu, dass der gesamte Abfall potenziell infektiös ist (Ahmad et al., 2019).

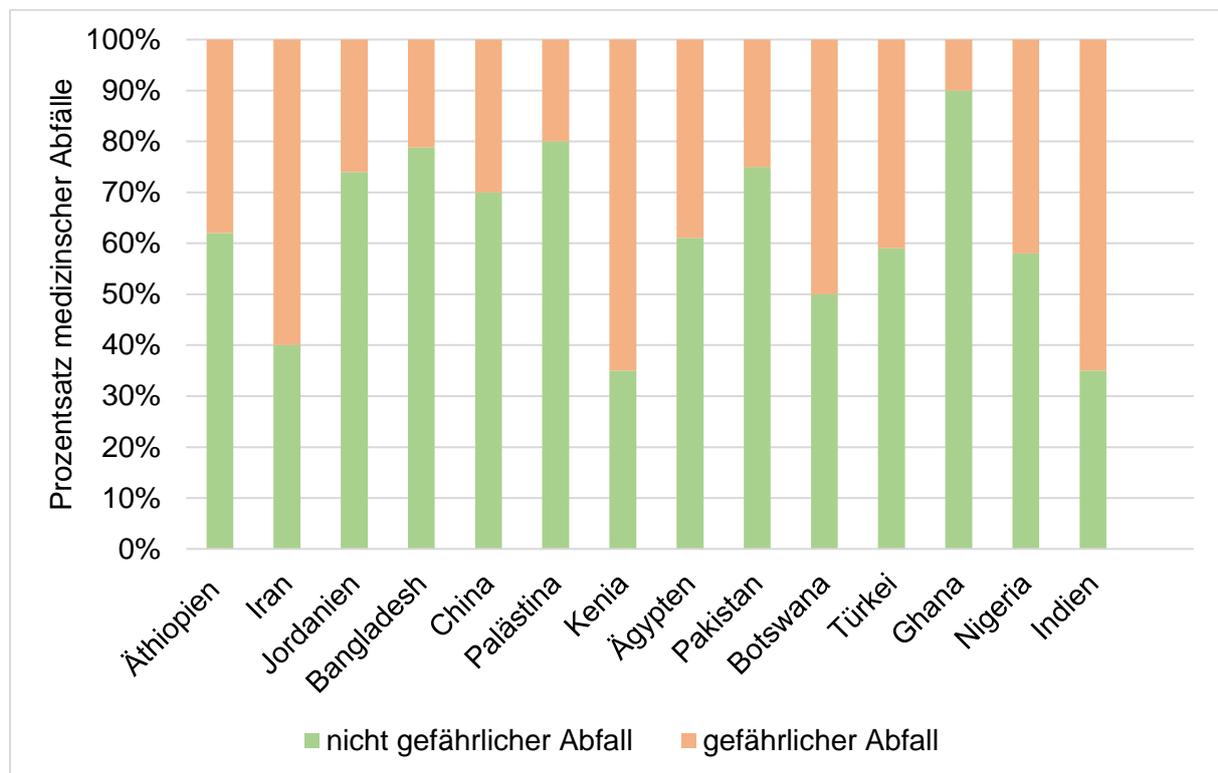


Abbildung 2 - Anteile gefährlicher und nicht gefährlicher medizinischer Abfälle (eigene Darstellung nach Ansari et al. 2019)

Eine Studie von Ansari et al. (2019) hat mehrere Daten bezüglich des Anteils gefährlicher und nicht gefährlicher medizinischer Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern verglichen, und ist zu dem in Abbildung 2 dargestellten Ergebnis gekommen: Palästina hat den höchsten Anteil an nicht gefährlichen Abfällen mit rund 80 %, im Gegensatz zu Kenia und Indien, welche den höchsten Anteil an gefährlichen medizinischen Abfällen mit ca. 65 % aufweisen. Nur wenige der untersuchten Länder wie Pakistan und Ghana erreichen die Standardverhältnisse der WHO. Bei der detaillierteren Analyse der Quelldaten der Ergebnisse von Ghana wurde jedoch festgestellt, dass bei der Darstellung in der oben angeführten Abbildung (Abbildung 2) im Bereich gefährlicher Abfälle die Abfallkategorien „scharfe und spitze Gegenstände“ und „pathologische Abfälle“ nicht berücksichtigt wurden. Diese beiden Abfallarten müssten korrekter Weise bei der Berechnung und Darstellung des Anteils des gefährlichen Abfalls mitberücksichtigt werden (Amfo-Otu und Doo, 2015). In Kenia wird als Hauptgrund die mangelhafte Trennung für den hohen Anteil an gefährlichen Abfällen genannt (Ansari et al., 2019). Ebenso ausschlaggebend für die Zusammensetzung der medizinischen Abfälle sind

Faktoren wie erbrachte Dienstleistungen, Definition und Klassifizierung der Länder und ob es sich um ein staatliches oder ein privates Krankenhaus handelt (Ansari et al. 2019).

3.2. Abfallaufkommen

Die Menge und die Art der in den Gesundheitseinrichtungen anfallenden medizinischen Abfälle hängen von den Größen und Kapazitäten der Krankenhäuser, Kliniken etc. ab. Zudem ist der Standortfaktor und die gegebene Infrastruktur von großem Einfluss (Mochungong, 2011). Besonders zwischen ländlichen und städtischen Gesundheitseinrichtungen ergeben sich signifikante Unterschiede in den erbrachten Dienstleistungen, der organisatorischen Komplexität, der Verfügbarkeit von Ressourcen und der Anzahl der Angestellten, welche sich auf das Abfallaufkommen auswirken (WHO, 2014). Ein weiterer Faktor ist auch der Einsatz von Technologien -so weisen ärmere Länder einen geringeren Anteil an medizinischen Abfällen auf, da die Möglichkeiten der Gesundheitstherapien begrenzt sind (Al-Khatib et al., 2016). Im Vergleich zu Industriestaaten steigt das Abfallaufkommen der medizinischen Abfälle in Entwicklungsländern besonders schnell an, da der Zugang zur medizinischen Versorgung sich stetig verbessert und Krankenhäuser ausgebaut werden (Ansari et al., 2019). Dies bestätigt Zafar (übersetzte persönliche Mitteilung, 2022): „Wir sind mit einer Flut von Krankheiten konfrontiert, und das hat dazu geführt, dass Krankenhäuser, Kliniken und Pflegeheime wie Pilze aus dem Boden schießen, was letztlich zu einem rasanten Anstieg der medizinischen Abfälle in der ganzen Welt geführt hat.“ Zusätzlich wächst der Trend weg von Mehrweggeräten hin zu hygienisch sichereren Einweggeräten für die medizinische Versorgung, was ebenfalls einen Anstieg der Abfälle bedeutet (Ansari et al., 2019). Doch nicht nur auf Grund der besseren medizinischen Versorgung steigen die medizinischen Abfälle, sondern auch auf Grund der besseren Datenlage, da viele Entwicklungsländer medizinische Abfälle nicht mehr über das allgemeine Abfallaufkommen berechnen, sondern sie nun in eine eigene Kategorie fallen (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Diese Verbesserungen in den Entwicklungsländern gehen vor allem auf die Resolution der WHO-Initiative „Sichere Abfallentsorgung im Gesundheitswesen“ zurück, der sich über 40 Länder und einige Entwicklungsländer angeschlossen haben (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

Die Kenntnis der anfallenden Abfallarten und -mengen in Gesundheitseinrichtungen ist ein wichtiger erster Schritt zur sicheren Entsorgung (WHO, 2014). Die Daten über das Abfallaufkommen werden zur weiteren Schätzung der erforderlichen Kapazitäten für Behälter, Lagerflächen, Transport und Behandlungstechnologien benötigt (WHO, 2014). Das medizinische Abfallaufkommen wird in der Regel in Kilogramm pro belegtes Bett pro Tag (für stationäre Patient*innen) und in Kilogramm pro Termin pro Tag (für ambulante Patient*innen) ausgedrückt und geschätzt (WHO und Weltbank, 2005). Kilogramm pro belegtes Bett pro Tag und Kilogramm pro Patient*in pro Tag werden vor allem verwendet, um verschiedene Einrichtungen des Gesundheitswesens mit verschiedenem Leistungsumfang besser vergleichen zu können (WHO, 2014). Jedoch kann die durchschnittliche Erzeugungsmenge für medizinische Abfälle ebenfalls pro Tag oder pro Jahr berechnet werden (WHO, 2014).

Deutliche Unterschiede in der Gesamtmenge medizinischer Abfälle sind ebenfalls auf Grund des Einkommensniveaus in den verschiedenen Ländern ersichtlich, so zeigt sich ein jährliches Abfallaufkommen medizinischer Abfälle in Industrieländern bei bis zu 12 kg/EW.a, bei Schwellenländern bis zu 6 kg/EW.a und bei Entwicklungsländern auf lediglich bis zu 3 kg/EW.a (WHO, 1999). Die WHO (1999) verdeutlicht hier, dass die Daten der Entwicklungsländer auf Schätzungen beruhen, und auch dass keine Daten für den Anteil der gefährlichen medizinischen Abfälle bekannt gegeben werden können. Ali et al. (2017) verdeutlichen diese Schätzungen und schreiben, dass in Entwicklungsländern ein Anteil von 0,2 kg/Bett/Tag gefährlicher medizinischer Abfälle produziert wird, wobei in Industrieländern mehr als doppelt so hohe Mengen von 0,5 kg/Bett/Tag entstehen. Die größten Mengen potenziell infektiöser Abfälle aus dem Gesundheitswesen fallen in der Regel in den Bereichen

Chirurgie, Entbindungsstation, Isolationsstation, medizinisches Labor und Notaufnahme an (WHO und Weltbank, 2005).

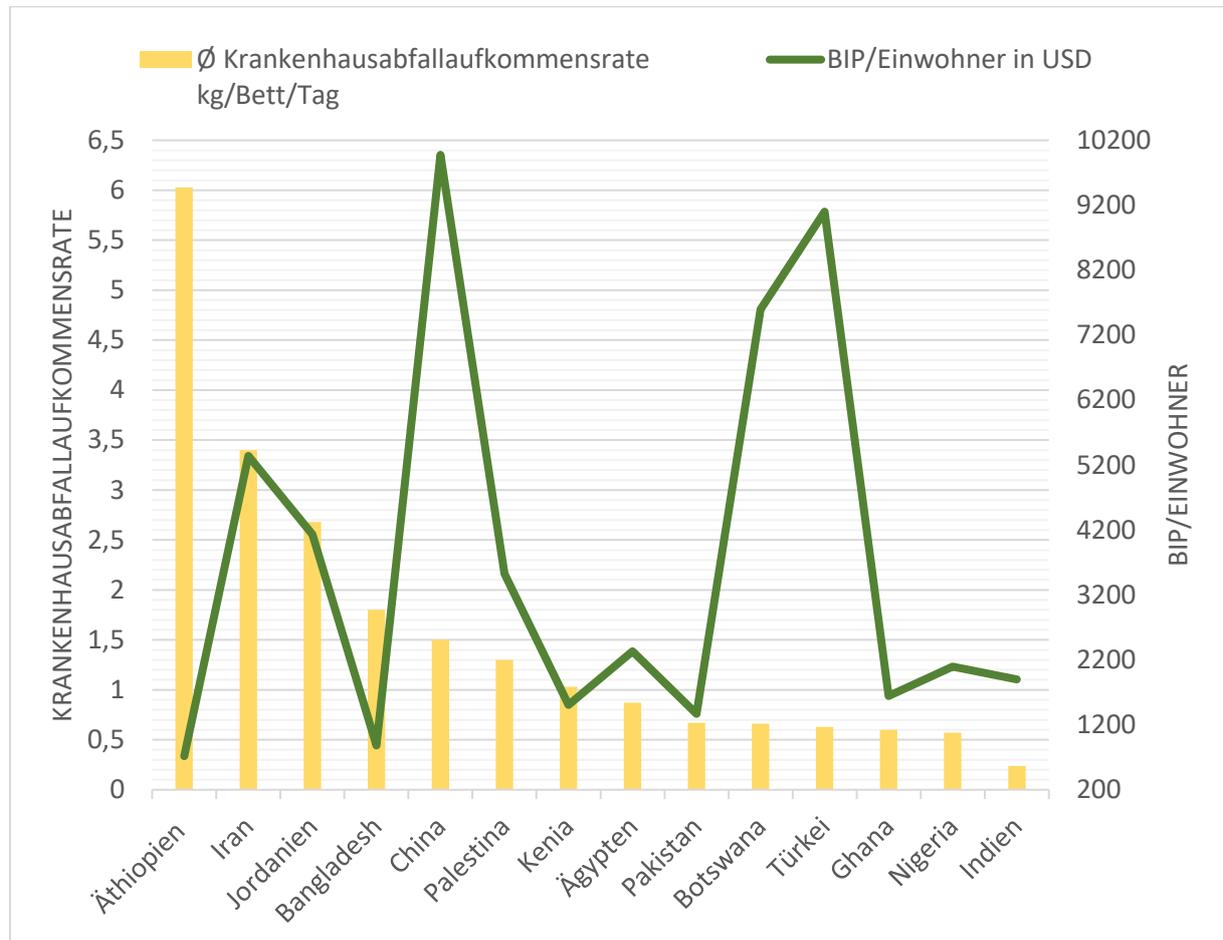


Abbildung 3 - Pro-Kopf-BIP und Krankenhausabfallrate der verschiedenen Entwicklungs- und Schwellenländer (eigene Darstellung nach Ansari et al., 2019)

Ansari et al. (2019) untersuchten in ihrer Studie die Korrelation des Pro-Kopf-BIP und der durchschnittlichen Rate des Gesamtaufkommens von Krankenhausabfällen, indem sie mehrere Fallstudien der Länder analysierten und diese angepasst auf das Erscheinungsjahr der Studie in Vergleich zu dem Pro-Kopf-BIP setzten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt und zeigen, dass Länder mit einem hohen Pro-Kopf-BIP wie Iran und China auch eine hohe durchschnittliche Krankenhausabfallaufkommensrate haben, nämlich zwischen 3,4 und 1,5 kg/Bett/Tag, im Gegensatz zu Ländern mit einem niedrigeren Pro-Kopf-BIP wie Ghana, Nigeria und Indien, in welchen das Abfallaufkommen zwischen 0,6 und 0,3 kg/Bett/Tag schwankt. Die indischen Daten stammen aus dem Bundesstaat Uttarakhand und wurden vom Komitee zur Bekämpfung der Gesundheitsverschmutzung (MPCC) veröffentlicht. Für die Bettenzahl wurde ein Durchschnittswert herangezogen, da keine vollständigen Daten verfügbar waren (Thakur und Anbanandam, 2017). Die Korrelationsanalyse der Autor*innen Ansari et al. (2019) zeigte jedoch einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Pro-Kopf-BIP und der durchschnittlichen Krankenhausabfallaufkommensrate ermittelt durch den Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman und bestätigten somit je höher das Pro-Kopf-BIP des Landes desto höher auch die durchschnittlichen Krankenhausabfallaufkommensrate.

Das afrikanische Entwicklungsland Äthiopien sticht mit einem besonders hohen Aufkommen an medizinischen Abfällen heraus (siehe Abbildung 3). In der Studie wurden 10 Gesundheitseinrichtungen durch Zufallsprinzip genauer untersucht und pro Einrichtung

sieben Tage lang der gesamte medizinische Abfall gesammelt und dokumentiert (Tadesse und Kumie, 2014). Die Ergebnisse zeigten eine durchschnittliche Abfallmenge von $9,61 \pm 3,28$ kg/Tag, von denen $3,64 \pm 1,45$ kg/Tag allgemeine oder nicht gefährliche Abfälle und $5,97 \pm 2,31$ kg/Tag gefährliche Abfälle waren. Die durchschnittliche Abfallmenge zwischen den Gesundheitszentren war signifikant unterschiedlich. Ansari et al. (2019) haben offenbar in der Veranschaulichung ihrer Daten für Äthiopien fälschlicherweise die gesamte Abfallmenge pro Tag pro Krankenhaus herangezogen und nicht auf die Bettenzahl heruntergerechnet, wie in ihrer Studie beschrieben. Das erklärt die auffallend hohen Mengen im Vergleich zu den anderen Entwicklungsländern. Eine weitere Studie in Äthiopien untersuchte ebenfalls 10 Gesundheitseinrichtungen und sammelte in acht aufeinander folgenden Tagen die Abfälle der Gesundheitseinrichtungen (Azage und Kumie, 2014). Sie kamen jedoch zu einem Ergebnis von einer durchschnittlichen Abfallmenge von $1,79 \pm 0,54$ kg pro Tag, und es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gesundheitszentren (Azage und Kumie, 2014). Tadesse und Kumie (2014) erläutern, dass die unterschiedlichen Schätzungen über das Abfallaufkommen in Äthiopien vor allem auf die mangelnde Trennung als auch die fehlenden institutionellen Vorkehrungen sowie die mangelnde Kontrolle der Behörden zurückzuführen sind.

Im Sudan lag die geschätzte durchschnittliche Erzeugungsrate medizinischer Abfälle 2009 und 2012 zwischen 0,38 und 0,87 kg/Bett/Tag, jedoch variiert die Abfallmenge von einer Gesundheitseinrichtung zur anderen (Hassan et al., 2018). Zu ähnlichen Ergebnissen ist eine Studie in der Republik Südafrika gekommen, mit einer durchschnittlichen Menge von 0,6 kg pro Patient*in und Tag (Nemathaga et al., 2007). Im asiatischen Raum berichtet die nepalesische Regierung (2020) von einem durchschnittlichen medizinischen Abfallaufkommen im Bereich von 0,99 bis 1,73 kg pro Bett pro Tag, der Anteil der gefährlichen Abfälle liegt bei 0,33 bis 0,59 kg pro Patient*in pro Tag.

Zusammenfassend sind alle Daten zum durchschnittlichen medizinischen Abfallaufkommen aus den Fallstudien, so wie die prozentualen Anteile der Abfallkategorien gefährlicher Abfall und nicht gefährlicher Abfall in Tabelle 2 dargestellt.

Für Wuhan, China, veranschaulicht eine Studie, dass die medizinischen Abfälle auf Grund der COVID-19-Pandemie stark gestiegen sind. In Zeiten sehr hoher Infektionszahlen war der tägliche Entsorgungsbedarf fünfmal höher als im Durchschnitt vor Ausbruch der Pandemie (Chen et al., 2021). Das Risiko zu stark ansteigender Abfallmengen im medizinischen Bereich aufgrund der COVID-19-Pandemie sieht Köberlein nicht (persönliche Mitteilung, 2022). Denn in diesen Ländern ist das medizinische System noch immer privatwirtschaftlich geregelt, und viele Patient*innen können sich eine Behandlung in diesen Gesundheitseinrichtungen nicht leisten.

Die WHO (2014) warnt, dass Daten zum Abfallaufkommen aus anderen Ländern mit Vorsicht zu verwenden sind, da es selbst innerhalb eines Landes große Schwankungen gibt und viele Faktoren das Abfallaufkommen beeinflussen. Sie sollten nur als Richtwert und als Beispiel dienen. Eine Erhebung vor Ort, selbst in einem begrenzten Ausmaß, ist einem Vergleich von Daten aus anderen Ländern vorzuziehen, um eine detaillierte Planung sowie Budgetierung zu erstellen (WHO, 2014). Oft werden für die Schätzung oder Berechnung des medizinischen Abfallaufkommens in Entwicklungsländern bloß die in Krankenhäusern oder Kliniken anfallenden Abfälle analysiert. Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) erklärt, dass es in Afrika, speziell in Kamerun, pro Bezirk oder Gebiet nur ein Krankenhaus gibt, in welchem sämtliche medizinischen Leistungen angeboten werden, vom Zahnarzt bis zur Entbindungsstation. Auch Monchungong (2011) schreibt, dass bei den Daten für das medizinische Abfallaufkommen speziell in Entwicklungsländern nur ein begrenzter Teil der Gesundheitseinrichtungen dazu beiträgt, da die Daten von privaten Arztpraxen, Zahnärzten, Tierärzten, Laboren, Langzeitpflegeeinrichtungen und Blutbanken unzuverlässig und oft nicht verfügbar sind.

Tabelle 2 - durchschnittliche Aufkommen medizinischer Abfälle, Anteil gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle pro Land (eigene Darstellung nach Ansari et al. 2019; Hassan et al., 2018; Azage und Kumie, 2014; Nemathaga et al., 2007; nepalesische Regierung, 2020)

	Ø Aufkommen (kg/Bett/Tag)	nicht gefährlicher Abfall (%)	gefährlicher Abfall (%)
<u>Iran</u>	3,4	40	60
<u>Jordanien</u>	2,68	74	26
<u>Bangladesch</u>	1,8	79	21
<u>Äthiopien</u>	1,79	52	48
<u>China</u>	1,5	70	30
<u>Nepal</u>	1,36	66	34
<u>Palästina</u>	1,3	80	20
<u>Kenia</u>	1,03	35	65
<u>Ägypten</u>	0,87	61	40
<u>Sudan</u>	0,62	keine Angaben	keine Angaben
<u>Pakistan</u>	0,67	75	25
<u>Botswana</u>	0,66	50	50
<u>Türkei</u>	0,63	59	41
<u>Ghana</u>	0,6	90	10
<u>Südafrika</u>	0,6	60	40
<u>Nigeria</u>	0,57	58	42
<u>Indien</u>	0,24	35	65

3.3. Rechtliche Rahmenbedingungen

Für die richtige Behandlung der verschiedenen Abfallkategorien, die Trennung, Sammlung, Lagerung, Handhabung sowie die Entsorgung und den Transport medizinischer Abfälle, sollte ein nationales gesetzliches Regelwerk die Grundlage bilden. Das Thema Gesundheit ist grundsätzlich eine staatliche Aufgabe. Einerseits gilt es, das öffentliche Gesundheitswesen aufrechtzuerhalten, und andererseits ist es die Aufgabe des Staates, die Infrastruktur für Krankenhäuser zu schaffen, damit das Gesundheitswesen nachhaltig funktionieren kann (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Die WHO (2014) fordert, dass diese Gesetze sowohl die Ressourcen als auch die kulturellen Aspekte der Abfallbehandlung in dem jeweiligen Land berücksichtigen, und empfiehlt eine schrittweise Umsetzung der Maßnahmen insbesondere dort, wo der bestehende Zustand der Abfallentsorgung unzureichend ist. Rechtliche Vorgaben vom Staat in Bezug auf den Umgang mit medizinischen Abfällen sind ein wesentliches Instrument, um ein Abfallsystem ganzheitlich zu etablieren (Danner, persönliche Mitteilung, 2022).

Folgende Elemente sollten in der nationalen Regulierung enthalten sein (WHO, 2014):

1. eine klare Definition des Begriffes „gefährliche medizinische Abfälle“ und die dazugehörigen Kategorien
2. eine genaue Erläuterung der rechtlichen Verpflichtungen des Erzeugers der medizinischen Abfälle hinsichtlich der sicheren Handhabung und Entsorgung
3. Vorgaben für die Führung von Aufzeichnungen und der Berichterstattung
4. Festlegung von Genehmigungs- oder Zulassungsverfahren für Abfallbehandlungssysteme
5. Vorgaben für ein Kontrollsystem und regelmäßige Inspektionen, um die Durchführung der rechtlichen Maßnahmen zu gewährleisten und Sanktionen für widerwilliges Verhalten
6. Benennung der zuständigen Gerichte für die Behandlung von Fällen bei Nichteinhaltung der rechtlichen Vorgaben.

In Entwicklungs- und Schwellenländern ist die rechtliche Situation betreffend den Umgang mit medizinischen Abfällen oft nicht eindeutig und ausbaufähig im Vergleich zu Industrieländern, wo es Richtlinien auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene gibt, die eine ordnungsgemäße Entsorgung von medizinischen Abfällen ermöglichen (Olaniyi et al., 2018).

Eine Vielzahl an Studien zeigen, dass in Ländern, in denen es keine rechtlichen Vorgaben für den Umgang mit medizinischen Abfällen gibt, oft die Praxis auch mangelhaft ist, da die Gesundheitseinrichtungen keine Verpflichtung verspüren die Vorgehensweisen für die Entsorgung medizinischer Abfälle einzuhalten (Maseko, 2014). Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) erläutert, dass die Regierungen in Entwicklungs- und Schwellenländern eine solide Basisstrategie für den Gesundheitssektor und den Umgang mit medizinischen Abfällen vorgeben sollten, doch müssen anschließend die Gesundheitseinrichtungen selbst für die Kosten aufkommen, wodurch die Thematik oft vernachlässigt wird. Danner (persönliche Mitteilung, 2022) ergänzt ebenfalls, dass eine gesetzliche Regulierung oft nicht die Situation in den Entwicklungsländern verbessert, sondern diese es oft auch schwerer machen, eine leistbare Lösung für die Entsorgung der medizinischen Abfälle zu finden. Auch Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022) betont, dass die Gesetzgebung operationalisiert werden muss, um sie auf Ebene einzelner Kliniken und Krankenhäuser oder Gesundheitszentren umsetzen zu können.

Der Mangel an einer nationalen legislativen Grundlage sollte jedoch nicht die Gesundheitseinrichtungen und ihr Personal daran hindern, die Initiative zu ergreifen und die Abfallwirtschaft im Gesundheitswesen zu verbessern (WHO und Weltbank, 2005). Auch Hilfsorganisationen können dazu beitragen, dass Krankenhäuser Richtlinien einführen und einen Management-Plan für medizinische Abfälle haben (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Um jedoch einen längerfristigen Fortschritt zu erzielen, sind Vorgaben der Regierung notwendig; auch wenn einzelne Krankenhäuser sich bemühen, ein zielführendes Abfallentsorgungssystem einzuführen, ist dies keine flächendeckende Maßnahme (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). Doch kann in vielen Fällen der lokale freiwillige Fortschritt im Umgang mit Abfällen die nationale Regierung beeinflussen, um die gesetzlichen Gegebenheiten anzupassen, damit andere Gesundheitseinrichtungen dem Beispiel folgen können (WHO und Weltbank, 2005).

Das Fehlen klarer Richtlinien ist eine der größten Herausforderungen für die Behandlung und Entsorgung medizinischer Abfälle. Maseko (2014) analysierte den Umgang mit medizinischen Abfällen von 22 Entwicklungsländern und kam zum Ergebnis, dass eine signifikant hohe Anzahl von Krankenhäusern und Kliniken keine Richtlinien eingeführt beziehungsweise umgesetzt haben. Dieses Phänomen ist in den Entwicklungs- und Schwellenländern sehr weit verbreitet, da oft der staatliche Kontrollmechanismus fehlt. Dies liegt einerseits am Mangel der Kapazitäten und an der Einstellung und dem Zusammenspiel der Akteure (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Die meisten afrikanischen Entwicklungsländer haben keine

geltenden Rechtsvorschriften für den Umgang mit medizinischen Abfällen (Zafar, 2019). Zusammenfassend sind die Erkenntnisse zu den vorhandenen nationalen Gesetzgebungen in Afrika betreffend medizinische Abfälle in Tabelle 3 abgebildet, einige der afrikanischen Länder haben das Stockholmer Übereinkommen unterzeichnet. Diese Übereinkunft ist eine völkerrechtlich bindende Verbots- und Beschränkungsmaßnahme sowie Emissionsreduktion von bestimmten langlebigen organischen Schadstoffen, POPs (Weber, 2001). Dies führte dazu, dass die afrikanischen Länder einige wenige entsprechende Gesetze erließen (Zafar, 2019), doch konnten Ghana, Lesotho und Gambia noch keinen nationalen Richtlinien im Umgang mit medizinischen Abfällen implementieren (siehe Tabelle 3).

Obwohl Nigeria bereits Richtlinien für die Entsorgung von Abfällen aus dem Gesundheitswesen eingeführt hat, zeigen die Ergebnisse von Longe und Williams (2006) in Lagos, Nigeria, dass die Krankenhäuser in ihrer Studie sich nicht an die rechtlichen Gegebenheiten hielten und die medizinischen Abfälle über das kommunale Sammelsystem auf offenen Deponien entsorgten. Spätere Nachforschungen in den Gesundheitseinrichtungen in Lagos verdeutlichen nochmals die rechtliche Situation, indem bei den untersuchten Krankenhäusern keine dokumentierten Richtlinien auffindbar waren und somit keine klaren Pläne und Strategien für das Abfallmanagement vorlagen (Awodele et al., 2016). Bei weiteren Erhebungen konnten Awodele et al. (2016) selbst im zuständigen Gesundheitsministerium keine Vorgaben für den korrekten Umgang mit medizinischen Abfällen auffinden, was auf große rechtliche Lücken sowohl auf lokaler Ebene und auch auf Staatsebene hindeutet. Im Bundestaat Kebbi, Nigeria, zeigen Studien, dass von den untersuchten Gesundheitseinrichtungen bloß 25 % Richtlinien für den Umgang mit medizinischen Abfällen in ihrer Anstalt haben, und von jenen, welche Vorgaben besitzen, wiederum 30 % starke Probleme bei der Implementierung aufweisen (Omoleke et al, 2021).

Tabelle 3 - afrikanische nationale Gesetzgebungen & Stockholmer Übereinkommen (eigene Darstellung nach Sekretariat des Stockholmer Übereinkommens, 2019; Awodele et al., 2016; kenianische Regierung, 2011; Zafar, 2019)

Land	Nationale Gesetzgebung	Stockholmer Übereinkommen
<u>Eritrea</u>	nicht vorhanden	nicht unterzeichnet
<u>Lesotho</u>	nicht vorhanden	unterzeichnet
<u>Ghana</u>	nicht vorhanden	unterzeichnet
<u>Kenia</u>	vorhanden - <i>Nationale Richtlinien für den sicheren Umgang mit medizinischen Abfällen</i>	unterzeichnet
<u>Nigeria</u>	vorhanden - <i>Nationale Richtlinien für die Entsorgung von Abfällen aus dem Gesundheitswesen</i>	unterzeichnet
<u>Gambia</u>	nicht vorhanden	unterzeichnet
<u>Togo</u>	vorhanden – für giftige biomedizinische Abfälle und Krankenhausabfälle	unterzeichnet

In den asiatischen Entwicklungs- und Schwellenländern hingegen ist die rechtliche Lage stark von den Ressourcen abhängig. Ressourcenbeschränktere Länder haben nur wenige Gesetze sowie limitierte Regulierungsbehörden, um diese durchzusetzen (Khan et al., 2019). In Tabelle 4 sind jene asiatischen Länder abgebildet, welche bereits Vorschriften im Umgang mit medizinischen Abfällen erlassen haben.

Tabelle 4 – Gesetzgebungen zu medizinischen Abfällen in Asien und die gesetzgebenden Behörden (eigene Darstellung nach Khan et al., 2019)

Land	Gesetzgebende Behörde	Gesetzgebung
<u>Indien</u>	Ministerium für Umwelt und Wälder	Bio-medizinische Abfälle (Management und Handhabung) Regeln; 1998
<u>Laos</u>	Gesundheitsministerium	Verordnung über das Abfallmanagement im Gesundheitswesen; 2004
<u>Pakistan</u>	Umweltministerium	Regeln für die Entsorgung von Krankenhausabfällen; 2005
<u>Nepal</u>	Ministerium für Bevölkerung und Umwelt	Nationalen Standards und Verfahrensweisen für das Abfallmanagement im Gesundheitswesen; 2020
<u>Iran</u>	Gesundheitsministerium	Verordnung über die Entsorgung medizinischer Abfälle; 2008
<u>China</u>	Ministerium für Gesundheit und staatlichen Umweltschutz	Gesetz über die Kontrolle medizinischer Abfälle 380, Verordnung 287
<u>Türkei</u>	Ministerium für Umwelt und Wälder	Verordnung über die Kontrolle medizinischer Abfälle; 1993, 2005
<u>Saudi-Arabien</u>	Gesundheitsministerium	Vorschriften zum einheitlichen Gesetz über die Entsorgung von medizinischen Abfällen; 1998, 2005, 2019

In Nepal wurden im Jahr 2020 vom Ministerium für Gesundheit und Bevölkerung die „Nationalen Standards und Verfahrensweisen für das Abfallmanagement im Gesundheitswesen“ veröffentlicht, in jenen Standards werden medizinische Abfälle nach WHO-Standards definiert sowie kategorisiert, und die Behandlungsmöglichkeiten für medizinische Abfälle werden genauer erläutert (nepalesische Regierung, 2020). Diese rechtlichen Entwicklungen findet Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022) besonders positiv, da sich die Regierungen mit den WHO-Empfehlungen und Vorgaben auseinandersetzen und versuchen, diese rechtlich zu verankern, um den negativen Auswirkungen durch den unsachgemäßen Umgang entgegenzuwirken. Ebert (persönliche Mitteilung, 2022) betont in Bezug auf die nepalesischen Richtlinien, dass diese nicht nur positive Auswirkungen haben. Viele kleinere Gesundheitseinrichtungen können diese nicht ordnungsgemäß umsetzen, da es oft an finanziellen Mitteln mangelt, vor allem dann, wenn die Priorität von Investitionen eher in der Gesundheitsversorgung liegt, anstatt beim Abfallmanagement (Ebert, persönliche Mitteilung, 2022). Zudem zeigt sich, dass die Gesundheitseinrichtungen selbst oft nicht genug

Kenntnis bezüglich der staatlichen Vorgaben haben. An einem Beispiel wie in Nepal wurde die Gesundheitseinrichtung erst dann mit der aktuellen Richtlinie konfrontiert, als sie die Genehmigung für den Bau einer neuen Behandlungsanlage einholte (Danner, persönliche Mitteilung, 2022).

In Indien wurde im Jahr 2016 die Regelung für die Behandlung und Entsorgung biomedizinischer Abfälle erweitert, diese schränkt die Nutzung von Anlagen vor Ort ein, wenn in einem Umkreis von 75 km eine geeignete Behandlungsanlage verfügbar ist (Zafar, 2019). Jedoch gibt es in Indien (Zafar, 2019) sowie in anderen asiatischen Entwicklungsländern Hinweise, dass die Rechtsvorschriften dennoch nicht eingehalten werden und dass diese auch keinem Monitoring unterzogen werden (Khan et al, 2019). Der indische Experte Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) erläutert, dass die Gesetzgebung allein nicht ausreichend ist, wenn es anschließend an der Umsetzung der Gesetze scheitert. Die Krankenhausbesitzer*innen nehmen die Vorgaben nicht ausreichend ernst und die Regierung verfolgt die Umsetzung auch nicht sehr vehement (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022).

Das Schwellenland Saudi-Arabien liefert ein gutes Beispiel, dass die Integration von politischen Maßnahmen und Richtlinien funktionieren kann. Neben den Vorschriften (siehe Tabelle 4) hat die Regierung ein saudisches Abfallwirtschaftszentrum gegründet, mit dem Ziel, die Abfallentsorgung zu organisieren und diese auch zu überwachen. Dieses Zentrum agiert auch als Regulierungsbehörde (Alharbi et al., 2021).

3.4. Finanzierung

Um ein nachhaltiges und angemessenes System für die Entsorgung und Behandlung der medizinischen Abfälle schaffen zu können, ist ein Budget unerlässlich. Ein fehlender Kostenplan wird mögliche Verbesserungen im Umgang mit den medizinischen Abfällen erheblich einschränken (WHO, 2014). Die Finanzierung für die Abfallentsorgung kann entweder privat oder durch den Staat beziehungsweise den öffentlichen Sektor erfolgen. Für öffentliche medizinische Einrichtungen kann die Regierung mittels Steuer- oder Versicherungseinnahmen die Finanzierung übernehmen. Bei privaten Einrichtungen kann der Staat nur vorschreiben, Abfallbewirtschaftungssysteme einzuführen (WHO, 2014). Die Kosten für die Abfallentsorgung in einer privaten Einrichtung können mittels stationärer und ambulanter Gebühren, durch private und staatliche Versicherungsleistungen, Zuschüsse, Spenden, Lebensmittelverkäufe und andere Einnahmequellen gedeckt werden (WHO, 2014). Die WHO (2014) gibt vor, dass das geplante Budget mindestens die Kosten für Boxen für scharfe und spitze Gegenstände, Säcke und Behältnisse für die Trennung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen, für die Abfallbehandlung und Entsorgung wie auch für Reparaturen und Wartungen, abdecken soll.

Speziell in Entwicklungs- und Schwellenländern stellt die Finanzierung oft eines der größten Probleme im Umgang mit medizinischen Abfällen dar. Denn die Schaffung einer Infrastruktur und angemessener Qualitätsstandards kostet viel Geld und es stellt sich oft die Frage, wie eine Gesundheitseinrichtung ein so hochqualitatives System finanziert (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). In den Entwicklungsländern ist das in der Regel nur möglich, wenn der Staat mit Subventionen dazu beiträgt. Denn durch die Beiträge der Patient*innen oder der Versicherungsnehmer*innen werden diese Kosten grundsätzlich nicht gedeckt (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Oft jedoch setzt der Staat keine Priorität auf die Behandlung und Entsorgung medizinischer Abfälle, da er mit vielen finanziellen Problemen, unter anderem auch Korruption, zu kämpfen hat (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). Ebenso wird das vorhandene Budget der Gesundheitseinrichtungen bevorzugt in medizinisches Equipment und die Versorgung der Patient*innen investiert als in das Abfallmanagement (Danner, persönliche Mitteilung, 2022). Dies bestätigt auch Zafar am Beispiel von Indien (persönliche Mitteilung, 2022), viele der großen Krankenhäuser verdienen sehr gut, vernachlässigen jedoch die Abfallentsorgung. Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022) berichtet aus seinen

Erfahrungen in Indien, dass moderne hochqualitative Krankenhäuser die Kosten für die Abfallentsorgung und Beseitigung bereits in die Behandlungskosten miteinberechnen. Doch in einem staatlichen Krankenhaus, wo die Behandlungskosten nur einen Bruchteil ausmachen, reichen die Einnahmen schlussendlich nicht aus, um ein Abfallsystem aufzubauen. Hierfür sind Subventionen und eine staatliche finanzielle Hilfestellung unerlässlich (Köberlein persönliche Mitteilung, 2022)

Ein großes Thema bei der Finanzierung des Gesundheitssystems ist in vielen Ländern leider die Korruption, wie zum Beispiel in Kamerun, berichtet Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022). Das Personal des Provinz-Krankenhauses hat kein Vertrauen beziehungsweise auch keine Erwartung, dass die Regierung es mittels Subventionen unterstützt, und so konnte eine neue Verbrennungsanlage nur mit Spendengeldern der deutschen Entwicklungshilfe finanziert werden. Häufig wird der Bau von Behandlungsanlagen und die Einführung eines Abfallwirtschaftssystems in den Gesundheitseinrichtungen durch Hilfsorganisationen gefördert, doch laufende Betriebskosten und Wartungen stellen anschließend eine neue Herausforderung dar, und dieses Thema der Folgefinanzierung wird oft vernachlässigt (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022).

Ebenfalls betont Hocheder, dass beispielsweise in Simbabwe die meisten Projekte in Bezug auf medizinische Abfallentsorgung und Behandlungsanlagen durch Spenden finanziert werden, oft auch in Partnerschaft mit der Kirche, da viele Krankenhäuser im Eigentum der Kirche sind (persönliche Mitteilung, 2022).

Auch der Bau einer Behandlungsanlage von *Technik ohne Grenzen* in Nepal wird gänzlich durch eine Schweizer Organisation finanziert, welche grundsätzlich die Gesundheitseinrichtung fördert (Danner, persönliche Mitteilung, 2022).

3.5. Sammlung, Lagerung & Transport medizinischer Abfälle

3.5.1. Abfalltrennung & Sammlung

Die ordnungsgemäße Sammlung von medizinischen Abfällen und ihre Trennung in gefährliche und nicht gefährliche Bestandteile ist einer der wichtigsten Aspekte im Umgang mit medizinischen Abfällen. Die Trennung ermöglicht eine Reduzierung der anfallenden Menge an infektiösem Abfall, welcher einer strengen Behandlung bedarf, und mindert das Risiko der Übertragung von Infektionen für die Mitarbeiter*innen im Gesundheitswesen sowie das Risiko jeder weiteren Kontaktperson. Laut WHO (2014) liegt die Verantwortung der sachgerechten Trennung medizinischer Abfälle beim Abfallerzeuger, unabhängig von der Funktion in der Einrichtung. Die Abfalltrennung sollte so nah wie möglich am Abfallentstehungsort, wie beispielsweise am Krankenbett, im Labor oder im Operationssaal, durchgeführt werden (WHO, 2014).

Folglich sollte eine angemessene Abfalltrennung im Gesundheitswesen die angeführten Punkte erfüllen (WHO und Weltbank, 2005):

1. der medizinische Abfall sollte in Behältern, wie Tonnen, Boxen oder robusten Einwegbeuteln aufbewahrt werden
2. die Behältnisse sollten stets abgedeckt sein, um den Kontakt mit Außenluft zu vermeiden
3. „scharfe und spitze Gegenstände“ und potentiell infektiöser Abfall sollten in jedem Raum, beziehungsweise Bereich, gesondert gesammelt und gelagert werden, in gegebener Entfernung zu Patient*innen
4. für die Unterscheidung der Abfallarten (speziell gefährlich und nicht gefährlich) sollten ein Farbcodierungssystem sowie eindeutige Symbole und Kennzeichnungen auf den Behältnissen und Beuteln eingeführt werden

Das einfachste System und gleichzeitig das Mindestmaß an Sicherheit für Personal und Patient*innen ist das „Drei-Behälter-System“, in welchem nach nicht gefährlichen, potenziell gefährlichen Abfällen und scharfen bzw. spitzen Gegenständen getrennt wird (WHO, 2014).

Die Farbcodierung der Behälter und Säcke für die Abfallströme aus dem medizinischen Bereich sind von Land zu Land unterschiedlich und verdeutlichen einen Mangel an Standardisierung, der vor allem die Mitarbeiter*innen im Gesundheitswesen vor organisatorische Hürden stellt (Windfeld und Brooks, 2015). Im Idealfall sollte das gleiche System im ganzen Land gelten, dies hängt jedoch von den nationalen Rechtsvorschriften ab, welche ein Farbcodierungssystem für die Abfallbehälter vorschreiben sollten (WHO, 2014). Die WHO (2014) gibt ein Konzept für die Farbcodierung und Symbolik vor, für Länder in denen keine nationale Gesetzgebung geltend gemacht wurde, siehe Tabelle 5. Fehlende Vorgaben für die Sammlung sind ein Grund, weshalb unnötigerweise immer mehr Abfall vorsichtshalber im infektiösen und gefährlichen Abfallstrom entsorgt wird (Windfeld und Brooks, 2015). Viele der Entwicklungsländer orientieren sich an dem Trennsystem der WHO und versuchen dies in ihre Leitlinien zu integrieren (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

Tabelle 5 – Konzept eines effizienten Trennsystems (eigene Darstellung nach WHO, 2014)

Abfallkategorie	Farbcodierung & Markierungen	Behältnis-Art
<u>Hochinfektiöser Abfall</u>	Gelb, gekennzeichnet mit „HIGHLY INFECTIOUS“ inklusive Biogefährdungssymbol 	Robuster, auslaufsicherer Plastiksack oder autoklavierbares Behältnis
<u>Sonstiger infektiöser Abfall/ pathologischer Abfall</u>	Gelb, mit Biogefährdungssymbol 	auslaufsicherer Plastiksack oder Behältnis
<u>Scharfe und spitze Gegenstände</u>	Gelb, gekennzeichnet mit „SHARPS“ inklusive Biogefährdungssymbol 	Stichfestes Behältnis
<u>Chemischer und pharmazeutischer Abfall</u>	Braun, etikettiert mit entsprechendem Gefahrensymbol	Plastiksack oder festes Behältnis
<u>Radioaktiver Abfall</u>	Kennzeichnung mit Strahlensymbol	Bleibox
<u>Nicht gefährlicher Abfall</u>	Schwarz	Plastiksack

Besonders in Entwicklungs- und Schwellenländern ist die ordnungsgemäße Trennung der medizinischen Abfälle mit zahlreichen Herausforderungen verbunden. Weitgehend problematisch ist das hohe Infektionspotenzial für Patient*innen, Personal und die allgemeine Öffentlichkeit mit Krankheiten wie Typhus, Cholera, Hepatitis und AIDS (Zafar, 2019). Infektionen zeigen sich vor allem bei Stichverletzungen durch scharfe und spitze Gegenstände, aber auch durch nicht direkten Kontakt mit den medizinischen Abfällen zeigt sich ebenfalls eine Verbreitung durch die Luft, zum Beispiel Aerosole, oder auch durch Überträger wie Fliegen (WHO und Weltbank, 2005). Eine Studie der WHO (2005) wies darauf hin, dass im Jahr 2000 die Wiederverwendung von Spritzen die Ursache für 33 % der

Neuinfektionen des Hepatitis-B-Virus und 40 % der Neuinfektionen des Hepatitis-C-Virus in Entwicklungs- und Schwellenländer war. Im Rahmen von Impfprogrammen wird bereits auf die sorgfältige Trennung geachtet. So ist es vorgesehen, dass Spritzen, Nadeln und andere kontaminierte Gegenstände in einer undurchsichtigen und widerstandsfähigen Box mit 5 - 20 Liter Fassungsvermögen gesammelt werden, bis diese zu 75 % gefüllt ist (Diaz et al., 2005). Anschließend werden sie der Behandlung zugeführt.

Nicht nur fehlende Rechtsvorschriften sind verantwortlich dafür, dass die medizinischen Abfälle nicht sorgfältig getrennt werden, sondern auch mangelndes Bewusstsein und unzureichenden Schulungen des Personals (Mochungong, 2011). Besonders in afrikanischen Entwicklungsländern zeigt sich eine inadäquate Trennung der medizinischen Abfälle. Die Ergebnisse der Trennsystem in den unterschiedlichen Gesundheitseinrichtungen der Entwicklungs- und Schwellenländer sind zusammengefasst in Tabelle 6 dargestellt. Besonders das Fehlen eines Abfallmanagementplans für den Umgang mit medizinischen Abfällen in den Gesundheitseinrichtungen hat zur Folge, dass nicht gefährliche und gefährliche Abfälle gemischt gesammelt werden (Mochungong, 2011). Hohe Mengen an gefährlichen Abfällen in den Entwicklungsländern deuten oft auf unzureichende Trennungssysteme hin, wie es auch in Ägypten der Fall ist (Chrisholm et al. 2021

Hocheder berichtet (persönliche Mitteilung, 2022) aus Simbabwe, dass die Krankenhäuser grundsätzlich ein System zur Trennung von infektiösen und nichtinfektiösen Abfällen eingerichtet haben. Das Trennsystem ist jedoch nur für die Risikominimierung beim Transport relevant, da anschließend alle Abfälle im Verbrennungsofen vor Ort landen. Zudem gab es im Frühjahr 2022 eine Knappheit an Müllsäcken, sodass die Abfalleimer bis zur Entsorgungsstelle getragen und entleert wurden, große Abfallbehälter mit infektiösem Material wurden anschließend gereinigt (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022).

Ein ähnliches Bild zeigte sich in Kamerun, Hutzler berichtet (persönliche Mitteilung, 2022), dass im Zuge des Projektes das Personal dahingehend geschult wurde, Papier, leichte Kunststoffe und infektiösen Abfall getrennt in Tonnen zu sammeln. Es entstand bei der Entleerung jedoch das Problem, dass die getrennten Abfälle im Plastiksack teilweise wieder zusammengemischt wurden (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). Die Plastiksäcke wurden anschließend mit eigens angefertigten Schildern beschriftet und in einer Holzhütte gesammelt. Bezüglich der Vermischung wurde im weiteren Verlauf des Projektes nochmal nachgeschult (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022).

Primär sind das Reinigungspersonal sowie die Krankenpfleger*innen in den Gesundheitseinrichtungen für die Sammlung und Trennung der anfallenden medizinischen Abfälle zuständig (Longe und Williams, 2006). Die Ergebnisse der Untersuchungen von Longe und Williams (2006) zeigen, dass 3 von 4 Krankenhäusern darauf achten, „scharfe und spitze Gegenstände“ und „infektiösen Abfall“ mittels Farbcodierung korrekt zu trennen (Longe und Williams, 2006). Eines der öffentlichen Krankenhäuser hatte kein Trennungssystem und eines der privaten Krankenhäuser hatte das effizienteste; eine Farbcodierung wurde umgesetzt, rot für „scharfe und spitze Gegenstände“ und kaputtes Glas, Nadeln und Spritzen wurden extra in einem grünen Behältnis gesammelt und in blauen Behältern Abfall, der mit Blut verunreinigt wurde (Longe und Williams, 2006). Eine Befragung des Personals der Krankenhäuser in Lagos zeigt, dass zwei Drittel der Befragten den nicht gefährlichen und gefährlichen Abfall richtig kategorisieren konnten, was zu einer sachgerechten Abfalltrennung führt (Awodele et al., 2016). Der Staat Lagos fördert im Vergleich zur nigerianischen Bundesregierung stärker das medizinische Abfallmanagement mit Hilfe von Interventionsprogrammen und Fortbildungen (Awodele et al., 2016).

Tabelle 6 - Ergebnisse der untersuchten Trennsysteme in den Gesundheitseinrichtungen pro Land (eigene Darstellung)

Land	Trennsystem in den untersuchten Gesundheitseinrichtungen	Quelle
<u>Nigeria</u>	Trennung von gefährlichen Abfällen, nicht gefährlichen Abfällen und scharfen & spitzen Gegenständen kein Farbcodierungssystem kein Behältersystem	<i>Omoleke et al., 2021</i> <i>Ansari et al., 2019</i> <i>Maseko, 2014</i>
<u>Lagos, Nigeria</u>	regionales Trennsystem: rot= scharfe & spitze Gegenstände blau = mit Blut verunreinigt grün = Altglas, Metall vorhandenes Farbcodierungssystem & Behältersystem	<i>Longe & Williams, 2006</i> <i>Awodele et al., 2016</i>
<u>Burundi</u>	Trennung von scharfen & spitzen Gegenständen kein Farbcodierungssystem kein Behältersystem	<i>Niyongabo et al. 2019</i>
<u>Simbabwe</u>	Trennung von infektiösen und nicht infektiösen Abfällen teilweise eingeführtes Farbcodierungssystem (z.B. rot = infektiös) Stichfestes Behältnis für scharfe & spitze Gegenständen	<i>Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>Kamerun</u>	Schulung zur Trennung infektiösen und nicht infektiösen Abfällen inkl. Kennzeichnung Stichfestes Behältnis für scharfe & spitze Gegenständen	<i>Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>Indien</u>	gesetzliches Farbcodierungssystem & Behältersystem: gelb = wird der Verbrennung zugeführt rot = wiederverwertbares Plastik blau = Altglas weiß = scharfe & spitze Gegenstände gefährliche Abfälle = schwarze Säcke nicht gefährliche Abfälle = gelbe Säcke	<i>Ganguly und Chakraborty, 2021</i> <i>Ansari et al., 2019</i> <i>Zafar, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>China</u>	Trennungssystem für: scharfen & spitzen Gegenständen, infektiöse Abfälle, Gewebeabfälle, chemische Abfälle und Arzneimittelabfälle vorhandenes Farbcodierungssystem & Behältersystem	<i>Yong et al., 2009</i>
<u>Bangladesch</u>	keine Trennung - Entsorgung durch das kommunale Abfallentsorgungssystem	<i>Patwary et al., 2011</i>
<u>Nepal</u>	keine Trennung kein Farbcodierungssystem kein Behältersystem	<i>Danner, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>Sudan</u>	keine Trennung kein Farbcodierungssystem kein Behältersystem	<i>Hassan et al., 2018</i>

Afrikanische Gesundheitseinrichtungen, welche ein Trennsystem eingeführt haben, stehen anschließend vor dem Problem der weiteren Entsorgung. Mochungong (2011) hat in Kamerun beobachtet, dass die Abfalltrennung am Entstehungsort bei den Stationen wirkungslos war, da anschließend im Hinterhof des Krankenhausgeländes alle Abfälle gemischt gesammelt und gelagert wurden. Ähnliche Ergebnisse zeigten Longe und Williams (2006) in Lagos. Die Krankenhäuser sammelten nach der Trennung alle Abfälle in großen schwarzen Säcken ohne Aufschrift für die weitere Behandlung, und diese wurden meist beim Entsorger oder auf der Deponie wieder zusammengemischt.

Die Trennsysteme der asiatischen Entwicklungs- und Schwellenländer sind ebenfalls in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Studien in Indien zeigen, dass die Vorschriften nicht immer eingehalten werden, und es an einer mangelnden Bereitschaft des medizinischen Personals liegt, dass die Abfälle nicht ordnungsgemäß getrennt werden (Maseko, 2014). Khan et al. (2019) thematisieren ebenfalls, dass in Indien bei der Logistikdienstleistung des Abfallentsorgers die zuvor getrennten Abfälle wieder mit normalem Restmüll vermischt werden, was das zuvor eingeführte Trennsystem ineffektiv macht. Der indische Experte Salman Zafar bestätigt (persönliche Mitteilung, 2022), dass die vorgeschriebene getrennte Sammlung von den Gesundheitseinrichtungen in Indien nicht praktiziert wird. Sie trennen nur in zwei Kategorien - gefährliche Abfälle: schwarze Säcke und nicht gefährliche Abfälle: gelbe Säcke.

In China ist die Trennung der medizinischen Abfälle gesetzlich vorgeschrieben. Bei den Untersuchungen von 15 chinesischen Krankenhäusern wurde festgestellt, dass 73 % der Einrichtungen ihren medizinischen Abfall getrennt sammeln: Infektiöse Abfälle wurden in gelben Säcken, Siedlungsabfälle in schwarzen Säcken, scharfe und spitze Gegenstände in Plastikbehältern und Arzneimittelabfälle wurden in ihren Originalverpackungen gesammelt (Yong et al., 2009). Mangelhaft war dennoch die Kennzeichnung der gesammelten Abfälle und stellte für das ungeschulte Personal eine Herausforderung dar, die medizinischen Abfälle zu identifizieren (Yong et al., 2009).

Auch im nepalesischen Projektkrankenhaus von *Technik ohne Grenzen* wird der medizinische Abfall zurzeit nicht getrennt, da es über keine Behandlungsanlage verfügt und der Abfall in einer Grube gesammelt wird, daher wird eine Trennung als vergeblich angesehen (Danner, persönliche Mitteilung, 2022). In Bangladesch wie auch in Sudan zeigte sich, die meisten der Einrichtungen keine Abfalltrennung durchführen, sondern sie diese zu kommunalen Abfallbehältern, ohne jegliche Farbcodierungen und Zeichen, bringen (Patwary et al., 2011; Hassan et al., 2018). Dennoch sollte jeder ungetrennte Abfall aus dem medizinischen Bereich sicherheitshalber als gefährlich angesehen werden, die kann zu starken Schwankungen in der durchschnittlichen Gesamtmenge gefährlicher medizinischer Abfälle führen.

3.5.2. Infrastruktur & Transport

Der Transport von klinischen Abfällen in medizinischen Einrichtungen erfolgt auf zwei Arten: zum einen von der Quelle des Aufkommens zu einer Behandlungs- oder Entsorgungsanlage am Standort, zum anderen von der Quelle des Aufkommens zu einem Zwischenlager am Standort und schließlich zu einer Behandlungs- und Entsorgungsanlage außerhalb des Standorts (Mochungong, 2011). Speziell für den Transport der medizinischen Abfälle vor Ort sollte ein festgelegter Plan für Route und Zeit in der Gesundheitseinrichtung vorhanden sein, und das Personal sollte eine angemessene Schutzausrüstung wie Handschuhe, geschlossene Schuhe und Masken tragen (WHO, 2014). Awodele et al. (2016) verdeutlichen, dass besonders Sicherheitsschuhe oder Arbeitstiefel mehr gefördert werden sollten, da eine besondere Gefahr für Stichverletzungen im Fuß beim Transport scharfer und spitzer Gegenstände besteht. Für den Transport außerhalb der Gesundheitseinrichtung speziell für die gefährlichen Abfälle sollten nationale und internationale Regelungen zur Geltung kommen. Die WHO (2014) empfiehlt, falls keine Regulierungen vorhanden sind, dass sich die

zuständigen Behörden auf die veröffentlichten Empfehlungen der Vereinten Nationen zum Transport gefährlicher Abfälle beziehen.

Die WHO (2014) beschreibt in ihrem Bericht folgendes als ein Mindestmaß für den Transport von medizinischen Abfällen speziell für ressourcenärmere Länder:

1. gefährliche und nicht gefährliche Abfälle sollen getrennt und mindestens einmal am Tag abgeholt werden
2. die Abholung soll zuverlässig und zu regelmäßigen Zeiten erfolgen
3. die Abfallbehälter sowie Transportbehälter sollen verschlossen sein, um Patient*innen und die Öffentlichkeit zu schützen
4. für den Transport außerhalb der Krankenhäuser sollen verschlossene Container verwendet werden, und der Fahrer sollte für Zwischenfälle beziehungsweise Unfälle geschult sein
5. das Personal für den Transport soll grundimmunisiert gegen Hepatitis A und B, Polio und Tetanus sein
6. regelmäßige Reinigung und Wartung von Abfallbehältern, Transportbehältern und Fahrzeugen

Für die Entwicklungs- und Schwellenländer ist der Transport eine große Herausforderung, da keine angemessene Kontrolle des Abfalltransportes gewährleistet werden kann. Bei unsachgemäßer Handhabung besteht ein Risiko der Infektionsgefahr des Personals, sowie einer Kontamination der Umwelt. Um das Risiko zu minimieren, sind Behandlungsanlagen vor Ort der Gesundheitseinrichtung sinnvoll, da der Abfall unmittelbar desinfiziert wird (Zimmermann, 2018). Auch die Lagerung medizinischer Abfälle ist in ressourcenärmeren Ländern oft unzureichend, was dazu führt, dass die Abfälle oft tage- oder wochenlang angehäuft werden, wobei sie auch aufgrund fehlender baulicher Vorkehrungen den Witterungsbedingungen ausgesetzt sind (Maseko, 2014). In der Theorie sind auch in Entwicklungs- und Schwellenländern, wenn es die Gesetzgebung so vorsieht, die Gesundheitsämter oder Ministerien für den Transport zu einer Behandlungsanlage oder zur Deponie verantwortlich. Jedoch ist es schwer zu beurteilen, wie gut diese Systeme funktionieren (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022). Chrisholm et al. (2021) haben in ihrer Studie speziell folgende Probleme betreffend Infrastruktur und Transport festgestellt: mangelnde Lagerräume sowie anderweitige Nutzung der Lagerräume wie zum Beispiel für Reinigungs-ausrüstung, Transport der Behältnisse ohne Verschließung, Abholung erst bei vollständig gefüllten Behältnissen, das Fehlen von geeigneten Transportfahrzeugen und Transportbehältnissen, fehlende Schutzkleidung.

Die Ergebnisse der gegebenen Infrastruktur als auch die Transportmethoden innerhalb der Gesundheitseinrichtungen in den Entwicklungs- und Schwellenländern sind in Tabelle 7 ersichtlich. In südafrikanischen Krankenhäusern des Autors Maseko (2014) zeigte sich, dass Pathologische Abfälle in roten verschlossenen Eimern direkt von dem Gesundheitspersonal in die Bestattungsabteilung gebracht werden, was bei Verschüttung eine ernsthafte Gesundheitsgefahr für das medizinische Personal darstellt (Maseko, 2014). Die gesammelten medizinischen Abfälle der untersuchten Krankenhäuser wurden anschließend durch ein privates Abfallunternehmen weiter zur nächsten Behandlungsanlage oder Deponie transportiert, dazu lagen jedoch keine weiteren Daten und Informationen vor (Maseko, 2014).

In der Stadt Lagos wird der gesammelte medizinische Abfall ebenfalls von einem externen Abfallunternehmen ein- bis zweimal pro Woche von den Krankenhäusern abgeholt (Longe und Williams, 2006). Von den Stationen wird der Abfall zwei- bis dreimal täglich vom Reinigungspersonal abgeholt und in Säcken oder Behältern zum Zwischenlager transportiert (Longe und Williams, 2006). Derselbe Wagen oder Karren wird für jede Abfallkategorie genutzt, was das Risiko für Kreuzkontaminationen erhöht, und als Schutzausrüstung wurden lediglich Handschuhe verwendet (Awodele et al., 2016). Im nigerianischen Bundesstaat Kebbi zeigte sich im Gegensatz zu Lagos, dass weder das Ministerium noch eine öffentliche

Abfallwirtschaftsbehörde beim Transport bis hin zur Beseitigung der Abfälle einbezogen ist (Omoleke et al., 2021). Die medizinischen Abfälle wurden hauptsächlich von Krankenhausmitarbeiter*innen mittels Motorrad zu einem vorgegebenen Ort transportiert, wo anschließend der Abfall behandelt oder beseitigt wurde (Omoleke et al., 2021).

Tabelle 7 - Ergebnisse der gegebenen Infrastruktur & Transportmittel innerhalb der Gesundheitseinrichtungen pro Land (eigene Darstellung)

Land	gegebene Infrastruktur	Transportmittel innerhalb der GE	Quelle
<u>Südafrika</u>	Entsorgung durch externes Unternehmen städtische Behandlungsanlage & Deponie	per Hand Rollcontainer	<i>Maseko, 2014</i>
<u>Lagos, Nigeria</u>	Entsorgung durch externes Unternehmen (regelmäßige Abholung) städtische Behandlungsanlage & Deponie	Schubkarren Rollcontainer Transportwagen per Hand	<i>Longe und Williams, 2006</i> <i>Awodele et al., 2016</i>
<u>Kamerun</u>	Behandlungsanlage vor Ort	Schubkarren per Hand/Kopf	<i>Mochungong, 2011</i> <i>Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>Burundi</u>	externe Entsorgungsstelle	Schubkarren Nutzfahrzeuge	<i>Niyongabo et al., 2019</i>
<u>Simbabwe</u>	Behandlungsanlage vor Ort	per Hand	<i>Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022</i>
<u>China</u>	zentralen Entsorgungssystems (regelmäßige Abholung)	spezielle Transportmittel teilweise per Hand	<i>Yong et al. 2009</i>
<u>Bangladesch</u>	zentralen Entsorgungssystems	keine Angaben	<i>Reza und Akter, 2018</i>
<u>Sudan</u>	Entsorgung durch externes Unternehmen (unregelmäßig Abholung)	per Hand	<i>Hassan et al., 2018</i>

Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) erläutert ergänzend in Kamerun, dass alle Kategorien von Abfällen von den Fachkräften eingesammelt und weiter zur Sammelstation für die Verbrennungsanlage gebracht wurden. Dabei hatten die Personen jeweils eine Maske auf und trugen Plastikhandschuhe, beides jedoch bereits sehr abgenutzt (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). Auch beim Lagerraum beziehungsweise Lagerplatz vor der Behandlung mittels Verbrennungsanlage am Gelände muss darauf geachtet werden, dass der Abfall

abgedeckt und verschlossen gelagert wird, damit kein allgemeiner Zugang besteht und damit der Abfall nicht den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). Auch Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) thematisiert das Problem der Lagerplätze, oft sind diese nicht sicher genug angelegt und Tiere wie Hunde, Nagetiere und Fliegen können Krankheiten weiter übertragen. Niyongabo et al. (2019) kamen ebenfalls zum Ergebnis, dass in Burundi innerhalb des Untersuchungszeitraumes 92 von 130 Angestellten der Krankenhäuser unzureichend geschützt und die Abfälle wurden meist über lange Zeit in den Lagerbereichen gelagert und nur sehr unregelmäßig zu der Entsorgungsstelle gebracht (Niyongabo et al., 2019).

Die Fahrzeuge im Sudan, die für den Transport zur Behandlungsanlage genutzt werden, entsprachen zudem auch nicht den WHO-Standards, und es mangelte an standardisierten Abläufen, wie regelmäßigen Abholterminen (Hassan et al., 2018). Besonders in ländlichen Gebieten ist der Transport eine große Herausforderung, speziell in der Regenzeit, da die Straßen nicht gut ausgebaut und dadurch schwer befahrbar sind (Hassan et al., 2018). Auch Reza und Akter (2018) verdeutlichen, dass bei einem externen privaten oder zentralem Entsorgungssystem besonders hohe Transportkosten für die Gesundheitseinrichtungen entstehen, und dass bei diesem Konzept eine gute Straßenanbindung und geeignete Transportmöglichkeiten benötigt werden (Reza und Akter, 2018).

Der indische Experte Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) berichtet, dass in Indien und speziell in seiner Heimatstadt zu wenige Behandlungsanlagen für medizinische Abfälle zur Verfügung stehen. Die meisten Abfälle werden von privaten, nicht spezialisierten Sammlern eingesammelt und in 80 bis 100 Kilometer entfernte Orte transportiert, wo sie verbrannt werden (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Die Abfallsäcke werden oft unverschlossen transportiert, und die Fahrzeuge sind nicht für gefährliche Abfälle konzipiert (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022).

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren für den Transport und die Infrastruktur für den medizinischen Abfall ist die Behandlungsmöglichkeit bzw. in weiterer Folge die Methode, wie und wo dieser behandelt wird. Daher widmet sich das nächste Kapitel den Behandlungsverfahren.

3.6. Behandlungsverfahren für medizinische Abfälle

Die Behandlung ist in der Abfallhierarchie nach den Maßnahmen der Minimierung und der Wiederverwendung von Abfällen angeordnet und kommt erst dann zur Anwendung, wenn Minimierung und Wiederverwendung nicht mehr möglich sind. Ziel ist es, Abfall so zu behandeln, dass ein durch den Abfall verursachtes Gesundheits- und Umweltrisiko vermindert und sein Volumen reduziert wird (WHO, 2014). Die WHO veröffentlicht (2014) fünf grundlegende Verfahrensprozesse, die speziell für die Behandlung von gefährlichen medizinischen Abfällen möglich sind:

1. Thermische Behandlung: mittels thermischer Energie (Hitze) werden alle Krankheitserreger im Abfall zerstört, diese Verfahrensart wird in Niedrigtemperatur- (100 °C – 180° C) und Hochtemperaturverfahren (< 180 °C) unterteilt. Niedertemperaturverfahren können entweder in einer feuchten Umgebung, mit der Zugabe von heißem Wasser und Dampf, oder in einer trockenen Umgebung stattfinden. Bei Systemen mit trockener Hitze wird der Abfall durch Konduktion, Konvektion und/oder Wärmestrahlung mit Infrarot behandelt.
2. Chemische Behandlung: durch chemische Desinfektionsmittel in flüssigem, festem oder gasförmigem Zustand können Mikroorganismen im Abfall inaktiviert werden
3. Strahlenbehandlung: bei diesem Verfahren werden Erreger im Abfall mittels Elektronenstrahlen, Kobalt-60 oder ultravioletten Strahlen zerstört

4. Biologische Behandlung: diese Methode ist speziell für die Behandlung für organische medizinische Abfälle beispielweise mittels Kompostierung oder auch die natürliche Zersetzung beim Vergraben pathologischer Abfälle
5. Mechanische Behandlung: hierzu zählen alle Zerkleinerungs-, Mahl-, Misch- und Verdichtungstechniken, welche das Abfallvolumen reduzieren jedoch keine Krankheitserreger zerstören - sie werden meist ergänzend zu anderen Behandlungsmethoden genutzt

Internationale Studien über die Behandlung von medizinischen Abfällen zeigen, dass weltweit etwa 59 % – 60 % der regulierten medizinischen Abfälle durch Verbrennung behandelt werden, 20 % – 37 % durch Dampfsterilisation und 4 % - 5 % durch andere Behandlungsmethoden (Park und Jeong, 2001). Die Angst vor möglichen Explosionen bei dem Verbrennungsprozess und der dadurch bestehenden Gefahr der Emission von Schadstoffen ist in der Öffentlichkeit gegenwärtig; folglich werden viele neue Techniken, ohne Verbrennung, entwickelt, wie zum Beispiel technische Verfahren mit Mikrowellen, Autoklavieren, Radiowellen und Elektrotechnologien, welche auf Basis von Elektronenstrahl-Bestrahlung, Dampfsterilisation und Dampfentgiftung funktionieren (Lee et al, 2004). Insbesondere die Kategorie gefährlicher Abfall muss einer gesonderten Behandlung zugeführt werden, um das Risiko für gesundheitliche Folgen für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Dennoch gibt es keine einzige Methode der Abfallbehandlung oder -entsorgung, welche alle Risiken für die Öffentlichkeit oder die Umwelt vollständig ausschließt (Diaz et al., 2005). Doch durch moderne Technologien und unter sehr hoher Temperatur können praktisch alle Krankheitserreger im gefährlichen medizinischen Abfall abgetötet werden (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

Auch in Entwicklungs- und Schwellenländern ist die vorherrschende Methode der Behandlung medizinischer Abfälle die Verbrennung, doch in den letzten Jahren haben sich dennoch auch die technischen Alternativen durchsetzen können (Zafar, 2019). In einer persönlichen Mitteilung betont Zafar (2022) ebenfalls, dass eine gewisse Ignoranz seitens der Behörden gegenüber neuen beziehungsweise alternativen Behandlungstechnologien in Entwicklungsländern herrscht, was in der Vergangenheit dazu geführt hat, dass medizinische Abfälle zu einer großen Belastung für die öffentliche Gesundheit zählen. Für die Wahl eines geeigneten Behandlungsverfahrens für medizinische Abfälle sind vor allem die Eigenschaften des Abfalls, die technischen Möglichkeiten sowie Anforderungen an die örtlichen Gegebenheiten und auch die Kosten ausschlaggebend (WHO, 2014). In Tabelle 8 wird genauer veranschaulicht, welche Kategorie medizinischer Abfälle welcher Behandlungsmethode zugeführt werden kann. Bei nicht gefährlichen medizinischen Abfällen reicht die Behandlung in einer Verbrennungsanlage oder mit Hilfe des Pyrolyseverfahrens, auch ist eine direkte Deponierung möglich. Für die Behandlung gefährlicher Abfälle (scharfe und spitze Gegenstände, fester/flüssiger infektiöser Abfall, pathologischer Abfall, pharmazeutischer/zytotoxischer Abfall, chemischer und radioaktiver Abfall) nennen Zafar (2019) und Khan et al. (2019) zusätzlich die Möglichkeiten der chemischen Desinfektion, Autoklav-Sterilisation und Mikrowellen-Strahlen. Alle diese Verfahren sind zudem besonders wirksam für die Zerstörung von Krankheitserregern (Diaz et al. 2005).

Die Behandlung medizinischer Abfälle kann entweder vor Ort der Gesundheitseinrichtung erfolgen oder in einer externen Anlage. Eine iranische Studie ergab, dass die Behandlung vor Ort am stärksten vertreten sind, da sie die Risiken der Verbringung von Krankheitserregern während des Transportes minimiert (Govindan et al., 2021) und auf Grund der kleineren Kapazität kostengünstiger sind (Taghipour et al., 2014). Eine Studie in Lagos, Nigeria zeigte, dass von 7 sowohl staatlichen als auch privaten Krankenhäuser bloß eines die Abfallkategorie scharfe und spitze Gegenstände vor Ort mittels kleiner Verbrennungsanlage behandelte. Alle anderen übergeben die medizinischen Abfälle an die *Lagos Waste Management* Behörde, welche die Abfälle anschließend extern mit einem hochmodernen Autoklav behandelt (Awodele et al., 2016). In Indien beispielsweise haben nur größere Krankenhäuser

Behandlungsanlagen vor Ort, da sich für mittlere und kleinere Einrichtungen die Investitionen nicht rentieren. Diese ziehen es vor, die Entsorgung der medizinischen Abfälle an private Sammler auszulagern (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022).

Tabelle 8: Behandlungsverfahren nach Abfallkategorie (eigene Darstellung nach Zafar, 2019 und Khan et al., 2019)

Abfallkategorie	Möglichkeiten der Behandlungsverfahren
<u>Scharfe und spitze Gegenstände</u>	Chemische Desinfektion, Autoklav-Sterilisation, Mikrowellen-Strahlung
<u>Fester infektiöser Abfall</u>	Pyrolyse, Autoklav-Sterilisation, Mikrowellen-Strahlung, Verbrennungsanlage
<u>Flüssiger infektiöser Abfall</u>	Chemische Desinfektion anschließend Verbrennungsanlage
<u>Pathologischer Abfall (menschlich/ tierisch)</u>	Verbrennungsanlage oder Bestattung
<u>Pharmazeutischer/ zytotoxischer Abfall</u>	Verbrennungsanlage
<u>Chemischer Abfall</u>	Chemische Desinfektion
<u>Radioaktiver Abfall</u>	muss von der zuständigen Behörde einer speziellen Behandlung zugeführt werden
<u>Nicht gefährlicher Abfall</u>	Verbrennungsanlage, Pyrolyse oder direkte Deponierung

Externe Anlagen haben den Vorteil, dass die Umsetzung für mehrere Städte und Dörfer möglich ist, durch die Behandlung von größeren Einheiten ist das oft kosteneffizienter, und vergleichsweise werden weniger qualifizierte Arbeitskräfte benötigt (Taghipour et al., 2014). In welcher Weise die Behandlung erfolgt, ist von Land zu Land unterschiedlich, da sich die rechtlichen Vorschriften unterscheiden und es eine Frage der vorhandenen Ressourcen sowie Infrastruktur ist. Für Entwicklungs- und Schwellenländer sollte die Wahl der Behandlung technologieunabhängig angegangen werden, erläutert Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022). Zuerst sollte analysiert werden, welche Probleme für eine optimale Umsetzung eines Sammelsystems für medizinische Abfälle gelöst werden müssen. Je nachdem welche Voraussetzungen vor Ort gegeben sind, kann eine Anlage vor Ort sinnvoller sein. Andererseits kann, wenn die Rahmenbedingungen es zulassen, der Behandlung mittels einer großen Anlage inklusive Sammelsystem der Vorzug gegeben werden (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

In Entwicklungsländern werden viele Behandlungsanlagen aus China importiert, diese entsprechen meist nicht den Standards für einen optimalen Betrieb (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Auch Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022) betont, dass eine sachgemäße Behandlung nach WHO-Standards sich oft aufgrund der eingesetzten Anlagen unterscheidet, je höher die Qualität desto teurer werden die Anlagen.

In den folgenden Kapiteln werden einige der aktuellen Behandlungsmethoden für medizinische Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern genauer erläutert. Genauer betrachtet werden die Behandlungsmethoden für gefährliche medizinische Abfälle, da diese eine besondere Herausforderung darstellen.

3.6.1. Verbrennung

Die Behandlung von Abfällen mittels Verbrennung zählt zu den thermischen Behandlungsmethoden mittels Hochtemperaturverfahren. In der Vergangenheit so wie auch heute noch zu den wichtigsten Behandlungsverfahren für Siedlungsabfälle wie auch für medizinische Abfälle. Das liegt daran, dass die Verbrennung einige Vorteile mit sich bringt, wie Fäulnisvermeidung, Volumenreduzierung und Sterilisation von pathologischen oder anatomischen Abfällen (Lee et al, 2004) sowie einfache Handhabung bei der Abfallentsorgung (Ilyas et al., 2020).

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Behandlung durch einen Verbrennungsprozess in zwei Methoden unterteilt: die offene Verbrennung und die Verbrennung in einer dafür ausgelegten Anlage.

3.6.1.1. Offene Verbrennung

In vielen Entwicklungsländern ist die offene Verbrennung von medizinischen Abfällen direkt am Gelände der Gesundheitseinrichtung die häufigste Methode, um medizinische Abfälle zu behandeln und gleichzeitig zu entsorgen. Die Verbrennung findet meist in offenen Gruben, Fässern oder Trommeln statt (Diaz et al. 2005). Die Art der Behandlung ist vergleichsweise kostengünstig, leicht zu bauen und erfordert wenig oder gar keine Wartung (Diaz et al. 2005). Die Verbrennung findet meist bei niedrigeren Temperaturen von etwa 400 °C statt und hat zur Folge, dass nicht alle Abfälle vollständig verbrannt werden können, insbesondere Abfälle mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt sowie auch Nadeln und Spritzen (Diaz et al., 2005). Beim Einsatz von Hilfsverbrennungsmitteln wie Kerosin oder Benzin können die Verbrennungstemperaturen zeitweise bis zu 1000 °C erreichen (Chen et al., 2013a).

Bei dieser Art von Verbrennungsprozess gibt es keine Kontrolle über die entstehenden Emissionen wie Schwermetalle oder Feinstaub. Es kann weiters zu relativ hohen Konzentrationen von toxischen organischen Verbindungen kommen, welche noch genauer in Kapitel 3.8.2 Gefahren durch Emissionen und Nebenprodukte erläutert werden.

Auch Sophie Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) berichtete, dass in einem 200-Betten-Krankenhaus in Kamerun der medizinische Abfall jahrelang in einer offenen Grube entsorgt wurde. Wenn die Grube ihre Kapazitäten erreicht hatte, wurde der Müll angezündet und verbrannt. Die Grube wurde für jegliche Kategorie von Abfall verwendet, nur die Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ wurde extra einer chemischen Behandlung zugeführt (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). In einer weiteren Studie aus Kamerun wird ebenfalls berichtet, dass die offene Verbrennung in einer Grube am Gelände des Krankenhauses die Methode zur Entsorgung und Behandlung von medizinischen Abfällen ist (Mochungong, 2011). Alle Arten von Abfällen - vom infektiösen Abfall bis hin zu Spritzen - werden dort ohne Aufsicht oder Abgrenzung deponiert und mit Kartons angezündet (Mochungong, 2011).

Aktuell werden auch in dem Projekt Krankenhaus in Nepal nahe der Hauptstadt Kathmandu alle anfallenden medizinischen Abfälle ohne vorangegangene Trennung offen verbrannt (Ebert, persönliche Mitteilung, 2022).

3.6.1.2. Verbrennungsanlagen

Verbrennungsanlagen können eine sehr weite Spanne von hoch entwickelten Hochtemperaturanlagen bis hin zu sehr einfach gebauten Verbrennungseinheiten abdecken. Alle sollten jedoch bei ordnungsgemäßem Betrieb Krankheitserreger aus dem Abfall eliminieren und den Abfall auf ein kleines Aschevolumen reduzieren (WHO, 2014). Die

Verbrennungsanlage sollte auf Basis der verfügbaren Ressourcen und der örtlichen Gegebenheiten ausgewählt werden, mit dem Hauptziel, die öffentliche Gesundheit zu schützen und negative Auswirkungen auf Luft und Grundwasser zu vermeiden (WHO, 2014). Für die Behandlung medizinischer Abfälle werden in der Regel drei Arten von Verbrennungstechnologien eingesetzt (WHO, 2014):

1. Zweikammerverbrennungsanlagen mit reduzierter Luftzufuhr, welche in der Primärkammer unter unterstöchiometrischen Bedingungen arbeiten und für die Verbrennung infektiöser Abfälle ausgelegt sind
2. mit Luftüberschuss arbeitende Mehrkammerverbrennungsanlagen, einschließlich In-Line-Verbrennungsanlagen und Retortenverbrennungsanlagen für pathologische Abfälle
3. bei hohen Temperaturen betriebene Drehrohröfen für den Abbau genotoxischer Stoffe und hitzebeständiger Chemikalien

Die Verbrennung basiert auf einer Hochtemperaturverbrennung von etwa 200 °C bis zu mehr als 1000 °C und umfasst den chemischen und physikalischen Abbau von organischem Material (WHO, 2014). Laut Ilyas et al. (2020) werden optimalerweise im Bereich zwischen 800 °C bis 1200 °C alle Erreger und Keime vollständig abtötet und potenziell bis zu 90 % der organischen Stoffe verbrannt. Das bedeutet eine Volumenreduktion von 90 %. Manchmal wird der Verbrennungsrückstand je nach Volumenreduzierung mit einer frischen Charge erneut verbrannt (Ilyas et al., 2020). Da die Verbrennung grundsätzlich keine Vorbehandlung benötigt, ist besonders auf den Heizwert zu achten. Der untere Heizwert sollte mindestens 2000 kcal/kg (8370 kJ/kg) betragen; bei medizinischen Abfällen kann dieser oft 4000 kcal/kg überschreiten, da sie einen hohen Kunststoffanteil aufweisen (WHO, 2014). Zusätzlich sollte der Feuchteanteil der medizinischen Abfälle für eine vollständige Verbrennung unter 30 % liegen, da dieser den Heizwert stark mindern (WHO, 2014).

In vielen der Entwicklungsländer gibt es kein staatliches System für die Behandlung der anfallenden Abfälle und somit sind auch die Verbrennungstechnologien nicht am aktuellen Stand der Technik. Indien ist eines der wenigen Länder, das seit der Regelung für die Behandlung und Entsorgung von biomedizinischen Abfällen (2016) die Behandlung der medizinischen Abfälle in großen externen Anlagen forciert (Zafar, 2019). Diese können Abfallkapazitäten von 1 bis 8 Tonnen/Tag behandeln (Zafar, 2019). Zafar betont (persönliche Mitteilung, 2022), dass die größeren Abfallverbrennungsanlagen in Indien kein System zur Kontrolle der Schadstoffbelastung, daher entstehen toxische Sekundärprodukte, welche in die Atmosphäre entweichen und einen signifikanten negativen Einfluss auf die Umwelt haben.

Eine Studie in Dhaka, Bangladesch, von Patwary et al. (2011) kam bei der Untersuchung zur Behandlung der medizinischen Abfälle zu dem Ergebnis, dass - obwohl in der Stadt zwei Verbrennungsanlagen am Stand der Technik errichtet wurden - diese zu dem Zeitpunkt nicht in Betrieb waren, da es an geeignetem Personal für den Betrieb der Anlagen mangelte (Patwary et al., 2011). Dies hatte zur Folge, dass die medizinischen Abfälle ungetrennt vor Ort der Gesundheitseinrichtungen händisch mit der Zugabe von Kerosin verbrannt und die Rückstände im angrenzenden Gebiet entsorgt wurden (Patwary et al., 2011). Der Mangel an ordnungsgemäßen Abfallverbrennungsanlagen, wie Mehrkammerverbrennungsanlagen oder Drehrohröfen, in den ressourcenarmen Ländern führt dazu, dass die Gesundheitseinrichtungen ihre Abfälle eigenständig behandeln und entsorgen. Die Errichtung von Verbrennungsanlagen im kleinen Maßstab vor Ort ist hierfür die gewöhnliche Herangehensweise.

Verbrennungsanlagen im kleinen Maßstab am Beispiel des DeMontfort-Ofens

In Entwicklungsländern sind kleine Verbrennungsanlagen vor Ort sehr beliebt und oft im Einsatz, da sie als rasch umsetzbare Möglichkeit, den Abfall zu entsorgen, und als kostengünstig angesehen werden (Maseko, 2014). Die kleinen Öfen sind speziell für Gesundheitseinrichtungen in ländlicheren Gegenden oft die einzige Möglichkeit, die medizinischen Abfälle zu behandeln (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). Besonders vorteilhaft ist die Volumenreduktion des Abfalls, da die Gesundheitseinrichtungen oft nicht genug Lagerfläche haben, um die Abfälle risikoarm zu lagern oder zu deponieren (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022).

Laut WHO (2014) werden diese Verbrennungsanlagen im kleineren Maßstab vor allem dann errichtet, wenn ein unmittelbarer Bedarf an Gesundheitsschutz besteht und kein Zugang zu fortschrittlicheren Technologien verfügbar ist. Die Verbrennungsanlage gilt als Kompromisslösung zwischen den durch die Verbrennung verursachten negativen Umweltauswirkungen und der Notwendigkeit, die Öffentlichkeit vor Infektionsgefahr zu schützen, wenn die einzige Alternative die direkte Deponierung ist (WHO, 2014). Wenn kleine Verbrennungsanlagen die bestmögliche Option darstellen, sollten sie unter den bewährtesten Parametern in Betrieb genommen werden, um die Umweltauswirkungen so gering wie möglich zu halten: geeignete Verbrennungsbedingungen wie eine Mindesttemperatur von 800 °C; Mindesthöhe des Schornsteins; geeignete Standortpraktiken – nicht in der Nähe von den Gesundheitseinrichtungen, Wohngebieten oder von Orten, wo Lebensmittel angebaut werden; angemessene Ausbildung der Betreiber der Anlage; geeignete Abfalltrennung, Lagerung und Ascheentsorgung; adäquate Wartung und Kontrolle der Anlage (Batterman, 2004). Diese kleinen Verbrennungsanlagen vor Ort bei Krankenhäusern können Kapazitäten von 200 – 1000 kg/Tag medizinischen Abfall behandeln und haben den Vorteil, dass der Transport von der Gesundheitseinrichtung bis zur nächsten Anlage wegfällt (Zafar, 2019).

Ein populäres Model einer Verbrennungsanlagen im kleineren Maßstab für Krankenhäuser in Entwicklungsländern ist die von Professor D.J. Picken 1996 entworfene DeMontfort-Verbrennungsanlage (Gilbert, 2021). Schätzungsweise gibt es über 1000 DeMontfort-Verbrennungsanlagen basierend auf einem Do-It-Yourself-Konzept in Afrika, Asien und Osteuropa (Gilbert, 2021). Sie decken durch die einfache Bauart zeitnah den Bedarf an Behandlungsanlagen für medizinische Abfälle und sind zudem besonders kostengünstig (Gilbert, 2021). Die DeMontfort-Verbrennungsanlage, siehe Abbildung 4, ist eine Ziegelstein-Verbrennungsanlage und kann sowohl in ländlichen Gegenden als auch in städtischen Gebieten zum Einsatz kommen (Batterman, 2004). Sie ist speziell für Krankenhäuser mit mehr als 300 Betten konzipiert und kann bis zu 50 kg Abfall pro Stunde verbrennen (Picken, 2004). Wenn die Anlage ordnungsgemäß gebaut und gewartet wird, erreicht sie Betriebstemperaturen zwischen 700°C und 800°C, die den Abfall weitgehend zerstören (Batterman, 2004). Jedoch besitzen die DeMontfort-Verbrennungsanlagen kein Kontrollsystem zur Einhaltung der entsprechenden Temperaturen und auch kein Emissionskontrollsystem (Batterman, 2004). Um die Anlage in Betrieb zu nehmen, wird diese mit Altpapier, Karton (Picken, 2004) oder leichten Kunststoffen (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022) beheizt. Je nach Verfügbarkeit kann auch Kerosin, Dieselöl oder Schmieröl hinzugegeben werden, um den Erhitzungsprozess zu beschleunigen (Picken, 2004). Die primäre Brennkammer sollte mindestens zur Hälfte gefüllt sein, und infektiöse und/oder feuchte Abfälle sollten über den trockenen Materialien hinzugegeben werden, um sicherzustellen, dass die Feuchtigkeit entweicht, bevor sie die Verbrennungszone erreichen (Picken, 2004). Während des Verbrennungsprozesses entstehen brennbare Gase wie Kohlenmonoxid, welche in die zweite Brennkammer geleitet werden (Pickens, 2004). Dort werden sie mittels zusätzlicher Luftzufuhr nachverbrannt, um die Gase zu reduzieren und Emissionen zu verringern (Pickens, 2004). Nach Beendigung des Verbrennungsvorganges kann die verbliebene Asche durch die dafür vorgesehene Tür entfernt werden.

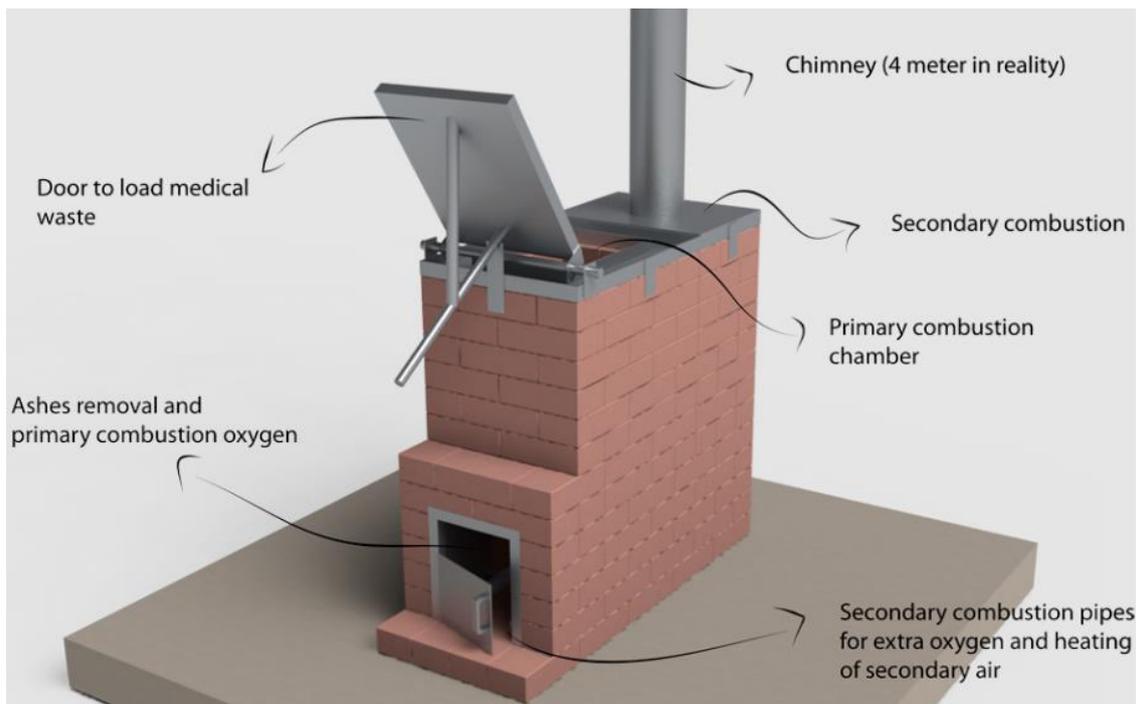


Abbildung 4 - Design einer DeMontfort-Verbrennungsanlage (surpluspermaculturedesign, s.a.)

Für viele Hilfsorganisationen war und ist die DeMontfort-Verbrennungsanlage ein Lösungsansatz, um ein grundlegendes Entsorgungssystem für medizinische Abfälle speziell für Krankenhäuser einzurichten (Gilbert, 2021). Im Vergleich zur offenen Verbrennung oder direkten Deponierung ist die Anlage ein scheinbar guter Ansatz. Dennoch hat diese auch maßgebliche Nachteile, denn durch das Fehlen der Kontrolleinrichtungen für Temperatur und Emissionen kann grundsätzlich kein optimaler Betrieb garantiert sein. Dies bestätigt auch Danner (persönliche Mitteilung, 2022): Bei kleinen Verbrennungsöfen ohne Temperaturkontrolle ist eine Temperatur von 800°C nicht immer gewährleistet und toxische Gase können in die Atmosphäre abgegeben werden. Zusätzlich muss eine ausreichende Abfalltrennung im Vorfeld stattgefunden haben, und der Betreiber der Anlage sollte ausreichend geschult sein (Batterman, 2004). Auch bei der Nachverbrennung der Gase in der sekundären Brennkammer sollten Temperaturen von über 1000 °C nach indischen, afrikanischen sowie auch europäischen Standards erreicht werden, um auch chlorierte organische Stoffe im Abfall komplett zu zerstören (Batterman, 2004). Ohne Messsysteme in der Anlage können diese Temperaturen ebenfalls nicht garantiert werden.

Pickens (2004) schätzt die durchschnittliche Lebensdauer einer DeMontfort-Verbrennungsanlage auf 3 bis 5 Jahre (Pickens, 2004). Laut Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) sind die Öfen aus persönlichen Erfahrungen 6 Jahre und länger funktionsfähig im Einsatz.

Für den Bau einer DeMontfort-Verbrennungsanlage kalkuliert Pickens (2004) die Kosten für das Material auf USD 500 – USD 1.500, abhängig von der Verfügbarkeit der Ressourcen. Der für die WHO forschende Autor Batterman (2004) kam auf Kosten von etwa USD 1.500 bis USD 2000 für eine DeMontfort Verbrennungsanlage, zuzüglich Kosten für Unterstand und Aschegrube. Die Betriebskosten hängen grundsätzlich von der Auslastung ab, werden aber auf USD 1,8 bis USD 8,8 pro kg Abfall geschätzt (Batterman, 2004). Wenn in eine bessere Ausbildung, Verwaltung, Aufsicht und Wartung investiert wird, belaufen sich die Kosten auf USD 12 pro kg (Batterman, 2004). Laut WHO (2014) belaufen sich die Betriebskosten für kleine Anlagen vor Ort bei einer Kapazität von 3 - 6 kg pro Stunde auf nur USD 0,06 bis USD

0,10 pro kg. Danner betont zusätzlich (persönliche Mitteilung, 2022), dass eine DeMontfort-Verbrennungsanlage sogar ohne zusätzliche Energiezufuhr arbeiten kann und somit laufende Kosten eingespart werden können.

Laut Danner (persönliche Mitteilung, 2022) werden für eine DeMontfort-Verbrennungsanlage grundsätzlich EUR 9.000 (USD 9.164) kalkuliert. Aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklungen in den Jahren 2020 bis 2022 stiegen die Kosten jedoch stark an. Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) berichtete, dass für den Bau einer DeMontfort-Verbrennungsanlage im Jahr 2021 in Kamerun für das gesamte Projekt EUR 11.000 (USD 11.500) investiert wurden. Auf Grund der Pandemie waren die Materialien teurer im Vergleich zu den Vorjahren, wobei die Gesamtkosten ebenfalls die Reisekosten der Projektmitarbeiter*innen sowie die Schulungskosten des medizinischen Personals inkludierten (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). In Simbabwe wurde im Frühjahr 2022 ein DeMontfort-Verbrennungsofen mit Hilfe einer Baufirma gebaut, da das Krankenhaus zur Absicherung einen Ansprechpartner für allfällige Reparaturen sicherstellen wollte. Die Kosten für das Projekt beliefen sich hier auf insgesamt EUR 20.000 (USD 20.164) (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022)

In Nepal ist auf Grund der neueren Regulierungen nur mehr der Bau von automatisch-betriebenen Behandlungsanlagen erlaubt, welche ebenfalls elektrisch Brennstoff zuführen können. Das bedeutet, dass das Modell eines DeMontfort-Verbrennungsofens nicht mehr zur Anwendung kommt (Danner, persönliche Mitteilung, 2022) Vollautomatisierte Verbrennungsanlagen für die Nutzung vor Ort sind jedoch entsprechend teurer. Der Kaufpreis einer solchen Verbrennungsanlage am Beispiel *MediBurn* beträgt beim US-Hersteller *Elastec* rund USD 37.000, und zusätzlich fallen Betriebskosten für Brennstoff an (Danner, persönliche Mitteilung, 2022).

Anwendungsbeispiele in Entwicklungs- und Schwellenländern

In den afrikanischen Entwicklungs- und Schwellenländern sind Verbrennungsanlagen im kleinen Maßstab für die Behandlung medizinischer Abfälle stark verbreitet. So ist auch in Südafrika die Verbrennung die gängigste Methode zur Entsorgung toxischer medizinischer Abfälle, die meisten sind jedoch mangelhaft gebaut und Schwermetalle setzen sich in den Boden und in das Oberflächenwasser ab (Olaniyi et al., 2018). Die Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle werden teilweise mit Holz (Maseko, 2014) oder sogar mit Kohle befeuert, und sind somit nicht in der Lage, eine vollständige Verbrennung zu erreichen, was sich massiv auf die Menge der entstehenden Asche auswirkt (Olaniyi, et al., 2018).

Auch weitere Gesundheitseinrichtungen in Kamerun nutzen kleine Verbrennungsanlagen, um ihren medizinischen Abfall zu behandeln. In Abbildung 5 sind drei dieser Anlagen veranschaulicht. Die Studie von Maseko (2014) zeigt, dass diese drei untersuchten Anlagen nicht die Standards für eine korrekte Konstruktion, Betriebsführung und Wartung erfüllen. Da diese einer sehr einfachen und veralteten Bauart entsprechen zeigte sich das Fehlen der nötigen sekundären Brennkammer als besonders problematisch (Maseko 2014). Die Verbrennungsmethode mit einer Einzelkammer ist für die Verbrennung medizinischer Abfälle untauglich, da erstens große Mengen an Schlacke entstehen können, die das Feinstaubproblem verschärfen. Zweitens ist die geringe Größe der Brennkammer unzureichend, um auf eine angemessene Verbrennungstemperatur zu kommen (Maseko, 2014).

Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022) berichtet, dass in Simbabwe sowohl das Provinzkrankenhaus, ein privates Krankenhaus der Kirche, als auch ein kleineres Tuberkulose-Krankenhaus Verbrennungsanlagen am Gelände besitzen, um ihre medizinischen Abfälle behandeln zu können. Das Provinzkrankenhaus hat die größte Verbrennungsanlage jedoch ebenfalls nur eine Brennkammer, einem 20 Meter Schornstein und einer integrierten Benzineinspritzung, damit konstante Temperaturen gehalten werden können (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). Der Ofen war schon einige Jahre in Betrieb

und die Benzineinspritzung war defekt, da keine Wartung durchgeführt wurde. Damit die Verbrennung dennoch durchgeführt werden konnte, hat das Personal manuell Benzin hinzugefügt, was im Endeffekt zu extremen Temperaturschwankungen während des Verbrennungsprozesses führte (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022).



Abbildung 5 - Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle in Krankenhäusern in Kamerun (Maseko, 2014)

Auch in Togo ist die Verbrennung die am häufigsten angewandte Behandlung für feste medizinische Abfälle. Jedoch entsprechen die Anlagen nicht den nationalen Kontrollvorschriften und haben sich bereits nachteilig auf die öffentliche Gesundheit der umliegenden Gemeinden ausgewirkt (Agbere et al., 2021). Dennoch betonen Agbere et al. (2021), dass die Behandlung der medizinischen Abfälle durch die Verbrennungsanlage weiterhin anzustreben ist, denn 72 % der erfassten Gesundheitszentren verfügten über eine Verbrennungsanlage und behandelten damit 39 % ihres medizinischen Abfalls.

Eine Studie in Bujumbura, Burundi, ergab, dass 11 von 12 untersuchten Verbrennungsanlagen, die vor Ort bei medizinischen Einrichtungen installiert sind, nur für Niedertemperaturverbrennung (300 °C – 400 °C) konzipiert waren und unzureichende Kapazitäten aufwiesen (Niyongabo et al., 2019). Lediglich eine Anlage war für die Verbrennung von medizinischen Abfällen bis zu 800 °C gebaut. Zudem befanden sich die meisten Anlagen nur 15 bis 30 Meter von einem Wohngebiet entfernt und hatten keine geeignete Möglichkeit zur Nachverbrennung der Abgase (fehlende Sekundär-Brennkammer), was eine besonders starke Schadstoffbelastung für Menschen, Tiere und die Umwelt zur Folge hat (Niyongabo et al., 2019).

Ähnliches berichtete auch Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022) aus einem weiteren Krankenhaus in Simbabwe, wo ein mit Holz befeuerter Verbrennungsofen installiert ist, der von oben mit medizinischem Abfall befüllt wird. Durch das Vorheizen mittels Holzes können hohe Temperaturen von 800°C erreicht werden, doch sinken die Temperaturen rapide im Abgasrohr und es entstehen toxische Schadstoffe (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022).

Die negativen Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit durch die unsachgemäße Verbrennung von medizinischen Abfällen in Entwicklungs- und Schwellenländern sind lang bekannt. Bereits im Jahr 1999 haben die Philippinen die Verbrennung medizinischer Abfälle verboten (Khan et al., 2019). Seit 2001 ist ein Trend erkennbar, dass die Methode der Verbrennung für Abfälle aus dem Gesundheitswesen im Abnehmen ist und öfters auf die Alternativen zurückgegriffen wird (Khan et al. 2019). Seit 2012 wurden auch in Laos die größten Krankenhäuser mit wärme- und dampfbasierten Technologien ausgestattet, da die Verbrennungsanlagen in den meisten Krankenhäuser reparaturbedürftig waren und auf Grund des hohen Brennstoffverbrauchs zu finanziellen Problemen der Gesundheitseinrichtungen führten (Kühling und Pieper, 2012). Für die kleineren Gesundheitseinrichtungen ist jedoch weiterhin vorgesehen ihre medizinischen Abfälle mittels kleinen Verbrennungsanlagen vor Ort zu behandeln (Kühling und Pieper, 2012). Kühling und Pieper (2012) konnten in Laos, Vietnam

und auch in Indonesien einen Trend weg von Verbrennungsanlagen im kleinen Maßstab vor Ort erkennen, hin zu emissionsarmen Alternativtechnologien.

Im Sudan gibt es laut der zuständigen Regulierungsbehörde 22 Verbrennungsanlagen für die Behandlung medizinischer Abfälle (Hassan et al., 2018). Aus den Daten geht jedoch nicht hervor ob es sich um Verbrennungsanlagen vor Ort der Gesundheitseinrichtung handelt oder externe Verbrennungsanlagen. Laut Behörde werden die medizinischen Abfälle bei Temperaturen von mindestens 1300 °C verbrannt (Hassan et al., 2018).

Seit Ausbruch der Covid-19-Pandemie änderte sich die Lage, auf Grund der plötzlich gestiegenen Mengen an gefährlichen medizinischen Abfällen wurde als erstbeste Notfallmaßnahme die Installation von kleinen mobilen Verbrennungsanlagen vor Ort ergriffen, um eine Behandlung aufrecht erhalten zu können (Chen et al., 2021). Dies wurde auch so in Wuhan, in China, umgesetzt (Chen et al., 2021). Auch in Indien zeigte sich, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen an Behandlungsanlagen nicht ausreichen, um das rapid anwachsende Volumen an medizinischen Abfällen auf Grund der COVID-19 Pandemie zu bewältigen. Es wurde daher ebenfalls vermehrt in mobile Verbrennungsanlagen investiert (Ganguly et al., 2021).

3.6.2. Pyrolyse

Die Pyrolyse zählt ebenfalls zu den thermischen Behandlungsmethoden mittels Hochtemperaturverfahren für medizinische Abfälle, durch neue Technologien ermöglicht sie besonders hohe Temperaturen zu erreichen (Huang et al., 2007). Der Unterschied zur bereits zuvor erwähnten Verbrennung ist, dass während der Pyrolyse keine Reaktion mit Sauerstoff stattfindet, das heißt, der Prozess findet unter Ausschluss von Sauerstoff statt (WHO, 2014).

Die Pyrolyse läuft in zwei Stufen ab und wird auch Zweikammerverbrennung genannt (Zafar, 2019). Die Anlage besteht aus einer Pyrolysekammer und einer Nachverbrennungskammer (Zafar, 2019). In der ersten Stufe der Verbrennung bei ungefähr 600 °C werden flüssige und feste Abfälle verdampft, wobei Asche, Glas und Metallfragmente als Rückstände zurückbleiben (WHO, 2014). Für den Start des Prozesses ist in der Primärkammer ein Brennstoffbrenner im Einsatz (WHO, 2014). Um den Temperaturbereich von 540 °C bis 830 °C zu erreichen, können verschiedene Pyrolyse-Verfahren, wie die Plasmapyrolyse und auch die laserbasierte Pyrolyse zur Anwendung kommen (Ilyas et al., 2020). In der zweiten Stufe der Verbrennung wird der gasförmige brennbare Dampf bei einer Temperatur um die 1000 °C verbrannt, um alle toxischen Schadstoffe, wie die Dioxine, vollständig zu eliminieren (Ilyas et al., 2020). Die Verweilzeit der Abfälle in der Anlage kann zwischen 1 und 4 Stunden betragen, je nach Größe der Anlage (WHO, 2014). Ahmad et al. (2019) berichten von einer Gesamtmenge von 456 kg/Tag, die an medizinischen Abfällen mittels Pyrolyse behandelt werden kann. Größere Anlagen haben eine Kapazität von über 20 Tonnen pro Tag und sind für einen dauerhaften Betrieb ausgelegt. Die Größe der Anlagen kann jedoch stark variieren (WHO, 2014). Da Pyrolyseanlagen über sehr hohe Kapazitäten verfügt, sollten für einen ordnungsgemäßen Betrieb die folgende Abfallkategorien von medizinischen Abfällen zugeführt werden: organische, pathologische und infektiöse Abfälle, sowie Textilien und andere Abfallstoffe, die haushaltsähnliche Eigenschaften aufweisen (Ahmad et al., 2019). Der Abfall muss vor der Behandlung sehr sorgfältig getrennt und sortiert werden, um Polyvinylchlorid (PVC) und Quecksilberverbindungen zu vermeiden (Ahmad et al., 2019). Die WHO (2014) ergänzt zusätzlich, dass es in der Praxis sehr schwierig ist, eine komplett sauerstofffreie Atmosphäre zu schaffen, sodass teilweise eine Oxidation stattfinden kann.

Einer der wesentlichsten Vorteile der Pyrolyse ist die vollständige Zerstörung von Viren und Keimen im gefährlichen medizinischen Abfall, und die signifikante Abfallvolumenreduktion (Huang et al., 2007). 3 % – 4 % der ursprünglichen Verbrennungsmasse verbleiben als Asche (Ahmad et al., 2019). Zusätzlich gilt sie als nachhaltig, da sie sehr niedrige Emissionswerte aufweist und die Rückstände inert sind (Ilyas et al., 2020). Ilyas et. al. (2020) sehen die hohen

Investitionskosten und auch die Anforderungen an den Heizwert der Abfälle als großen Nachteil für diese Art von Behandlungsverfahren für medizinischen Abfall.

Der Experte Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) findet, neben den wärme- und dampfbasierten Technologien, die Pyrolyse mittels Plasmavergasung am vielversprechendsten für die Behandlung von medizinischen Abfällen, besonders für die Kategorie der gefährlichen Abfälle. Bei der Plasmapyrolyse wird ein ionisiertes Gas im Plasmazustand verwendet, um die elektrische Energie umzuwandeln und auf Temperaturen von mehreren tausend Grad mit Hilfe von Plasmabogenbrennern zu bringen (WHO, 2014). Das Hauptprodukt einer Plasmavergasungsanlage ist energiereiches Synthesegas, das in Wärme, Strom und flüssige Brennstoffe umgewandelt werden kann. Anorganische Bestandteile in medizinischen Abfällen, wie Metalle und Glas, werden in ein gasartiges Aggregat umgewandelt (Zafar, 2019). In Entwicklungs- und Schwellenländern ist die Pyrolyse nicht oft im Einsatz, da die technische Komplexität und der hohe Preis gegen diese Behandlungsmethode sprechen (Zafar, 2019). Dennoch gilt die Pyrolyse, vor allem für die Behandlung medizinischer Abfälle, als umweltfreundlichste technische Lösung (Khan et al. 2019). Ansari et al. (2019) berichten, dass in Indien die Pyrolyse bereits im Einsatz ist.

3.6.3. Wärme- & dampfbasierte Technologien

3.6.3.1. Mikrowellenstrahlung

Die Mikrowellenbehandlung zählt zu den thermischen Behandlungsmethoden mit geringer Wärmeentwicklung (Niedertemperaturverfahren). Die Desinfektion findet durch die Einwirkung von – mit Hilfe von Mikrowellenenergie produziertem - heißem Wasser und Dampf statt und sie repräsentiert somit einen feuchten thermischen Behandlungsprozess (WHO, 2014). Unter einem inerten Umfeld arbeitet diese Technik in einem Temperaturbereich von 95 °C bis 100 °C und beinhaltet die Umkehrpolymerisation durch Anwendung von Hochenergie-Mikrowellen zum Aufspalten von organischen Stoffen (Diaz et al., 2005). Grundsätzlich bestehen Mikrowellen-Behandlungssysteme aus einer Behandlungskammer, in welche die Mikrowellen-Strahlung von einem Magnetron (Mikrowellengenerator) geleitet wird (WHO, 2014). Die Anlagen werden in verschiedenen Größen konstruiert und gebaut, die von wenigen kg Abfall pro Stunde bis hin zu 400 kg Abfall pro Stunde behandeln können (Diaz et al., 2005). Sie können als Batch-Verfahren oder in einem halbkontinuierlichen Modus betrieben werden (Diaz et al., 2005). In Abbildung 6 ist ein halbkontinuierliches Mikrowellensystem dargestellt, der zu behandelnde Abfall wird mit Hilfe einer Hydraulik in einen sich anschließend verschließenden Trichter entleert. Bei der Entleerung wird die Luft durch einen Filter abgesaugt, um die Freisetzung von Krankheitserregern zu verhindern. Zunächst wird der Abfall zerkleinert und mit Hilfe einer Förderschnecke zur Mikrowellenkammer transportiert.. Durch die mechanische Behandlung reduziert sich das zugeführte Abfallvolumen um bis zu 80 % und das zugeführte Gewicht um 20 % – 30 % (Reza et al, 2018). In der Kammer wird der Abfall mit Dampf behandelt und von vier bis sechs Magnetrons erhitzt (WHO, 2014). Die Absorption durch die elektromagnetischen Wellen, die sich im Bereich von 3.000 Megahertz bewegen und eine Länge von 1 mm bis 1 m aufweisen, erhöht die innere Energie der Moleküle durch vermehrte Reibung und Vibration (Lee et. al, 2004). Die inerte Umgebung mit Stickstoff verhindert die direkte Verbrennung, um eine Desinfektion mittels Niedertemperaturverfahren zu ermöglichen (Lee et. al, 2004). Am Ende wird der desinfizierte Abfall durch die Förderschnecke in ein finales Behältnis gefüllt. Ein Behandlungszyklus kann zwischen 30 Minuten bis zu einer Stunde dauern (WHO, 2014).

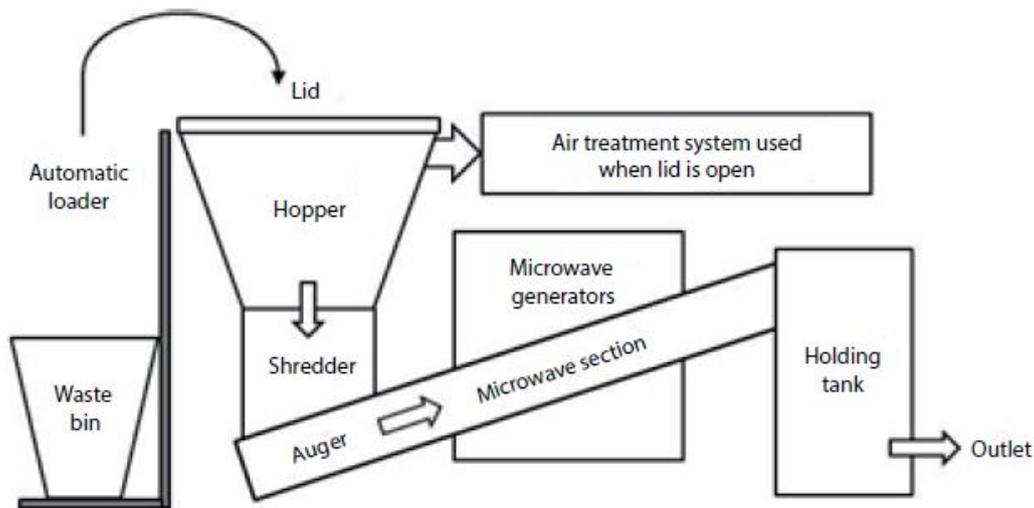


Abbildung 6 - Grafik eines semikontinuierlichen Mikrowellensystems (WHO, 2014)

Die Behandlung mit Mikrowellen-Strahlung gilt als wirtschaftlich wettbewerbsfähige Methode zur bisher stark vertretenen Abfallverbrennungsanlage (CEC, 1993). Laut Lee et al. (2004) sind die Vorteile einer Behandlung der medizinischen Abfälle mit Mikrowellen Einstrahlung: die sehr geringe Energie- und Einwirkungstemperatur, der begrenzte Wärmeverlust und die geringe Umweltbelastung, da keine toxischen Rückstände nach dem Desinfektionsprozess verbleiben. Trotz der geringen Temperaturen kann diese Technologie bereits hydrophile Viren komplett abtöten (Lee et al. 2020). Die Mikrowellenbehandlung ist jedoch für eine ausreichende Sterilisation mit Temperatur über 120 °C nicht geeignet. Das bedeutet, einige Keime können überleben oder sogar durch die Behandlung aktiviert werden (CEC, 1993). Daher wird des Öfteren das Mikrowellenverfahren in Kombination mit der nachfolgend erwähnten Autoklav-Sterilisation angewendet, um eine ausreichende Desinfektion der medizinischen Abfälle zu ermöglichen (Lee et. al 2004).

Die Mikrowellenbehandlung ist besonders geeignet für die Kategorien „feste infektiöse Abfälle“ sowie „scharfe und spitze Gegenstände“. Es gab aber bereits ebenfalls erfolgreiche Testversuche für tierische Abfälle und auch kleine pathologische Abfälle wie Gewebeproben (WHO, 2014). Keinesfalls sollten flüchtige organische Verbindungen, chemotherapeutische Abfälle oder radiologische Abfälle mit dem Mikrowellenverfahren behandelt werden (WHO, 2014). Windfeld und Brooks (2015) verweisen jedoch darauf, dass die Behandlung metallischer Gegenstände zu Explosionen führen kann. Zudem gibt es veranschaulichende Studien, dass mittels Mikrowellenstrahlung keine hundertprozentige Inaktivierung von *Bacillus atrophaeus*-Sporen gegeben ist. (Ansari et al., 2019).

Kosten

Im UNEP-Handbuch der Technologien für die Behandlung medizinischer Abfälle wurden die Aspekte des Umwelt- und Arbeitsschutzes, der Betriebskosten, der Kapazitäten, Volumenreduzierung und Wirksamkeit verglichen. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass die durchschnittlichen Betriebskosten sich auf 0,13 USD/kg belaufen (Emmanuel, 2012). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Soares et al. (2013) mit Werten von 0,12 USD/kg, und die WHO (2014) schätzt die Betriebskosten auf 0,10 USD/kg – 0,42 USD/kg. Untersuchungen von

Zimmermann (2017) verdeutlichen genauer die laufenden Kosten mittels des Energieverbrauches einer Mikrowellenbehandlungsanlage: Für 150 kg Abfall pro Tag benötigt die Anlage insgesamt 12 Durchläufe mit jeweils 45 min Behandlungszeit. Der Energieverbrauch bei einem Durchlauf liegt bei 3,3 kWh, folglich bei 40,9 kWh für den gesamten Tag inklusive Standby (Zimmermann, 2017). Zudem ist das Mikrowellenverfahren im Vergleich zum Autoklavieren jene Technologie mit der besten Ökoeffizienz-Leistung und der geringsten Umweltauswirkung (Soares et al., 2013). Für kleinere Geräte werden die Anschaffungskosten für eine Mikrowellenbehandlungsanlage auf USD 20.000 geschätzt. Diese variieren stark je nach Größe und Hersteller der Anlage (Zimmermann, 2018). Die WHO (2014) schreibt in ihrer Veröffentlichung, dass die Anschaffungskosten für eine Mikrowellenbehandlungsanlage im Bereich von USD 70.000 bis zu USD 710.000 liegen, abhängig von der Kapazität.

Anwendungsbeispiele in Entwicklungs- und Schwellenländern

In Entwicklungsländern ist die Mikrowellenbehandlung weniger beliebt, da sie mit sehr hohen Anschaffungskosten und möglichen Wartungsproblemen einhergeht (Zafar, 2019). Zudem sollte lokal entschieden werden, ob die Gesundheitseinrichtungen die Anforderungen, wie korrekte Trennung und Ausbildung der Mitarbeiter, erfüllen, um solche Anlagen in Betrieb nehmen zu können (Zimmermann, 2018). Die Behandlungsanlagen sind vor allem für die Installation vor Ort gedacht, was besonders für ressourcenärmere Länder praktikabel ist, da die Risiken am Transportweg minimiert werden (Zimmermann, 2018). Dieser Punkt ist ebenfalls wichtig im gefahrenlosen Umgang mit Covid-19 infizierten Abfällen. Nach Angaben des chinesischen Ministeriums für Ökologie und Umwelt ist die Desinfektion mit Mikrowellen eine der effizientesten Behandlungsmethoden für die Abtötung von Covid-19-Viren (Ganguly und Charkraborty, 2021).

In den letzten 10 Jahren hat sich in China einiges getan. Chen et al. (2013a) berichtet, dass von 272 modernen medizinischen Abfallbeseitigungsanlagen die Hälfte mit Nicht-Verbrennungstechnologien wie Mikrowellenstrahlung und Autoklav arbeitet. Die Umstellung auf alternative Behandlungsmethoden führt zu wesentlich geringeren Emissionen und entlastet somit die Umwelt. Dies zeigt unter anderem, wie auch auf nationaler Ebene Emissionen vermieden werden können, um langfristig die negativen Umweltauswirkungen zu verringern (Chen et al., 2013a). Auch in Istanbul, Türkei, gab es Erhebungen für die Behandlung medizinischer Abfälle mittels Mikrowellenbehandlungsanlagen. Diese ergaben jedoch, dass sich Investitionskosten, Transport- sowie Betriebskosten für verschiedene Standorte nicht rentieren, und für die Behandlung des größten Teils der medizinischen Abfälle die Verbrennung bleiben soll (Zimmermann, 2018).

3.6.3.2. Autoklav-Sterilisation

Aktuell werden sowohl die Mikrowellenbehandlung als auch das Autoklavieren als positive Alternativen zur Müllverbrennung in Bezug auf die Behandlung von medizinischen Abfällen betrachtet. Die Technologie der Autoklav-Behandlung ist ähnlich wie die bereits oben genauer erläuterte Mikrowellenbehandlung, sie zählt ebenfalls zu den feuchten thermischen Behandlungsmethoden basierend auf einem Niedertemperaturverfahren (WHO, 2014). Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden ist, dass bei der Autoklavierung statt der Mikrowellenstrahlung Dampf und Hitze eingeleitet werden (Lee und Huffman, 1996).

Bei der Autoklav-Sterilisation, auch öfters Dampfsterilisation genannt, werden Dampf, trockene Hitze, und auch Strahlung in eine dicht verschlossene Kammer eingeleitet (WHO, 2014). Ein detaillierter Aufbau eines Autoklavs ist in Abbildung 7 ersichtlich. Die Befüllung der Anlage geschieht in Chargen durch eine sich hermetisch verschließende Tür, um besonders hohe Temperaturen und Druck auszuhalten (Diaz et al, 2005). In dem Metallgefäß sind

mehrere Ventile sowie Rohre eingebaut, durch welche der Dampf in den Behälter eingeleitet und auch wieder abgeleitet wird. Besonders wichtig bei der Behandlung medizinischer Abfälle ist die Entfernung der Luft aus dem Autoklav, bevor die Sterilisation gestartet wird, um zu gewährleisten, dass ausreichend Wärme in den Abfall eindringt (WHO, 2014). Die Luft kann auf unterschiedliche Weise entfernt werden. Erstens mit Hilfe einer Vakuumpumpe, bevor der Dampf eingespritzt wird (siehe Abbildung 7), oder zweitens mit bloßer Schwerkraft, da die Luft eine höhere Dichte als Dampf hat und sich am Boden absetzt und mit einem Ablassventil entfernt werden kann (Diaz et al. 2005). Die effektivste und schnellste Methode ist jedoch jene mittels Vakuumpumpe (Diaz et al., 2005). Die Abfälle werden in der Kammer bei Temperaturen von 121 °C bis 163 °C vorbereitet. Dieses Temperaturniveau reicht aus, um jegliche Art von mikrobieller Kontamination des infektiösen Abfalls abzutöten (Lee et. al, 2004). Die zuvor abgesaugte Luft sollte ebenfalls einer Behandlung zugeführt werden, um die Freisetzung toxischer Aerosole zu verhindern, dies geschieht meist durch einen in der Anlage integrierten Filter (Diaz et al., 2005).

Für die medizinische Abfallbehandlung sollte der Autoklav für zwischen 1 bis über 2 bar Überdruck ausgelegt sein, die Größe kann jedoch von 20 Litern bis zu mehr als 20.000 Litern variieren (WHO, 2014). Nach der Behandlung kann der autoklavierte Abfall zu einer Deponie für feste Siedlungsabfälle gebracht und auf die gleiche Weise wie nicht-infektiöser Abfall entsorgt werden (Klangsin und Harding, 1998). Die Methode der Autoklav-Sterilisation ist vor allem emissionsarm, da sie im Vergleich zur Verbrennung keine toxischen Dioxin- oder auch Quecksilberemissionen in die Atmosphäre freisetzt (Lee et. al, 2004). Der optimale Betriebsprozess für eine Sterilisation dauert um die 30 bis 70 Minuten (Zimmermann, 2017), bei 121 °C und 2,05 bar (WHO, 2014). Temperatur, Druck und Expositionszeit können jedoch stark variieren, je nach Menge, Art und Volumen des zugeführten Abfalls.

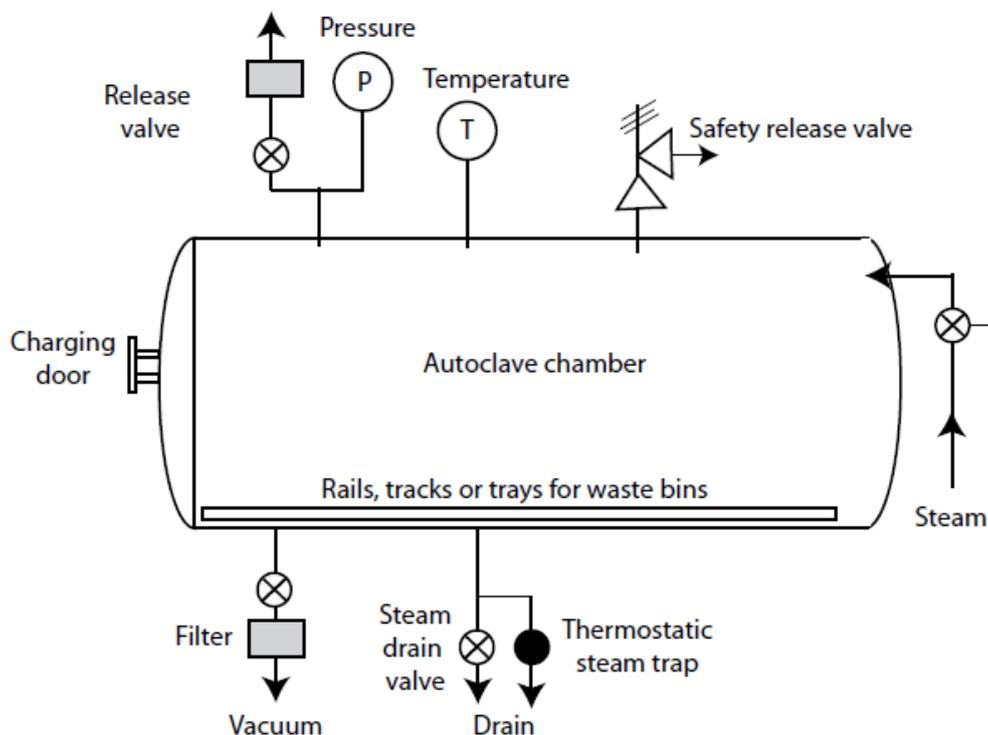


Abbildung 7 - Grafik eines Autoklavs (WHO, 2014)

Allerdings gibt es bei der Anwendung des Autoklavierens als Methode zur Behandlung infektiöser Abfälle auch Nachteile. Da diese Behandlungsmethode den Abfall lediglich auf eine bestimmte Temperatur erhitzt, um Keime und Viren abzutöten, ändert sich das Aussehen des Abfalls nicht (Klangsin und Harding, 1998), und das Volumen des zu deponierenden Abfalls

wird ebenfalls nicht signifikant reduziert (Verma, 2014). Eine 60 % – 80 %ige Reduktion des Abfallvolumens könnte man mit einer vorangestellten mechanischen Behandlung wie zum Beispiel eines Shredders erreichen, jedoch ist dieser im Autoklav störanfälliger (WHO, 2014).

Ähnlich wie bei der Mikrowellenstrahlung ist auch die Behandlung mit einem Autoklav für Abfälle der Kategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ und „fester infektiöser Abfall“ geeignet (WHO, 2014). Auch kleine Mengen an menschlichen Geweben können mit ausreichend Zeit und geeigneter Temperatur autoklaviert werden. Von der Behandlung größerer Körperteile wird abgeraten, da die Betriebsparameter nicht bestimmbar sind (WHO, 2014).

Kosten

Die Anschaffungskosten für einen Autoklaven beginnen bei rund USD 20.000 und können bis in den Millionen-Bereich gehen (WHO, 2014). Sehr kleine Autoklaven für die Behandlung der Kategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ oder Recycling-Material können schon ab USD 5.000 erworben werden (WHO, 2014). Jedoch steigen die Investitionskosten deutlich an, falls ein Shredder in die Anlage integriert wird, um eine bessere Behandlung zu gewährleisten (WHO, 2014). Die durchschnittlichen Behandlungskosten für medizinische Abfälle mittels eines Autoklavs können zwischen 0,14 USD/kg und 0,33 USD/kg schwanken (Emmanuel, 2012). Weitere Forschungsergebnisse kamen sogar auf einen Preis von 1,10 USD/kg (Soares et al., 2013). Auch hier untersuchte Zimmermann (2017) die laufenden Kosten durch den Energieverbrauch und kam zu dem Ergebnis, für eine Menge von 150 kg Abfall werden 142,4 kWh benötigt. Hierfür muss der Autoklav 10 Durchgänge pro Tag starten, mit jeweils 70 Minuten Behandlungszeit, dies bedeutet einen Energieverbrauch von 12 kWh pro Durchlauf (Zimmermann, 2017). Die Lebensdauer eines Autoklavs beträgt ungefähr 15 bis 20 Jahre (Emmanuel, 2012).

Grundsätzlich ist Autoklavieren eine kostengünstigere Behandlungsmethode als die Verbrennung (Olaniyi et al., 2018), da sie im Vergleich zu den alternativen Behandlungsmethoden die geringsten Kapitalkosten hat (Zafar, 2019). Dennoch sollte der Abfall nach der Autoklav-Behandlung zusätzlich der Verbrennung zugeführt werden, bevor er endgültig deponiert wird. Diese doppelte Behandlung von infektiösem medizinischem Abfall erhöht somit die Entsorgungskosten und verursacht vermehrte Umweltbelastungen durch den Energieeinsatz während des Autoklav-Prozesses (Windfeld und Brooks, 2015).

Anwendungsbeispiele in Entwicklungs- und Schwellenländern

In Entwicklungs- und Schwellenländern wächst die Beliebtheit der Autoklave als Behandlungsmethode vor allem wegen der besseren Umweltverträglichkeit im Vergleich zu den vorherrschenden Verbrennungstechnologien (Zafar, 2019). Die Anschaffungs- und Wartungskosten sowie die Kosten einer qualifizierten Fachkraft sind ein Hindernis für den Einsatz von Autoklaven in ressourcenärmeren Ländern. In Südafrika und in Nigeria wird Autoklavieren als Behandlungsmethode für medizinische Abfälle bereits angewandt (Chrisholm et al., 2021). Obwohl das Verfahren recht kostengünstig ist, wird oft als negativer Faktor die längere Behandlungszeit für große Mengen an Abfall genannt, welche Mehrkosten für den Stromverbrauch verursachen (Chrisholm et al., 2021).

Die meisten Krankenhäuser in Simbabwe haben einen kleinen Autoklav vor Ort, jedoch nicht für die Behandlung der medizinischen Abfälle, sondern um zum Beispiel OP-Kittel zur Wiederverwendung sterilisieren zu können (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). In Äthiopien ist die unzureichende Trennung der medizinischen Abfälle ein Problem bei der Autoklavierung, sodass die Gesundheitseinrichtungen kein ordnungsgemäßes Management für medizinische Abfälle umsetzen konnten (Ansari et al., 2019). Studien aus Sudan kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die fehlende Trennung der medizinischen Abfälle die

Implementierung von Autoklaven aufhält, besonders im Hinblick auf „scharfe und spitze Gegenstände“ (Hassan et al., 2018). Zusätzlich zeigten sie auf, dass in Gesundheitseinrichtungen, insbesondere in ländlichen Regionen, eine der Hauptgründe gegen Autoklav-Sterilisation der fehlende Strom für das Verfahren sei (Hassan et al., 2018). Birhanu und Mulu (2018) nennen ebenfalls das Problem der nicht vorhandenen Elektrizitätsversorgung in ländlichen Gebieten der Entwicklungsländer und forschten an einem solarbetriebenen Autoklav, um vor allem medizinische Instrumente einer Sterilisation zuführen zu können. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die Solarenergie sowohl der Druck von 2 bar als auch die Mindesttemperatur von 121 °C erreicht werden konnten, mit einer Zyklusdauer von 40 bis 60 Minuten (Birhanu und Mulu, 2018). Die sterilisierte Ausrüstung konnte anschließend gefahrlos wiederverwendet werden (Birhanu und Mulu, 2018).

Im asiatischen Raum wie in der Mongolei und in Indien konnte sich das Autoklavieren in ein paar wenigen moderneren Krankenhäusern als Behandlungsverfahren durchsetzen (Khan et al., 2019). Eine Studie im Iran ergab, in Anbetracht der aktuellen Vorschriften und der negativen Erfahrungen mit der Verbrennung als Behandlungsmethode, dass die Autoklavierung die präferierte Behandlungsoption für medizinische Abfälle ist, jedoch nicht vor Ort der Gesundheitseinrichtung, sondern außerhalb des Standortes (Taghipour et al., 2014). Ansari et al. (2019) berichten, dass um die 94 % der Krankenhäuser in Teheran ihre gefährlichen festen medizinischen Abfälle durch Autoklavieren behandeln, und dass Autoklaven in Entwicklungsländern hauptsächlich für die Reduktion der pathogenen Mikroorganismen und die Sterilisation medizinischen Equipments zum Einsatz kommen. Statistiken der UNEP (Emmanuel, 2012) berichten, dass zwei Autoklaven in Indien sowie Israel im Einsatz sind, und jeweils einer auf den Philippinen, im Iran und in Tansania.

Schlussendlich betont Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022), dass der Autoklav besonders für Entwicklungsländer längerfristig noch eine wichtige Rolle bei der Behandlung medizinischer Abfälle spielen könnte, da in vielen Krankenhäusern Autoklaven bereits im Einsatz sind, und das Wissen für den Umgang mit Autoklaven und für die Wartung deshalb bereits gegeben ist.

3.6.4. Chemische Desinfektion

Die chemische Desinfektion, bekannt für die Abtötung oder Inaktivierung von Mikroorganismen auf medizinischen Geräten sowie auf Böden oder Wänden von Gesundheitseinrichtungen, wird ebenfalls für die Behandlung von medizinischen Abfällen eingesetzt (WHO, 2014). Sie zählt, wie ihr Name bereits erwähnt, zu den chemischen Behandlungsmethoden. Die für die Desinfektion am häufigsten eingesetzte Chemikalie ist das gelöste Chlordioxid (Maseko, 2014). Es können aber ebenfalls Peroxyessigsäure und Natriumhypochlorit (Bleichmittel) zur Desinfektion eingesetzt werden (Maseko, 2014). Neben den bereits erwähnten flüssigen Chemikalien werden auch gasförmige, wie Propylenoxid oder Ethylenoxid, angewendet (Ahmad et al., 2019). Die Effizienz der Desinfektion hängt speziell vom pH-Wert, der Temperatur des chemischen Mittels, sowie vom Vorhandensein von prozessbeeinträchtigenden chemischen Verbindungen ab (Ahmad et al., 2019). Laut WHO (2014) werden diese Faktoren noch um folgende Einflusskomponenten ergänzt: der eingesetzten Menge der Chemikalie, dem Ausmaß des Kontakts zwischen Abfall und Desinfektionsmittel und der grundsätzlichen organischen Belastung des Abfalls. Im Behandlungsprozess kann ebenfalls Löschkalk (CaO) zugesetzt werden, welcher in der Reaktion mit Wasser Kalziumhydroxid bildet. Dieses ist besonders für eine Desinfektion effektiv, dennoch sollte während des Einsatzes nicht der empfohlene Grenzwert von 2mg/m³ überschritten werden (Ahmad et al., 2019). Laut Diaz et al. (2005) sollten die Desinfektionsmittel im Idealfall folgende Eigenschaften besitzen:

- 1) die Fähigkeit zur Zerstörung aller Mikroorganismen und Viren
- 2) ein hohes Niveau an Stabilität

- 3) ungiftig für Mensch und Tier
- 4) geschmacks- und geruchsneutral
- 5) verhältnismäßig preiswert

Viele der Desinfektionsmittel sind jahrelang haltbar und können ebenfalls über einen langen Zeitraum wirksam sein, einige bauen sich schneller ab (WHO, 2014). Deshalb sollte grundsätzlich beim Einsatz von chemischen Desinfektionsmitteln immer die Stabilität und die Haltbarkeit berücksichtigt werden (WHO, 2014).

Die chemische Desinfektion eignet sich am besten für flüssige medizinische Abfälle wie Blut, Urin, Stuhl oder Abwasser, jedoch auch für feste gefährliche Abfälle wie scharfe und spitze Gegenstände oder mikrobiologische Kulturen (WHO, 2014). Im Allgemeinen erfordert die chemische Desinfektion fester medizinischer Abfälle häufig eine Zerkleinerung, ein Zermahlen oder eine Durchmischung, um die Exposition gegenüber dem Desinfektionsmittel zu erhöhen (Maseko, 2014). Danach werden die chemischen Mittel mit den zerkleinerten Abfällen vermischt und unter Druck in einem geschlossenen Raum gehalten, bis alle infektiösen Mikroorganismen und Bakterien zerstört wurden (Ganguly und Charkraborty, 2021). Flüssige Abfallprodukte müssen zusätzlich einen Entwässerungsabschnitt durchlaufen, um das Desinfektionsmittel schließlich auszuwaschen (Maseko, 2014).

Es wurden bereits vollautomatische Anlagen in kleiner oder auch größerer Ausführung entwickelt, in welchen die Zerkleinerung, die Zugabe des Desinfektionsmittels und die anschließende Trennung des festen desinfizierten Abfalls von der Flüssigkeit in einem geschlossenen System durchgeführt wird (Diaz et al., 2005).

Vorteile der chemischen Desinfektion sind vor allem die einfache und kostengünstige Anwendung, da die Chemikalien weit verbreitet und leicht zugänglich sind (WHO, 2005b). Die WHO (2014) hat recherchiert, dass die laufenden Betriebskosten bei einer chemischen Desinfektion zwischen USD 0,15 pro kg bis zu USD 2,2 pro kg liegen können. Die Betriebskosten sind von der Größe der im Einsatz befindlichen Anlage und den zur Desinfektion verwendeten Chemikalien abhängig. Die Behandlung wird als besonders effizient angesehen, da sie keine gefährlichen Reststoffe erzeugt und eine besonders stabile Leistungsfähigkeit vorweist (Ganguly und Charkraborty, 2021). Die WHO und Weltbank (2005) empfehlen, die Behandlungsmethode als Grundbehandlungsschritt vor der Entsorgung für die Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ zu verwenden, um eine ausreichende Desinfektion zu gewährleisten. Zusätzlich zeigen die Untersuchungen von Ahmad et al. (2019), dass durch die chemische Desinfektion 78 % der „scharfen und spitzen Gegenstände“ nach der Behandlung dem Recycling, welches besonders für ressourcenärmerer Länder wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt, zugeführt werden können. Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022) weist ebenfalls auf den Wert der Metalle nach der chemischen Behandlung hin und hebt hervor, dass diese oft auf Grund ihres Wertes nach der Desinfektion über informelle Wege von den Krankenhausmitarbeiter*innen entsorgt werden. Des Weiteren zeigte eine asiatische Studie, dass die chemische Desinfektion hinsichtlich mit COVID-19 infizierter Abfälle sehr wirksam ist und dieses Behandlungsverfahren auch besonders schnell umgesetzt werden kann (Ilyas et al., 2020).

Bei der chemischen Desinfektion gibt es folgendes Gefährdungspotenzial, zum einen bei einem möglichen physischen Kontakt mit den Chemikalien und zum anderen, wenn nicht alle pathogenen Substanzen ausreichend desinfiziert wurden und es in weiterer Folge wieder zu unerwünschten Kontaminationen kommt (Chrisholm et al., 2021). Auch Studien zeigten weitere nachteilige Effekte dieses Behandlungsverfahrens auf, da die chemische Desinfektion negative Auswirkungen auf die Umwelt haben kann (Ahmad et al., 2019). Auf Grund des gegebenen Gefährdungspotentials ist die Akzeptanz beim medizinischen Personal für dieses Behandlungsverfahren sehr gering (Reza et al. 2018). Auf diese Gefahren verweist unter anderem auch die WHO (2014), da die starken Desinfektionsmittel oft besonders giftig und gefährlich sind. Dem Anwender sollten die physiologischen Auswirkungen bewusst sein, und der Behandlungsprozess sollte mittels Schutzkleidung wie Handschuhen und Schutzbrille

erfolgen. Auch das Behältnis für die Durchführung der chemischen Desinfektion sollte entsprechend ausgewählt werden, da bestimmte Materialien ebenfalls chemisch angegriffen werden können (WHO, 2014).

Anwendungsbeispiele in Entwicklungs- und Schwellenländern

In vielen Gesundheitseinrichtungen in Entwicklungsländern ist es Praxis, die chemische Desinfektion in einem recycelten meist mit Natriumhypochlorit befüllten Behälter durchzuführen (Diaz et al., 2005). Er wird als Zwischenlager für gebrauchte Nadeln verwendet, und stellt besonders für das medizinische Personal ein erhöhtes Risiko dar, da vom Behälter besonders starke Reizstoffe ausgehen (Diaz et al., 2005). Sobald der Behälter komplett befüllt ist, wird er verschlossen und samt Inhalt und Desinfektionsmittel der endgültigen Entsorgung zugeführt (Diaz et al., 2005).

In Afrika ist die chemische Desinfektion offiziell nicht stark verbreitet, dennoch ist sie vor allem in Algerien, in Jordanien und Ägypten neben der Verbrennung ein anerkanntes Behandlungsverfahren, da letztere durch den Einsatz von fossilem Brennmaterial als besonders umwelt- und gesundheitsgefährdend angesehen wird (Chrisholm et al., 2021). Aus den Experteninterviews geht jedoch hervor, dass sowohl in Kamerun wie auch in Simbabwe die chemische Desinfektion bereits als Behandlungsmethode speziell für die Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ etabliert ist (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022) (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022) Spritzen und Skalpelle werden in einer geeigneten Box gesammelt und gleichzeitig mittels Desinfektionsmittel sterilisiert. Die metallischen Gegenstände werden anschließend separat gesammelt. Es ist jedoch unklar, wie der Abfall anschließend verwertet wird, da eine weitere Behandlung beziehungsweise Vernichtung durch Verbrennung mittels DeMontfort-Verbrennungsofens nicht möglich ist und es auch keine Möglichkeit einer Altstoffsammlung gibt (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022).

In Indien gilt die chemische Desinfektion als bestmögliche Behandlungsmöglichkeit für flüssige medizinische Abfälle. Vor allem geschlossene und modernere Systeme gelten als zuverlässigere Methode als eine manuell betriebene Autoklav-Sterilisation (Capoor und Bhowmik, 2017).

3.7. Deponierung

Am Ende eines Abfallentsorgungssystems steht immer die Beseitigung. Die verbleibenden medizinischen Abfälle sollten nach einer Behandlung und/oder Verminderung auf einer Deponie entsorgt werden. Die direkte Deponierung von medizinischen Abfällen ist besonders in Entwicklungsländern noch immer eine aktuell praktizierte Entsorgungsmethode. Laut WHO (2014) gibt es zwei Arten der Deponierung. Erstens die unkontrollierte Ablagerung, in welcher Abfälle verstreut und unkontrolliert abgelagert werden. Diese Art der Deponierung ist mit besonderen Risiken für Menschen und Tiere verbunden, da sie besonders leicht mit infektiösem Abfall in Berührung kommen können (WHO, 2014). Zusätzlich fördert diese Praxis Verschmutzungsprobleme, Brände und Krankheitsübertragungen (WHO, 2014). Zweitens, die kontrollierte Deponierung, wo höhere technische Standards und bessere Betriebsverfahren eingesetzt werden, um die Gesundheits- und Umweltauswirkungen so gering wie möglich zu halten (WHO, 2014). Bei technisch gut ausgestatteten Deponien können ebenfalls infektiöse Abfälle sowie pharmazeutische Abfälle in kleinen Mengen deponiert werden (WHO, 2014). Diaz et al. (2005) hingegen unterscheiden drei Methoden für die Deponierung von medizinischen Abfällen: offene Deponien, kontrollierte Deponien und die Abfalldeponien nach Stand der Technik. Letztere ist ein technisches Bauwerk, die unter besonderer Berücksichtigung der geologischen, hydrologischen und sozialen Gegebenheiten des Gebiets angelegt ist (Diaz et al., 2005). Das Grundwasser in der Umgebung der Deponie wird ständig

überwacht, und es gibt einen umfassenden Plan für die Schließung und die Nachsorge (Diaz et al., 2005).

Grundsätzlich findet bei einer Deponierung, sowohl von gefährlichen als auch nicht gefährlichen Abfällen, ein anaerober Abbau Zersetzung oder aerobe Abbau statt. Bei der anaeroben Zersetzung werden bei der Deponierung Temperaturen von um die 65°C gehalten. Bei der aeroben Zersetzung werden durch Sauerstoffzugabe bei der Zersetzung sogar Temperaturen von bis zu 80°C erreicht (Jafari et al., 2016). Das verdeutlicht, dass nicht alle Keime und Viren durch die auf einer Deponie entstehenden Temperaturen abgetötet werden können. Bei den Sterilisations-Behandlungsverfahren wird eine Mindesttemperatur von 121°C gewährleistet. Erst nach der Sterilisation sollte der übriggebliebene Abfall deponiert werden oder als Ersatzbrennstoff einer Verbrennungsanlagen am Stand der Technik zugeführt werden (Windfeld und Brooks, 2015).

3.7.1. Direkte Deponierung medizinischer Abfälle

Gefährliche Abfälle aus dem Gesundheitswesen sollten vor der Deponierung immer einer Behandlung zugeführt werden. In extremen Fällen, in denen keine Behandlung möglich ist, können gefährliche Abfälle aus kleinen Einrichtungen des Gesundheitswesens auf dem Gelände vergraben werden, wo jedoch der Öffentlichkeit der Zugang verwehrt bleibt (WHO, 2014). Größere Einrichtungen sollten sich mit der örtlichen Deponie zusammenschließen, um eine dauerhaft abgedeckte und sich in einem abgesonderten Abschnitt befindende Grube für die medizinischen Abfälle zu errichten (WHO, 2014). Die unbehandelten und direkt deponierten medizinischen Abfälle, sind verschiedenen Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Speziell in tropischen Ländern werden die Abfälle während der Regenzeit in das Abwassersystem und möglicherweise in Flüsse und Bäche gespült und stellen ein Risiko für die Bevölkerung dar (Maseko, 2014).

Besonders die Abfallkategorie „pharmazeutischer Abfall“ stellt bei der offenen Deponierung eine große Gefahr dar. In afrikanischen Entwicklungsländern führte das dazu, dass Wirkstoffe und Inhaltsstoffe von verschiedenen Medikamenten ins Wasser gelangten und die Bodenqualität, sowie das Grundwasser stark beeinträchtigten (Chrisholm et al., 2021). Auch Ebert (persönliche Mitteilung, 2022) betont die Gefahr der offenen Deponierung, da toxische Substanzen ins Grundwasser gelangen und infektiöser Abfall von Tieren als auch vom Wind vertragen wird. Dies trägt dazu bei, dass sich wieder Krankheitserreger weiterverbreiten und entwickeln.

Oft werden pathologische Abfälle von den Krankenhäusern in Entwicklungsländern in Gruben entsorgt. Ein Beispiel hierfür ist die Plazenta-Grube. In einigen Gesellschaften ist das Vergraben der Plazenta ein Ritual und eine Möglichkeit der Entsorgung (WHO, 2014). Hierfür wird eine weitestgehend abgedichtete Betongrube in einiger Entfernung von den Behandlungsgebäuden gebaut, um das Ausdringen von Flüssigkeiten zu verhindern und der Geruchsentwicklung entgegenzuwirken (WHO, 2014). Auch in Burundi sind Plazenta-Gruben bzw. organische Gruben in allen untersuchten öffentlichen und privaten Krankenhäusern vorhanden (Niyongabo et al., 2019). Im Untersuchungszeitraum von 3 Jahren wurden die meisten pathologischen Abfälle inklusive der Plazenta in den Gruben entsorgt, was insgesamt 38 % der Gesamtmenge der medizinischen Abfälle ausmachte (Niyongabo et al., 2019). Niyongabo et al. (2019) betonen jedoch: Obwohl die Plazenta-Grube von der WHO für die Entsorgung empfohlen wird, ist sie keine sichere Methode für die Entsorgung aller pathologischen Abfälle. Zudem haben die Gruben ein geringes Fassungsvermögen von ca. 30 m³– 54 m³ und wurden ohne große Sicherheitsüberlegungen gebaut (Niyongabo et al., 2019).

In Afrika ist die direkte und offene Deponierung medizinischer Abfälle besonders attraktiv, weil sie kostengünstig ist und grundsätzlich reichlich Land verfügbar ist. Doch oft fehlt es an ausgewiesenen Deponien für die Entsorgung (Maseko, 2014). In Entwicklungsländern ist die offene Deponierung die gängigste Methode, medizinische Abfälle zu entsorgen (Diaz et al., 2005). Offene Ablagerung und unkontrollierte Abfalldeponien werden in Ländern wie Südafrika, Nigeria und Botswana stark genutzt (Chrisholm et al., 2021). Die Deponien sind gleichzeitig jene Option mit den meisten negativen Auswirkungen auf die Öffentlichkeit und die Umwelt, und Diaz et al. (2005) fordern daher die Umwandlung hin zu einer kontrollierten Deponie, um die potenziellen Risiken zu minimieren. Auch die eingeschränkten Behandlungskapazitäten machen Ländern in Afrika zu schaffen. Eine Studie in Südafrika ergab, dass das Aufkommen der medizinischen Abfälle die Behandlungskapazitäten um 35 % überschreitet (Maseko, 2014). Maseko (2014) schlussfolgert, auf Grund der fehlenden Erfassung der Abfalldaten, dass viele medizinische Abfälle illegal beseitigt werden.

Niyongabo et al. (2019) schreiben, dass in einer Studie in Kamerun im Jahr 2016 bloß 4 von 30 Krankenhäusern einen kleinen Verbrennungsofen für die Behandlung der medizinischen Abfälle hatten, die restlichen 26 Krankenhäuser entsorgten ihre Abfälle in offenen Gruben neben der Gesundheitseinrichtung. Ähnliche Ergebnisse zeigten Untersuchungen in Burundi, wo alle öffentlichen untersuchten Gesundheitseinrichtungen einen gewissen Anteil ihrer medizinischen Abfälle auf unkontrollierten Deponien entsorgten (Niyongabo et al., 2019). Die öffentlichen Gesundheitseinrichtungen waren für 95,5 % der pharmazeutischen Abfälle und für medizinische Kunststoffabfälle auf der offenen Deponie verantwortlich. Von allen untersuchten Krankenhäusern werden rund 30 % der festen medizinischen Abfälle auf der Deponie entsorgt (Niyongabo et al., 2019).

Eine weitere Studie in Nigeria veranschaulicht, dass mit der steigenden Krankenhausanzahl auch die klassischen Infektionskrankheiten wie Hepatitis und Typhus anstiegen (Maseko, 2014). Nachforschungen zeigten, dass unbehandelter medizinischer Abfall willkürlich deponiert wird und Altmetall, wie benutzte Skalpelle und Nadeln, teilweise weiterverkauft wurden (Maseko, 2014).

In Indien gibt es ebenfalls keine für medizinische Abfälle geeignete Abfalldeponie am Stand der Technik (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Dennoch wird ein signifikanter Anteil der medizinischen Abfälle ohne Behandlung deponiert. Die indische Mafia sowie auch Kartelle tragen dazu bei (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Dies bestätigen auch Patwary et al. (2011), da gefährliche medizinische Abfälle mit dem kommunalen Abfall der Stadt Dhaka entsorgt wurden und anschließend auf der allgemeinen Deponie abgelagert. In der Studie wurde ebenfalls festgestellt, dass dadurch während der Regenzeit das Sickerwasser der Deponien das für Haushalte und für die Landwirtschaft verwendete Wasser infiltriert hat (Patwary et al. 2011).

3.7.2. Deponierung nach einer Behandlung

Auch nach einer Behandlung muss der verbliebene medizinische Abfall einer finalen Entsorgung zugeführt werden. Bei Methoden wie Autoklavieren oder der Behandlung mittels Mirowellenstrahlen ist eine gefahrlose Deponierung des desinfizierten Abfalls möglich. Nach einem Verbrennungsprozess ist das Endprodukt die Asche, welche ebenfalls entsorgt werden muss. Im St. Theresa Krankenhaus in Simbabwe wurde die Asche im Einkammer-Verbrennungsofen in der Brennkammer zurückgelassen, und die Brennkammer war zu zwei Dritteln mit Asche gefüllt, berichtete Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022). Im Zuge des neu errichteten DeMontfort-Ofens wurde initiiert, dass die Asche bis auf weiteres nicht mehr offen deponiert wird, da durch die Witterung besonders leicht Schadstoffe in die Umwelt austreten. Daher wurde als Zwischenlösung die Deponierung der Asche in einer der zwei bereits installierten und wasserdichten Plazentagruben angestrebt (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). Im Provinzkrankenhaus in Simbabwe mit einem deutlich größeren

Verbrennungsofen hatte das Krankenhaus bereits eine betonierte Grube extra für die Entsorgung der Asche errichtet und diese auch fast vollständig mit den Verbrennungsrückständen befüllt (Hocheder persönliche Mitteilung, 2022).. In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern wird jedoch die Asche auf dem Feld als eine Art Düngemittel verteilt oder zum Teil ordnungsgemäß über das kommunale Abfallsystem entsorgt (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

In einem weiteren Krankenhaus in Kamerun wurde ebenfalls nach der offenen Verbrennung die verbleibende Asche in einer Grube deponiert. Dennoch wurde auch nach dem Bau der DeMontfort-Verbrennungsanlage der Umgang mit der Asche nicht geändert (Hutzler, persönliche Mitteilung, 2022). . Auch andere Studien in Kamerun dokumentierten gleiches Verhalten, Ascherückstände wurden in Gruben deponiert, was zu einer Intoxikation des landwirtschaftlichen Substrates führte (Mochungong, 2011). Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) betonte jedoch, dass in zukünftigen Projekten von *Technik ohne Grenzen* betreffend Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle eine extra Aschengrube gebaut werden soll. Der zusätzliche Bau einer wasserfesten Aschengrube generiert jedoch extra Kosten, welche in den Hilfsprojekten oft nicht einkalkuliert sind (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022).

In Nepal wird mit der Asche nach der offenen Verbrennung ähnlich umgegangen, oft landet sie in Gruben oder wird verstreut. Die Asche beinhaltet teilweise noch Anteile von Spritzennadeln, da diese durch die offene Verbrennung mit geringerer Temperatur nicht komplett zerstört werden konnten (Ebert, persönliche Mitteilung, 2020).

Eine Analyse von zwei städtischen Krankenhäusern in Südafrika zeigt, dass in beiden Einrichtungen die offene Deponierung der verbliebenen Asche nach der Verbrennung vor Ort die Norm für die Entsorgung darstellt (Namathaga et al., 2008). Obwohl die unkontrollierte und direkte Deponierung jeglicher Art von medizinischen Abfällen am Gelände der Gesundheitseinrichtung im Land gesetzlich verboten ist, gibt es hier speziell für Ascherückstände grobe Umsetzungslücken (Namathaga et al., 2008).

Khan et al. (2019) berichten, dass in asiatischen Entwicklungsländern medizinische Abfälle noch häufig auf kommunalen Deponien unkontrolliert deponiert werden, speziell in den Ländern Bangladesch, Mongolei und dem Iran ist diese Praxis noch weitverbreitet. In Bangladesch fehlt grundsätzlich eine Deponie am Stand der Technik für die Entsorgung medizinischer Abfälle (Reza und Akter, 2018). 12 von 40 befragten Einrichtungen vergruben die nach der Behandlung übrig gebliebenen Abfälle und Rückstände neben dem Gelände, die restlichen 28 nutzen die konventionelle städtische Deponie für die Entsorgung ihrer Abfälle (Reza und Akter, 2018).

Speziell die unkontrollierte Deponierung medizinischer Abfälle wie auch die Behandlungsmethoden erzeugen Nebenprodukte mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen sowie auch auf die Umwelt. Diese Nebenprodukte werden in den nächsten Kapiteln noch genauer erläutert.

3.8. Gefahren und Risiken

Die unsachgemäße Entsorgung und Behandlung medizinischer Abfälle führt zu Umweltrisiken und auch Risiken für die menschliche Gesundheit. Im Vergleich zu den Industrieländern ist die Entsorgung von Krankenhausabfällen in Entwicklungsländern besonders besorgniserregend, da die Abfälle oft unkontrolliert deponiert oder beispielsweise ohne Sekundär-Brennkammer oder Rauchgasreinigungssysteme verbrannt werden. Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022) verdeutlicht, dass das Unwissen über die Gefahren und Risiken eines der größten Problemfelder bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in Entwicklungs-

und Schwellenländer darstellt. Es fehlt grundsätzlich das Verständnis, dass durch veraltete Verbrennungstechnologien sowie das Fehlen von Kontrollsystemen während des Verbrennungsprozesses der medizinischen Abfälle neue Umweltgefahren entstehen (Hocheder, persönliche Mitteilung, 2022). Durch die Vermischung der Abfälle ist ein effektiver Betrieb nicht gegeben, und es entstehen Sekundärprobleme (Köberlein, persönliche Mitteilung, 2022).

In den folgenden Kapiteln werden jeweils die umweltrelevanten und gesundheitsbelastenden Nebenprodukte genauer erläutert, welche im Zusammenhang mit der Behandlung und Entsorgung medizinischer Abfälle entstehen.

3.8.1. Gesundheitsrisiken

In Entwicklungs- und Schwellenländern ist die medizinische Grundversorgung oft schwierig, der Schutz des Gesundheitspersonals hat keine Priorisierung und stellt eine Herausforderung dar (Mochungong, 2011). Neben dem Personal sind auch weitere mit solchen Abfällen hantierende Personen, wie Kinder, den Folgen des nachlässigen Umgangs von medizinischen Abfällen ausgesetzt (Mochungong, 2011).

Laut Mochungong (2011) gibt es mehrere potenzielle Gesundheitsfolgen, die mit einer unsachgemäßen Behandlung und Entsorgung medizinischer Abfälle in Zusammenhang gebracht werden (siehe Tabelle 9). Speziell Unfälle durch Unachtsamkeit und Unwissen können weitreichende Folgen haben. Besonders die kontaminierten Spritzen und Skalpelle beinhaltende Kategorie „scharfe und spitze Gegenstände“, sind für die menschliche Gesundheit gefährlich, da durch perkutane Verletzungen und durch Schnitte Krankheitserreger direkt in den Blutkreislauf eindringen können. Prüss-Üstün et al. (2003) führten in ihrer Veröffentlichung für die WHO an, dass mehr als 3 Millionen Beschäftigte im Gesundheitswesen sich jedes Jahr nachhaltig durch scharfe und spitze Gegenstände verletzen. Ihren Analysen zufolge waren 40 % - 65 % der Hepatitis-B- und Hepatitis-C-Infektionen in Entwicklungsländern auf perkutane berufsbedingte Exposition zurückzuführen (Prüss-Üstün et al. 2003). Doch die Krankheitsübertragung erfolgt nicht nur durch berufsbedingte Verletzungen, sondern auch durch den Verkauf der infektiösen medizinischen Instrumente über den informellen Sektor (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Speziell in afrikanischen Ländern werden Abfälle der Kategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ wie Spritzen an Händler weiterverkauft (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Obwohl Köberlein (persönliche Mitteilung, 2022) den informellen Sektor sehr präsent bei Recyclingmetallen nach einer chemischen Behandlung erlebt, sieht er den Weiterverkauf der potenziell infizierten Metalle an Lieferanten nur mehr als Einzelfälle an, da das Beschaffungssystem von Gesundheitseinrichtungen heutzutage sehr gut funktioniert, dies vor allem in Ländern wie Nepal, Indien und Pakistan.

Die Trennung der medizinischen Abfälle in die verschiedenen Kategorien ist der erste Schritt, um Emissionen von Alkoholen, Phenolen, Formaldehyd und anderen organischen Verbindungen in die Luft zu verhindern (Zafar, 2019). Besonders für die Behandlungsfachkräfte stellen diese Emissionen ein Gesundheitsrisiko dar (Zafar, 2019). Auch die Belastung durch die Geruchsbelästigung speziell in unmittelbarer Umgebung der chemischen Desinfektion sowie von Mikrowellengeräten, also auch bei Autoklaven, hat gesundheitliche Folgen (WHO, 2014). Für die wärmebasierten Technologien kann dem mittels Filter und auch ausreichend Belüftung jedoch entgegengewirkt werden (WHO, 2014). Auch giftige Schadstoffe können bei der Behandlung mittels Autoklavs entstehen, vor allem wenn gefährliche Chemikalien oder Schwermetalle in die Behandlungskammer gelangen. Unzureichend getrennte Abfälle können geringe Alkohole, Phenole, Formaldehyd und andere organische Verbindungen in die Luft abgeben (WHO, 2014).

Wie ebenfalls in Tabelle 9 ersichtlich, hat speziell die Behandlungsmethode durch Verbrennung, je nach Stand der Technik, unterschiedliche Auswirkungen auf die menschliche

Gesundheit. Zu diesem Ergebnis kam eine Studie in Pakistan, welche die verschiedenen Behandlungsmethoden für medizinische Abfälle hinsichtlich ihrer negativen Auswirkungen verglichen hat (Ahmad et al., 2019). Die Ergebnisse zeigten, dass die Behandlungen mittels Verbrennungstechnologien die größten Auswirkungen hinsichtlich Humantoxizität haben, wobei bei der Pyrolyse und der chemischen Desinfektion die Humantoxizität nur an zweiter Stelle angeführt wird (Ahmad et al., 2019). Hier sollte jedoch Verbrennungsanlagen am Stand der Technik mit Temperatur- und Emissionskontrollen differenziert betrachtet werden, da in der Studie von Ahmad et al. (2019) nicht nach Verbrennungstechnologien im Zuge der Beurteilung unterschieden wird. Die WHO veröffentlichte in einer Studie 2004 (Batterman, 2004), das speziell kleine Verbrennungsanlagen vor Ort, wie zum Beispiel Einkammer-, Trommel- und Ziegelsteinverbrennungsanlagen, nicht die Anforderungen des Stockholmer Übereinkommens erfüllen. Zudem führt schon eine mittlere Nutzung von ungefähr 2 Stunden pro Tag zu inakzeptablen Krebsrisiken (Batterman, 2004).

Tabelle 9 - potenzielle Gesundheitsfolgen, die mit einer unsachgemäßen Behandlung und Entsorgung medizinischer Abfälle in Zusammenhang gebracht werden (eigene Darstellung nach Mochungong, 2011 & WHO, 2014)

Einflussfaktoren auf die Gesundheit	Ursprung/Quelle	gesundheitliche Auswirkungen & Folgen
Luftverschmutzung	Verbrennungsanlage (je nach Stand der Technik) unkontrolliertes Verbrennen	Krebs Herz-Kreislaufkrankungen Atemwegserkrankungen Allergien & Unverträglichkeiten
Boden- und Wasserverschmutzung	direkte Deponierung von chemischem & pharmazeutischem Abfall Sickerwasser & Flugasche	Krebs Herz-Kreislaufkrankungen Atemwegserkrankungen Allergien & Unverträglichkeiten
Geruchsentwicklung	Chemische Desinfektion unkontrollierte/offene Deponien Verbrennung Autoklavieren Mikrowellenbehandlung	Belästigung, Angst & Stress Verminderte Lebensqualität
Unfälle (Feuer, Explosionen usw.)	Behandlungsanlagen/verfahren unkontrolliertes Verbrennen direktes Deponieren (speziell scharfe und spitze Gegenstände)	Verletzungen Tod verzerrte Risikowahrnehmung (über- oder unterschätzt)

Speziell die bei der Verbrennung entstehenden Dioxine und Furane stellen ein besonderes Risiko für die menschliche Gesundheit dar, welches jedoch erst im nächsten Kapitel noch genauer erläutert wird. Bei einer akuten Exposition kann es zu Hautläsionen und veränderten

Leberfunktionen kommen, bei einer längerfristigen Exposition muss mit einer Beeinträchtigung des Immunsystems, des Nervensystems, des endokrinen Systems und der Fortpflanzungsfunktionen gerechnet werden (Batterman, 2004).

Bei der direkten Deponierung speziell der gefährlichen medizinischen Abfälle tragen besonders die Arbeiter*innen der Deponie ein sehr hohes Verletzungs- bzw. Erkrankungsrisiko. So belegt eine Studie in Dhaka, Indien, dass Arbeiter*innen, die körperlichen Kontakt zu medizinischen Abfällen haben, öfters an Hauterkrankungen, Atemwegserkrankungen sowie auch Magen-Darm-Erkrankungen leiden (Patwary et al., 2011). Am schwerwiegendsten sind jedoch die Verletzungen durch die nicht ordnungsgemäß entsorgten spitzen Gegenstände, wie Nadeln und Skalpelle. So gaben 94 % der befragten Arbeiter*innen auf der Deponie an, bereits eine solche Unfallverletzung erlitten zu haben (Patwary et al., 2011). Eine weitere Studie aus den USA bestätigt diese Annahme. Injektionsnadeln und weitere scharfe und spitze Gegenstände stellen eine potenzielle Gefahr dar, und sie sind wesentliche Überträger von Infektionskrankheiten (Collins und Kennedy, 1992). Die Ergebnisse zeigten auch, dass Keime und Viren nicht ausschließlich von medizinischen Abfällen stammen, denn die größte Anzahl an Mikroorganismen enthält noch immer der deponierte Siedlungsabfall (Collins und Kennedy, 1992).

Eine weitere nicht zu unterschätzende Gefahr geht ebenfalls von bei Strahlentherapien entstehenden und nicht ordnungsgemäß entsorgten radioaktiven Abfällen aus. Da radioaktive Abfälle auch keiner der üblichen Behandlungsmethoden für medizinische Abfälle zugeführt werden sollen, kam es schon zu einigen dokumentierten Strahlungsunfällen in Algerien, Mexiko und Marokko durch unsachgemäße Entsorgung, wie Babanyara et al. (2013) berichten. Auch Micheal Köberlein von der GIZ (persönliche Mitteilung, 2022) verdeutlicht die Problematik der aktuellen Lage im Umgang mit radioaktiven Abfällen: „Kein Land hat hierfür eine richtige Lösung, und zudem wird diese Problematik oft unter den Teppich gekehrt. Auch in Studien oder in wissenschaftlichen Abhandlungen findet man diese Thematik nur ganz schwer.“

3.8.2. Gefahren durch Emissionen und Nebenprodukte

Die Verbrennung ist die am weitesten verbreitete Methode zur Behandlung von medizinischen Abfällen in Entwicklungsländern. Neben dem einzigartigen Vorteil der Verringerung des Abfallvolumens bis zu 90 % und der vollständigen Sterilisierung hat sie auch einige Nachteile. Der größte Nachteil ist die Entstehung der Nebenprodukte wie Schlacke, Flugasche und gasförmige Emissionen, welche je nach Art der Verbrennung und der unterschiedlichen Betriebsbedingungen eine Vielzahl an Schadstoffen mit sich bringen (Mochungong, 2011). In vielen Entwicklungsländern wird die Asche unkontrolliert deponiert oder einfach in der Landschaft verstreut. Durch diese Art der Entsorgung können Schadstoffe ins Grundwasser gelangen und die Umwelt sowie die natürlichen Ressourcen verschmutzen (Zafar, persönliche Mitteilung, 2022). Speziell wenn die Verbrennung unzureichend kontrolliert wird, entstehen gesundheitliche Probleme verursachende Nebenprodukte wie flüchtige Metalle, Dioxine, Furane und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (WHO, 2014). Auch Schwermetalle können durch die Ausbringung der Asche mit dem Regen in den Boden eindringen und die Qualität des Bodens schädigen (Wei et al., 2021).

In den folgenden Kapiteln wird die Entstehung von organischen Schadstoffen und Schwermetallen, speziell in Aschen und Flugaschen, genauer mit den einhergehenden Risiken erläutert.

3.8.2.1. Organische Schadstoffe

Polychloriertes Dibenzo-Dioxin/Dibenzo-Furan (PCDD/PCDF)

Die regulierten medizinischen Abfälle enthalten grundsätzlich eine erhebliche Menge an chlorhaltigen Abfällen, wie Polyvinylchlorid (PVC) oder Desinfektionsmittel. Daher ist es möglich, dass bei der Verbrennung die als gefährliche Schadstoffe klassifizierten Dioxine und Furane produziert werden (Alvim Ferraz und Afonso., 2003). ‚Dioxine‘ ist ein häufig verwendeter Überbegriff für eine Gruppe chemisch ähnlicher Verbindungen, die aus 75 chlorierten Dibenzo-Dioxinen (PCDD) und 135 chlorierten Dibenzo-Furanen (PCDF) bestehen. Viele dieser organischen Verbindungen haben eine toxische Wirkung, beziehungsweise wurden als krebserregend eingestuft (Alvim Ferraz und Afonso, 2003). Untersuchungen von geregelten Verbrennungsanlagen haben gezeigt, dass die Dioxinmissionen proportional zu der Zeit sind, in der die Abgase im Temperaturbereich von 400°C bis 200°C gehalten werden (Alvim Ferraz und Afonso, 2003). Die Hauptgründe für die Bildung von Dioxinen sind die unzureichende Zerstörung der im Abfallstrom vorhandenen Dioxinvorläufern wie chlorhaltige Materialien und Plastik, die unvollständige Zerstörung langkettiger organischer Verbindungen und ein Verbrennungsprozess bei niedrigen Temperaturen (Alvim Ferraz und Afonso, 2003). Diese Gefahren wurden bereits im Stockholmer Übereinkommen (Sekretariat des Stockholmer Übereinkommens, 2019) festgehalten, welches besagt, wenn medizinische Abfälle unter nicht standardisierten Bedingungen verbrannt werden, dann besteht die Gefahr der Freisetzung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) in relativ hohen Konzentrationen.

Dies verdeutlicht auch eine Studie von Coutinho et al. (2006), welche die atmosphärischen Dioxinwerte in der Region Porto (Portugal) analysiert und eine deutliche Verschlechterung der Luftqualität in städtischen Gebieten aufzeigt. Die Abschaltung von zwei Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle in Porto verursachte einen Rückgang der atmosphärischen Konzentrationen von Dioxinen und Furanen um etwa 50 %, sowohl im Winter als auch im Sommer. Ebenso zeigt sich in Tunesien, dass die mangelnde Trennung, die Vermischung medizinischer Abfälle mit Siedlungsabfällen sowie die offene Verbrennung und wartungsbedürftige sowie veraltete Verbrennungsöfen für 90 % der gesamten Dioxin- und Furan-Emissionen des Landes verantwortlich sind (Chrisholm et al. 2021).

Die Studie von Alvim Ferraz und Afonso (2003) zeigt, dass die Dioxinmissionsfaktoren für die Verbrennung medizinischer Abfälle ebenfalls von der Zusammensetzung der Abfälle abhängig sind. Besonders die Kategorie der gefährlichen Abfälle, welche bereits größere Menge an Dioxinvorläufern aufweisen, hat sehr hohe Konzentrationen und einen hohen Emissionsfaktor. Auch zuvor chemisch desinfizierte Abfälle können zur Bildung von Dioxinen bei der anschließenden Verbrennung beitragen, speziell wenn ein Desinfektionsmittel auf Chlorbasis benutzt wurde (Diaz et al., 2005). Doch das Maximum an Dioxinmenge laut Untersuchungen von Alvim Ferraz und Afonso (2003) entsteht bei der Verbrennung von ungetrennten Abfällen, wenn alle Kategorien von Abfällen vermischt sind. Je nach Abfallzusammensetzung waren die ermittelten Konzentrationen 93 bis 710-mal höher als der vorgeschriebene Grenzwert (Alvim Ferraz und Afonso, 2003). Besonders die in Entwicklungsländern vor Ort eingesetzten kleinen Verbrennungsanlagen beispielweise die DeMontfort- Verbrennungsanlage können den modernen Emissionsstandard für Dioxine und Furane nicht einhalten, da weder eine Überwachung des Verbrennungsprozesses existiert noch die Möglichkeit besteht, die Emissionswerte zu messen (Batterman, 2004).

Besonders die Asche aus der Verbrennung bietet ideale Bedingungen für die Bildung von Dioxinen und Furanen, da sie meistens über einen langen Zeitraum einer Temperatur von 200 bis 450 °C ausgesetzt ist (WHO, 2014). Mochungong (2011) analysierte Ascheproben aus einer offenen Verbrennungsgrube für medizinische Abfälle und einer kleinen Einkammer-Verbrennungsanlage am Gelände der Gesundheitseinrichtung in Kamerun. Der Gesamtgehalt der Dioxine (PCDD) betrug bei der Probeentnahme aus der Verbrennungsanlage 54,80 ng/g

und 108,65 ng/g bei der Probeentnahme aus der offenen Verbrennungsgrube. Bei Furanen (PCDF) kam er auf Gesamtgehaltswerte von 2,99 ng/g bzw. 4,55 ng/g (Mochungong, 2011).

Wei et al. (2017) zeigen in ihrer Studie einen Lösungsansatz, um PCDDs und PCDFs aus der Asche nach der Verbrennung von medizinischen Abfällen zu eliminieren. Durch die Anwendung einer Mikrowellenbehandlung ist es bei 2100 Watt und 7 Minuten möglich, eine Gesamt-Eliminierungseffizienz von PCDD/PCDFs von 99,6 Gewichts-% zu erreichen und die Toxizität stark zu senken (Wei et al. 2017). Sie zeigten damit, dass die Behandlung mit Mikrowellenstrahlung eine umweltfreundlichere Alternative zur direkten Deponierung und Ausbringung in die Landschaft darstellt (Wei et al. 2017).

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) entstehen bei der Verbrennung medizinischer Abfälle vor allem bei Aluminiumfolien, Polyethylen (PE), Polyester-Terephthalat (PET), Polyvinylchlorid (PVC) und Polypropylen (PP) (Ansari et al., 2019). Sie gelten als weniger wasserlöslich, haben jedoch eine hohe Oberflächenassimilation an festen Partikeln, welche durch Staub oder Niederschlag in die Umwelt eindringen (Ansari et al., 2019). Drwal et al. (2019) erkannten, je höher das Molekulargewicht der PAKs und je mehr Ringstrukturen sie aufweisen, desto höher ist die toxische Wirkung.

In der Studie von Chen et al. (2013b) wurden die Asche und Flugasche von Verbrennungsanlagen für medizinische Abfälle untersucht und diese ergab, dass die Summe an PAKs in Flugasche 103-mal höher war als der in der Bodenasche. Der größte Anteil der enthaltenen PAKs wurde als krebserregend eingestuft, in der Flugasche belief sich das auf ca. 98 % der Anteile (Chen et al., 2013b). Dies bestätigt auch die Studie von Zhao et al. (2008), die ebenfalls zu dem Ergebnis kamen, dass in der Bodenasche vor allem PAK mit niedrigem Molekulargewicht enthalten ist, im Vergleich dazu waren in der Flugasche PAKs mit mittlerem und hohem Molekulargewicht enthalten. Zudem zeigte sich, dass bei offenen Verbrennungsstellen PAKs eher durch Luft und Oberflächenwasser in die Umwelt gelangen (Chen et al., 2013b).

In China zeigte sich beim Vergleich der Verbrennungstechnologien und der Bildung von PAKs, dass eine mittelgroße Verbrennungsanlage eine größere Menge (+30 %) an PAKs erzeugt als eine kleine Verbrennungsanlage vor Ort (Zhao et al. 2008). Die Ergebnisse von Zhao et al. (2008) belegen ebenfalls, dass alle untersuchten Aschen aus den Verbrennungsanlagen die Grenzwerte für die Ausbringung auf den Boden teilweise um das um das 100-fache überschreiten. Mochungong (2011) analysierte in Kamerun Aschenproben aus einer offenen Verbrennungsgrube für medizinische Abfälle und einer kleinen Verbrennungsanlage auf dem Gelände eines Krankenhauses. Er kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass beide Aschenproben vorwiegend PAKs mit mittlerem und niedrigem Molekulargewicht aufwiesen. Auch hier zeigte sich, dass sich die PAK-Gehalte deutlich unterscheiden. Die PAK-Gehalte der Asche aus der offenen Verbrennungsgrube waren um mehrere Größenordnungen höher als jene aus der Verbrennungsanlage (Mochungong, 2011).

3.8.2.2. Schwermetalle

Im Abfall enthaltene Schwermetalle können während des Verbrennungsprozesses emittiert werden also auch über die Asche in die Umwelt ausgetragen werden (Fritsky et al., 2001). Grundsätzlich werden Schwermetalle von allen Verbrennungsanlagen oder -technologien emittiert. Einige davon sind bereits in niedrigen Konzentrationen toxisch, langlebig und lagern sich leicht in der Umwelt ab (Mochungong, 2011). Besonders die bei der Abfallverbrennung anfallende Asche enthält nachweislich erhebliche Konzentrationen von Schwermetallen, sowohl in der Schlacke als auch in der Flugasche (Amfo-Otu et al., 2015). In der Schlacke machen Schwermetalle bis zu 1,5 % des gesamten chemischen Gehaltes aus. Die Flugasche weist im Vergleich dazu nur teilweise Spurenelemente von Schwermetallen auf, da sie

grundsätzlich aus feinen Partikeln besteht (Mochungong, 2011). Die toxischen Anteile von Schwermetallen in der Asche stammen aus mehreren in medizinischen Einrichtungen verwendeten Produkten, beispielsweise Zubehör aus Kunststoff und auch Bleibatterien (Tufail und Khalid, 2008). Besonders farbige Kunststoffe, wie farbige Säcke für die Trennung der medizinischen Abfälle, sind Auslöser für Schwermetall-Emissionen (Tufail und Khalid, 2008). Auch das Verbrennen von scharfen Gegenständen verursacht erhöhte Schwermetallkonzentrationen in den Aschen. Diese Kategorie von Abfall wird speziell in Entwicklungsländern wie beispielweise Ghana noch immer häufig der Verbrennung zugeführt (Amfo-Otu et al., 2015).

Die Schlacke aus einer ordnungsgemäßen Verbrennungsanlage für medizinische Abfälle besteht aus SiO_2 (26,1 %), CaO (30,5 %) und Al_2O_3 (10,0 %) und enthält zusätzlich große Mengen an Schwermetallen wie Zn, Ti, Ba, Pb, Mn, Cr, Ni und Sn (Mochungong, 2011). Nachgewiesen krebserregend sind Cr und Ni. Pb gilt eher als unsicheres Karzinogen. Allgemein sind die Wirkungsmechanismen der karzinogenen Metalle noch nicht vollständig bekannt (Beyersmann, 2002)

Eine Studie aus Pakistan untersuchte mehrere Proben von Asche aus Krankenhaus-Verbrennungsanlagen, allesamt Zweikammer-Verbrennungsöfen (Tufail und Khalid, 2008). Die Ergebnisse zeigen, dass alle Proben einen erheblichen Anteil an Schwermetallen beinhalten. Die Schwermetalle Pb, Cu, Zn und Ni sind in allen Proben in relativ hohen Konzentrationen vorhanden. Weniger präsent in den Proben waren Cr und Cd. Das Auffinden der Metalle in der Asche deutet darauf hin, dass ein erheblicher Anteil an Metallen bereits im Abfallmaterial enthalten war und dass ebenfalls ein geringer Teil der Schadstoffbelastung durch Flugasche aus dem Schornstein entweicht (Tufail und Khalid, 2008). In einer Krankenhausprobe war der Pb-Gehalt deutlich erhöht. Dies ist laut Tufail und Khalid (2008) darauf zurückzuführen, dass dort die Abfälle mit einer geringeren Temperatur verbrannt wurden, und sich deshalb Pb in der Asche absetzt. Bei höheren Temperaturen würde es sich verflüchtigen und in das Rauchgas übergehen.

Eine weitere Studie aus Ghana kam bei ihren Analysen von Ascherückständen zu dem Ergebnis, dass Pb die höchste Konzentration zwischen 63,6 mg/kg und 166 mg/kg aufwies. Im Vergleich dazu kommt Hg mit einer sehr geringen Konzentration zwischen 0 und 3,65 mg/kg vor (Amfo-Otu et al., 2015). Die Ascherückstände aus DeMontfort-Verbrennungsanlagen hatten die höchsten Pb-Konzentrationen und auch gesamt höhere Schwermetallgehalte als jene Rückstände aus der offenen Verbrennung der medizinischen Abfälle am Grundstück der Gesundheitseinrichtung (Amfo-Otu et al., 2015). Amfo-Otu et al. (2015) erklären die erhöhte Konzentration aus den Aschen der DeMontfort-Verbrennungsöfen durch die Mitverbrennung von Kunststoffen und Schläuchen. Auch Quecksilber konnte in zwei Aschenproben gefunden werden, welches bei offener Verbrennung verdunstet und beim Einatmen Quecksilbervergiftungen verursacht (Amfo-Otu et al., 2015). Mochungong (2011) analysierte die Aschen aus Krankenhäusern in Kamerun und konnte Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Mg und Ca nachweisen. Alle drei Anlagen hatten erhöhte Kalzium-Konzentrationen, nur eine Anlage hatte auffallend hohe Pb-Konzentrationen (Mochungong, 2011).

Bei der direkten Ausbringung und Deponierung der Asche von medizinischen Abfällen haben die hohen Schwermetallkonzentrationen zur Folge, dass der Wind die Schwermetalle weiterträgt und diese daraufhin möglicherweise eingeatmet werden, und bei Regen wird die Asche ausgewaschen und die Schwermetalle gelangen in den Boden und damit ins Grundwasser (Tufail und Khalid, 2008). In einer weiteren Studie aus Ghana nahmen die Autor*innen Bodenproben in 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m und 1200 m Entfernung von der Verbrennungsanlage, um den Schwermetallgehalt zu ermitteln (Adama et al. 2016). Das Ergebnis zeigt, dass der Boden bei einem Radius von 60 Metern mit Metallen belastet war

sowie auch dass die Ascherückstände aus der DeMontfort-Verbrennungsanlage die Grenzwerte von Zn, Pb, Cr und Cd überschritten (Adama et al. 2016).

Daher ist für die Verbrennung von medizinischen Abfällen grundsätzlich auch eine Rauchgasreinigungsanlage erforderlich, was für den Betreiber der Anlage zusätzliche Mehrkosten bedeutet. Bei kleineren Mengen sind solch hohe Investitionen jedoch nicht mehr rentabel (Ilyas et al., 2020) und es empfiehlt sich, auf alternative Technologien umzusteigen (Chen et al., 2013b).

4. Diskussion

In den folgenden Kapiteln werden nun die Forschungsfragen in Bezug auf die verschiedenen Situationen und Umgangsweisen in den Entwicklungs- und Schwellenländern diskutiert. Am Ende jeder Thematik wird ein „Best-Practice“ Land hervorgehoben, wo das Abfallmanagement der medizinischen Abfälle funktioniert, beziehungsweise wo bereits die richtigen Ansätze gegeben sind. Ebenso wird nochmals verdeutlicht, in welchen Bereichen es ein Verbesserungspotenzial gibt und welche Problemfelder in den Ergebnissen beobachtet wurden.

4.1. Arten an medizinischen Abfällen, Kategorisierung & Aufkommen

Die Definition von medizinischen Abfällen differenziert sich weltweit, das liegt einerseits daran, dass die Thematik erstmals vor ungefähr 30 Jahren ernstzunehmend diskutiert wurde und speziell in den Entwicklungs- und Schwellenländern nicht priorisiert wurde, und andererseits ist es Aufgabe der nationalen Politik, die Definition sowie auch die Kategorisierung rechtlich zu verankern. Jedoch gibt es eine allgemeine Übereinstimmung in den unterschiedlichen Definitionen: Medizinische Abfälle werden als jene Abfälle anfallend in Gesundheitseinrichtungen oder gesundheitsnahen Einrichtungen wie Pflegeheimen oder ähnlichen Einrichtungen definiert, zudem müssen sie mit besonderer Vorsicht behandelt und entsorgt werden, da sie eine potenzielle Gefahr für die öffentliche Gesundheit darstellen können.

In Entwicklungsländern, die meist kein Abfallwirtschaftssystem für Siedlungsabfälle eingeführt haben, ist eine rechtliche Grundlage für medizinische Abfälle ebenfalls oft nicht gegeben, hierzu zählen beispielsweise Länder wie Eritrea, Lesotho und Ghana. Tansania hat Rechtsvorschriften für feste Abfälle jedoch keine für medizinische Abfälle. Die Ergebnisse der Experteninterviews bestätigen allesamt, dass eine Definition und eine rechtliche Basis der erste Schritt für eine Verbesserung im medizinischen Abfallmanagement ist und dass besonders die afrikanischen Entwicklungs- und Schwellenländer hier noch Nachholbedarf haben. Im asiatischen Raum hingegen sind schon mehrere Richtlinien im Umgang mit medizinischen Abfällen aufzufinden, allen voran in Nepal, China und Indien. Jedoch ergänzt der indische Experte Zafar (persönliche Mitteilung, 2022), dass die Gesetzgebung allein nicht ausreichend ist, wenn es anschließend an der Umsetzung der Gesetze scheitert. Die Verantwortung und die Finanzierung für ein angemessenes Entsorgungs- und Behandlungssystem der medizinischen Abfälle liegen im Endeffekt jedoch meistens bei den Gesundheitseinrichtungen selbst.

Die WHO hat erstmals 1999 einen Leitfaden für den Umgang mit medizinischen Abfällen veröffentlicht, welcher 2014 überarbeitet und aktualisiert wurde. Die meisten Entwicklungs- und Schwellenländer orientieren sich an diesen Standards, und sie werden auch wie zum Beispiel in Nepal in einer national verbindlichen Richtlinie implementiert (nepalesische Regierung, 2020). Dieser Leitfaden untergliedert die Abfälle in die zwei wichtigsten Überkategorien nämlich gefährliche und nicht gefährliche Abfälle. Laut WHO (2014) umfassen die gefährlichen Abfälle scharfe und spitze Gegenstände, infektiösen Abfall, pathologischen Abfall, pharmazeutischen/zytotoxischen Abfall, chemischen Abfall sowie auch radioaktiven Abfall. Hier zu erwähnen gilt, dass die WHO beispielweise Elektroaltgeräte in ihrer Kategorisierung nicht genauer definiert, sondern zum Beispiel kaputte Thermometer oder auch defekte Blutdruckmessgeräte in die Kategorie „chemischer Abfall“ einordnet.

Die Literatur bestätigt, dass die meisten Länder ihre medizinischen Abfälle in gefährliche und nicht gefährliche Abfälle unterteilen. Die WHO sagt, dass der Anteil der gefährlichen Abfälle

bei rund 10 % bis 25 % liegt, wenn man das jedoch mit den Fallstudien vergleicht, kommen nur sehr wenige Entwicklungs- und Schwellenländer diesem Prozentsatz nahe. In den Untersuchungen von Ansari et al. (2019) liegen bloß Bangladesch, Palästina und Ghana innerhalb dieses Bereiches, wobei es sich bei Ghana um eine Fehlinterpretation der Quelldaten handelte und einige Kategorien von gefährlichen Abfällen ausgeschlossen wurden. Die meisten Entwicklungs- und Schwellenländer pendeln sich bei einem Prozentsatz zwischen 40 % und 60 % Anteil von gefährlichen Abfällen ein. Die Ergebnisse verdeutlichen, wie ausschlaggebend eine grundlegende Definition der Kategorien und Abfallarten ist, um valide Vergleiche ziehen zu können, ebenso deuten die Ergebnisse auf eine unzureichende Trennung hin, welche im nächsten Kapitel noch genauer diskutiert wird.

Die Literaturergebnisse zeigten außerdem, dass es eine Korrelation zwischen dem Aufkommen der medizinischen Abfälle und dem Pro-Kopf-BIP gibt (Ansari et al., 2019). Das bedeutet, je ressourcenärmer ein Land, desto weniger medizinischer Abfall fällt an. Dennoch ist ein starker Anstieg der medizinischen Abfälle auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern merkbar, dieser wird durch die verbesserte medizinische Versorgung, den Ausbau der Krankenhäuser und Kliniken wie auch das Wachstum der Weltbevölkerung begründet. Doch der Experte Köberlein (2022) verdeutlichte im Interview, dass eine geraume Zeit lang die medizinischen Abfälle speziell in den Entwicklungsländern den Siedlungsabfällen zugeordnet wurden und sie sich dadurch schlechter analysieren haben lassen. Durch die verbesserte Datenlage und genauere Definitionen hat das nun zur Folge, dass ein merkbarer Anstieg gegeben ist und dieser nun auch offenkundig thematisiert wird. Doch ist auch bewiesen, dass der Ausbruch neuer Krankheiten und Pandemien wie beispielsweise COVID-19 erheblich zu dem Anstieg der Abfallmengen beitragen. Dies wurde speziell in einer Studie aus Wuhan, China, veranschaulicht, wo das Tagesaufkommen fünfmal so hoch war wie vor der Pandemie (Chen et al., 2021).

Das Abfallaufkommen von medizinischen Abfällen wird meist in Kilogramm pro Bett pro Tag berechnet (WHO und Weltbank, 2005), in diesem Maß wurden auch die meisten Fallstudien zum Abfallaufkommen wiedergegeben. Das durchschnittliche Aufkommen von medizinischen Abfällen bewegt sich in einem Bereich von ungefähr 3 kg/Bett/Tag bis hin zu bloß 0,5 bis 1 kg/Bett/Tag. Je nach Land und Art der Gesundheitseinrichtung variieren die Daten. Durch die unterschiedlichen Definitionen und Kategorisierungen der Länder sowie auch der Autor*innen der Fallstudien sind die Daten schwer vergleichbar, was sich im divergierten Abfallaufkommen der Länder bemerkbar macht.

Problemfelder:

- keine international einheitliche Definition von medizinischen Abfällen
- viele Entwicklungsländer haben keine rechtlichen Vorgaben/Richtlinien im Umgang mit medizinischen Abfällen
- die Einhaltung der Gesetze wird oft nicht kontrolliert und überwacht
- kein einheitliches Vorgehen zur Berechnung des Abfallaufkommens in den Fallstudien sowie den Ländern
- verschiedene Kategorien der medizinischen Abfälle werden durch die unterschiedlichen Definitionen vermischt

Best Practice:

In Saudi-Arabien wurden bereits recht früh Richtlinien eingeführt, die den Umgang mit medizinischen Abfällen sowie die Behandlung und Entsorgung regeln. Zudem wurden diese regelmäßig überarbeitet und auch ein Abfallwirtschaftszentrum gegründet, mit dem Ziel, die Abfallentsorgung zu organisieren und diese auch zu überwachen (Alharbi et al., 2021). Saudi-Arabien ist eines der wenigen Länder, welches auch die Kontrolle der Vorschriften nachweislich priorisiert.

4.2. Prozesse für Sammlung, Transport & Entsorgung

Die Abfalltrennung ist einer der wichtigsten Schritte im Umgang mit medizinischen Abfällen, da dadurch eine grundsätzliche Reduzierung der anfallenden Menge an infektiösem Abfall sichergestellt und das Risiko der Krankheitsübertragung vermindert wird. Die Trennung der Abfälle sollte immer bereits am Entstehungsort durchgeführt werden und erfordert deshalb auch ein ausreichendes Wissen des medizinischen Personals. Mangelndes Bewusstsein ist nach den fehlenden rechtlichen Vorgaben einer der Hauptgründe, weshalb die Trennung der medizinischen Abfälle in den Gesundheitseinrichtungen speziell in den Entwicklungs- und Schwellenländern nicht funktioniert. Hierzu bedarf es Schulungen sowie der Einführung betriebsinterner Richtlinien, wie es auch in den Hilfsprojekten der Organisation *Technik ohne Grenzen* praktiziert wird. Von einem Projekt in Simbabwe berichtete Hocheder (persönliche Mitteilung, 2022), dass man speziell bei den Krankenhäusern in kirchlichem Besitz gemerkt hat, dass die Ordensschwester internationale Erfahrungen in Bezug auf Abfalltrennung gesammelt und diese Praxis auch in das Trennsystem des Krankenhauses integriert haben. In Indien ist rechtlich verankert, dass die Sammlung in den Gesundheitseinrichtungen nach Behandlungsmethode erfolgen muss: gelb für die Behandlung mittels Verbrennung, rot (Plastik), blau (Glas) und weiß (scharfe und spitze Gegenstände und Metall) jeweils für alternative Desinfektionsmethoden. Doch auch hier funktioniert die Trennung in der Praxis nicht, denn der Experte Zafar (persönliche Mitteilung, 2022) und auch Maseko (2014) berichten, dass sie speziell an fehlendem Wissen des Gesundheitspersonals scheitert.

In den meisten Entwicklungs- und Schwellenländern wurde festgestellt, dass falls der Abfall getrennt wird, diese Trennung meist kein System verfolgt. Weder unterschiedliche Farbcodierungen bei den Säcken noch Beschriftungen speziell für infektiösen Abfall konnten festgestellt werden, verdeutlicht wurde dies in Fallstudien in Nigeria, wo die Farbwahl der Säcke und Behälter willkürlich war (Omoleke et al. 2021). In Simbabwe mangelte es speziell an der Ressource Abfallsäcke, wodurch die Trennung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen besonders erschwert wurde und teilweise ganze Tonnen als gefährlicher Abfall eingestuft wurden. Nur in China funktionierte die Sammlung in 75 % der Fälle mittels Farbcodierung, dennoch mangelte es an der Beschriftung mittels Symbole. Auch Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) berichtete aus Kamerun, dass die Beschriftung der Abfallsäcke teilweise per Hand erfolgte, da es keine Farbcodierung gab. Grundsätzlich ist bei der Sammlung zu erwähnen, dass im Zweifelsfall eine Einstufung des Abfalls als „gefährlich“ sicherer für den Umgang ist, wenngleich sich dadurch der Gesamtanteil deutlich erhöht.

Besonders für Gesundheitseinrichtungen in Entwicklungs- und Schwellenländern mit einem begrenzt verfügbaren Budget empfiehlt sich für die Trennung das Mindestmaß mittels „Drei-Behälter-System“ einzuführen. In diesem werden lediglich nicht gefährliche Abfälle, gefährliche Abfälle und scharfe und spitze Gegenstände getrennt gesammelt. In vielen der untersuchten Länder wurde dieses System angewandt, beispielsweise in einigen Krankenhäusern in Lagos, Simbabwe, Indien und auch China. Sowohl die qualitativen Ergebnisse als auch die quantitativen Ergebnisse zeigten, dass die Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ in den meisten Gesundheitseinrichtungen sehr effizient getrennt gesammelt wird. Da durch einen falschen Umgang mit dieser Kategorie von Abfall sehr leicht schwerwiegende Krankheiten wie Hepatitis und HIV übertragen werden können, ist hier bereits erfolgreich ein Bewusstsein im Umgang geschaffen worden. Besonders Ausbrüche von Pandemien und neuen Krankheiten fördern weltweit das Bewusstsein über Infektionsgeschehen, und dies überträgt sich auch auf den Umgang mit infektiösen Abfällen.

Nach der Abfalltrennung folgt der Transport zur Behandlungsstelle, die entweder vor Ort sein kann oder extern ausgelagert ist. Die Behandlung oder auch die direkte Deponierung, die in vielen Entwicklungsländern noch die aktuelle Entsorgungsweise darstellt, befindet sich oft am Gelände der Gesundheitseinrichtung. Das bedeutet, der Transportweg ist kurz und das Risiko der Infektionsgefahr sowie der Kontamination der Umwelt wird minimiert. Für diese Strecken innerhalb des Geländes ist meistens das Reinigungspersonal verantwortlich, die Säcke oder

Behälter werden per Hand bis zum Sammelplatz transportiert und dort entleert, dabei werden Handschuhe und teilweise Masken getragen. In den wenigstens Fallstudien wurde auf die Bedeutung der Schutzbekleidung eingegangen, und auch die WHO (2014) führt diese Vorsichtsmaßnahme in ihren Mindestanforderungen für den Transport nicht an. Von einigen Autor*innen wird die mangelhafte Umsetzung der Verwendung von Schutzbekleidung aufgegriffen, und Awodele et al. (2016) führen auch an, dass Sicherheitsschuhe speziell für den Transport der Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ mehr gefördert werden sollten.

In Krankenhäusern in städtischen Regionen, beispielsweise in Lagos, Nigeria, wie auch in Südafrika, werden die medizinischen Abfälle von privaten Entsorgungsunternehmen abgeholt und weiter transportiert. Für den Transport der Abfälle innerhalb des Krankenhauses bis zum Sammelplatz werden oft Rollcontainer oder Schubkarren eingesetzt, welche oft unverschlossen sind und somit wieder die Infektionsgefahr erhöhen. Mehrere Studien berichten, dass die zuvor stattgefundene Trennung anschließend wegen des Transportes und wegen der Sammelstellen zwecklos war, da die Abfälle wieder vermischt wurden. Diese Problematik zeigt sich speziell in Lagos und Kamerun.

Die Abholung durch ein externes Entsorgungsunternehmen erhöht die Transportkosten um ein Vielfaches, daher ist dieses nur für Städte rentabel, die bereits eine Infrastruktur für die Entsorgung und Behandlung von Abfällen geschaffen haben. Auf Grund der hohen Kosten für die Entsorgung sind für viele ressourcenärmere Länder der informelle Sektor beziehungsweise illegale Entsorgungspraktiken eine naheliegende Lösung. So berichten Zafar (persönliche Mitteilung, 2022), dass in Indien die Abfälle teilweise von nicht spezialisierten Sammlern abgeholt und kilometerweit wegtransportiert werden. Oft werden diese anschließend ohne Behandlung deponiert.

Insbesondere in den Entwicklungsländern ist die direkte Deponierung medizinischer Abfälle noch immer eine gängige Entsorgungspraktik. In den afrikanischen Ländern wie Nigeria, Südafrika und Botswana wird die offene und direkte Deponierung genutzt, da viel Fläche zur Verfügung steht und das Geld für Behandlungsanlagen oft nicht vorhanden ist. Diese Entsorgungspraxis hat die negativsten Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt. Besonders bei pharmazeutischen Abfällen ist die Gefahr am größten, da diese leicht ins Grundwasser eindringen und den Boden beeinträchtigen. Studien aus Nigeria und auch Südafrika veranschaulichen, wie stark dies die öffentliche Gesundheit beeinträchtigt, da auch die klassischen Infektionskrankheiten ansteigen.

Problemfelder:

- Unzureichende Schulungen des Personals bezüglich Sammlung und Trennung
- Zuwenig Geld und Ressourcen für einen ordnungsgemäßen Transport
- Vermischung der getrennten Abfälle bei der Lagerung und beim Transport
- Schlechte Infrastruktur und ein fehlendes Abfallwirtschaftssystem
- schlechte bis keine Schutzbekleidung für das Personal
- lange Lagerzeiten der medizinischen Abfälle in den Gesundheitseinrichtungen
- die noch weit verbreitete direkte Deponierung medizinischer Abfälle und deren Folgen für die Menschen und die Umwelt

Best Practice:

In den Fallstudien hat die Stadt Lagos, Nigeria, ein Farbcodierungssystem in den untersuchten Krankenhäusern durchsetzen können, um speziell gefährliche Abfälle, nicht gefährliche Abfälle sowie scharfe und spitze Gegenstände ordnungsgemäß trennen zu können. Private Krankenhäuser erweiterten ihr Sammlungssystem sogar. Die Mehrheit des befragten Personals konnte die Kategorien richtig zuordnen, was schlussendlich zu einer effizienten

Trennung der Abfälle geführt hat. Zudem wurden die Abfälle innerhalb des Krankenhauses mit Rollcontainern, Schubkarren oder speziellen Fahrzeugen transportiert und selten per Hand, wie in vielen anderen Gesundheitseinrichtungen.

Auch eine Studie in China zeigt, dass die Trennung mittels Farbcodierung innerhalb der Krankenhäuser sehr gut funktionieren kann: Infektiöse Abfälle wurden in gelben Säcken; Siedlungsabfälle in schwarzen Säcken; scharfe und spitze Gegenstände in Plastikbehältern und Arzneimittelabfälle in ihren Originalverpackungen gesammelt. Auch der Transport durch ein zentrales Entsorgungssystem erwies sich als besonders vorteilhaft, jedoch vermischten sich bei der Abholung der Sammelfahrzeuge die zuvor getrennten Abfälle wieder.

4.3. Behandlungsmethoden & deren Vor- und Nachteile

Die Behandlung medizinischer Abfälle kann entweder vor Ort in der Gesundheitseinrichtung oder in einer externen Behandlungsanlage erfolgen. Grundsätzlich müssen nur die als gefährlich eingestuften Abfälle einer Behandlung zugeführt werden, da sonst ein erhebliches Risiko für Mensch und Umwelt entsteht. Nicht gefährliche Abfälle können ohne Behandlung gefahrlos deponiert werden. Die Wahl der Behandlungsmethode liegt allein am Budget der Gesundheitseinrichtung, der Kapazität und der gegebenen Infrastruktur. Anlagen vor Ort haben den Vorteil, dass sie in der Anschaffung besonders günstig sind und sie die durch den Transport und die Lagerung bis zur Abholung entstehenden Risiken minimieren. Zusätzlich gibt es weniger Spielraum für eine illegale Deponierung oder Weiterverbringung der Abfälle. Externe Anlagen können im Vergleich dazu größere Mengen an Abfall behandeln und sind daher kosteneffizienter, zudem haben mehrere Städte und Dörfer die Möglichkeit zur Nutzung, und auf Grund dessen werden weniger Fachkräfte für einen Betrieb benötigt. Die Fallstudien zeigten, dass beide Möglichkeiten in den Entwicklungs- und Schwellenländern verbreitet sind, speziell in ländlichen Regionen ist eine Anlage vor Ort geeigneter und in großen Städten wie Lagos oder Dhaka sind externe Behandlungsanlagen durch ein allgemeines Abfallentsorgungssystem bereits integriert.

Die gängigste Methode, medizinische Abfälle zu behandeln, ist nach wie vor die thermische Behandlung mittels Verbrennungstechnologien. Laut WHO (2014) sollten folgende drei Arten von Verbrennungstechnologien für die Behandlung medizinischer Abfälle eingesetzt werden: Zweikammerverbrennungsanlagen, Mehrkammerverbrennungsanlagen und Drehrohröfen. Die Ergebnisse der Fallstudien als auch der Expert*inneninterviews zeigten jedoch, dass die meisten Gesundheitseinrichtungen der Entwicklungs- und Schwellenländer die offene Verbrennung, Einkammer- oder Ziegelsteinverbrennungsanlagen, beispielsweise den DeMontfort-Verbrennungsöfen, für die Behandlung ihrer Abfälle nutzen. Dennoch konnten sich alternative thermische Behandlungsmethoden wie Autoklav-Sterilisation und die Behandlung mittels Mikrowellen-Strahlen aber auch die chemische Desinfektion in den Entwicklungs- und Schwellenländern bereits durchsetzen. Die Mehrheit der untersuchten Länder und Gesundheitseinrichtungen setzte dennoch auf die Behandlung mittels Verbrennung, da diese besonders kostengünstig ist und sie gegenüber anderen Methoden den einzigartigen Vorteil hat, das Abfallvolumen um 90 % zu reduzieren. In vielen ländlichen Regionen ist die offene Verbrennung am Gelände der Gesundheitseinrichtung noch immer Stand der Technik, um die medizinischen Abfälle zu behandeln. Diese Art von Verbrennungsprozess ist keine ordnungsgemäße Behandlung für medizinische Abfälle, da meist nur eine geringe Temperatur erreicht wird und zusätzlich unkontrolliert Emissionen ausgestoßen werden. Speziell die Untersuchungen des Autors Mochungong (2011) verdeutlichen, dass bei einer offenen Verbrennung 50 % mehr Dioxine (PCDD) und auch 50 % mehr Furane (PCDF) produziert werden. Zudem konnte der Autor, im Vergleich zu einer Verbrennungsanlage, auch weitaus höhere Gehalte polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAKs) in der Asche aus der offenen Verbrennung feststellen. PAKs sind

besonders relevante Schadstoffe, da sie ebenso wie Dioxine und Furane als krebserregend gelten und zudem besonders leicht in die Umwelt übergehen.

Viele Hilfsorganisationen wie auch die Organisation *Technik ohne Grenzen* haben zum Ziel, die offene Verbrennung der medizinischen Abfälle einzustellen und helfen den Gesundheitseinrichtungen, kleine Verbrennungsöfen vor Ort zu errichten. Eine der populärsten Verbrennungsanlagen, speziell für Gesundheitseinrichtungen in ressourcenärmeren Gebieten ist die DeMontfort-Verbrennungsanlage mit einer Zweikammerverbrennung. Sie ist besonders kostengünstig, einfach zu bauen und auch leicht in der Bedienung. Bei grundsätzlich jedem Verbrennungsvorgang, speziell bei der Verbrennung von gefährlichen Abfällen, besteht die Gefahr, dass höhere Konzentrationen von Dioxinen, Furanen, PAKs und Schwermetallen als Nebenprodukt ausgeschieden werden. Dennoch hat der DeMontfort-Ofen keine Kontrolleinrichtung zur Überprüfung der Temperaturen oder auch der Emissionen, sowie auch keinen Filter für Rauchgase. Ungeachtet dessen ist diese Art von Verbrennungsanlage weit verbreitet und wird heutzutage noch immer für die Behandlung medizinischer Abfälle gebaut. Spannende Ergebnisse liefern die Autoren Adama et al. (2016), welche die Asche der offenen Verbrennung und einer DeMontfort-Verbrennungsanlage in Ghana untersuchten und höhere Schwermetallgehalte in der Asche der kleinen Anlage vorfanden. Eine Erklärung wäre, dass sich einige Metalle bei der Verbrennung leicht verflüchtigen, wie zum Beispiel Pb, und so über das Rauchgas ausgestoßen werden, das würde bei einer offenen Verbrennung bedeuten, dass sie leichter in die Luft übergehen. Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch auch, dass die Ausbringung der Asche in die Landschaft unterbunden werden sollte, da viele organische Schadstoffe und Schwermetalle so in die Umwelt und in den Boden gelangen. Die Asche sollte grundsätzlich auf einer geeigneten Deponie oder vor Ort in der Gesundheitseinrichtung in einer geschlossenen und wasserdichten Grube entsorgt werden. Als Zwischenlösung würde die Entsorgung in einer ordnungsmäßig gebauten Plazenta-Grube hinreichend sein.

Auf Grund der risikoreichen Nebenprodukte und Emissionen durch die Verbrennung ist ein Umstieg oder die Anschaffung einer zusätzlichen alternativen Behandlungsmethode empfehlenswert. In Tabelle 10 ist ein Vergleich der Behandlungsmethoden für medizinische Abfälle dargestellt. Sie zeigt die behandelbaren Abfallkategorien, die Kosten, die behandelbaren Abfallmengen, das Erfordernis einer Abfalltrennung, die Behandlungsdauer, das Ausgangsmaterial und die Gefahren sowie Emissionen jeder Methode. Die Behandlungsmethoden beschränken sich auf jene, welche bereits in Entwicklungs- und Schwellenländern im Einsatz sind und schließen somit Pyrolyse aus. Dennoch sollte die Behandlung mittels Pyrolyse in Zukunft eine Option auch für ressourcenärmere Länder sein. Trotz der hohen Anschaffungskosten und der technologischen Komplexität punktet diese Methode mit der kompletten Zerstörung aller Keime/Viren und der Reduktion der Sekundärbelastungen. Für den Vergleich in Tabelle 10 sind zudem die Daten der Verbrennungsanlagen für kleine Verbrennungsanlagen vor Ort herangezogen worden, da diese speziell innerhalb der Fallstudien am weitesten verbreitet sind.

Neben der Verbrennung ist die chemische Desinfektion als Behandlungsmethode speziell für die Abfallkategorie „scharfe und spitze Gegenstände“ in den Entwicklungsländern etabliert, da diese Behandlungsmethode besonders effizient in der Sterilisation der Abfälle und zudem ebenfalls kostengünstig ist. Obwohl in den untersuchten Fallstudien nicht ausreichend über diese Behandlungsmethode berichtet wurde, ging aus den Interviews hervor, dass sowohl die kleineren Gesundheitseinrichtungen als auch die größeren Provinzkrankenhäuser in Afrika eine Box zur Desinfektion besitzen. Vor allem Metalle, wie Skalpelle oder Spritzen, können nach der Desinfektion dem Recycling zugeführt werden. Bezogen auf Recyclingstoffe berichtete Hutzler (persönliche Mitteilung, 2022) aus Kamerun, dass die Krankenhäuser oft keine Möglichkeit haben, die Metalle zu einer externen Altstoffsammlung zu bringen und diese teilweise im Krankenhaus ansammeln. Das hat zur Folge, dass durch das Personal die Metalle oft weiterverkauft werden und in den informellen Sektor übergehen. Hier bräuchte es bessere

Richtlinien und Lösungsansätze von der Regierung, damit die Metalle und auch andere Altstoffe tatsächlich recycelt werden können.

Auch Autoklaven werden zur Desinfektion hauptsächlich von infektiösen Abfällen eingesetzt, besonders in moderneren Krankenhäusern: Zum Beispiel ist in Indien, dem Iran, Südafrika und auch Kenia diese Behandlungstechnologie vor Ort bereits im Einsatz. Wie auch die Behandlung mittels Mikrowellenstrahlung sind diese dampf- und wärmebasierten Methoden besonders umweltverträglich und effizient in der Abtötung der Krankheitserreger. Nachteilig sind die hohen Anschaffungskosten sowie auch die laufenden Betriebskosten wie die Energiekosten, dies besonders für Gesundheitseinrichtungen mit eingeschränktem Budget. Obwohl Mikrowellenanlagen nicht so populär für die Behandlung der medizinischen Abfälle erscheinen, sind diese laut Zimmermann (2018) deutlich energiesparender im Betrieb als ein Autoklav. Für Gesundheitseinrichtungen besonders in ländlichen Regionen, wo es an einer Stromversorgung mangelt, gibt es bereits erste erfolgreiche Versuche eines solarbetriebenen Autoklavs (Birhanu und Mulu, 2018). Für Forschungszwecke wurde medizinisches Equipment sterilisiert, jedoch lassen sich infizierte oder kleinere pathologische Abfälle mittels Autoklavs ebenfalls behandeln. Diese Entwicklungen sind in der heutigen Zeit besonders relevant, da die Energieversorgung vor großen Herausforderungen und Veränderungen steht und der Energiepreisdruck größer wird.

Die Ergebnisse der Fallstudien zeigen, dass alle Behandlungsmethoden für medizinische Abfälle in den Entwicklungs- und Schwellenländern bereits angewendet werden. Eines der größten Probleme ist, dass das ganzheitliche System im Umgang mit medizinischen Abfällen noch nicht optimal funktioniert und somit auch die alternativen Technologien anstelle der Verbrennung nicht ordnungsgemäß eingesetzt werden können. Zudem fehlt das Bewusstsein der Bevölkerung und das des Personals, welche Sekundärprobleme die Behandlung mittels Verbrennung nach sich zieht. So zeigt sich, dass auch viele billig gebaute Verbrennungsanlagen in den Entwicklungs- und Schwellenländern im Einsatz sind, welche Großteils nicht mehr vorschriftsgemäß funktionieren, da die Wartung meist vernachlässigt wird. Es benötigt Geld und vor allem Wissen sowie ausreichend Aufklärung, um medizinische Abfälle bestmöglich behandeln zu können.

Problemfelder:

- weitreichend wird der medizinische Abfall offen verbrannt
- defekte Verbrennungsanlagen werden weiterhin genutzt
- fehlendes Budget für dampf- oder wärmebasierte Behandlungsmethoden
- fehlendes Budget für laufende Kosten wie Strom, Benzin, Personal
- mangelnde Aufklärung und Wissen über Sekundärprobleme bei der Verbrennung

Best Practice:

Essenziell ist, dass gefährliche Abfälle einer Behandlung zugeführt werden, damit die Risiken für die Menschen und die Umwelt minimiert werden. Für die Wahl der richtigen Behandlungsanlage spielen Kapazitäten, Ressourcen und die Infrastruktur eine wichtige Rolle. Bei der Behandlung mittels Verbrennung ist eine Rauchgasreinigungsanlage notwendig, um die Schadstoffe zu reduzieren. Grundsätzlich ist eine Kombination aus allen Behandlungsmethoden die optimale Lösung, um jede Kategorie des medizinischen Abfalls standardgemäß behandeln zu können. Prinzipiell ist der Fokus der asiatischen Schwellenländer auf alternative Behandlungsanlagen für die Entsorgung von medizinischen Abfällen besonders positiv zu sehen, da diese Herangehensweise die Umweltauswirkungen auf nationaler und lokaler Ebene langfristig verringert.

Tabelle 10 - Vergleich der Behandlungsmethoden (eigene Darstellung)

	<u>Verbrennung (mittels Anlage)</u>	<u>Autoklav-Sterilisation</u>	<u>Mikrowellen-Strahlung</u>	<u>Chemische Desinfektion</u>
Abfallkategorien	fester & flüssiger infektiöser Abfall pathologischer Abfall pharmazeutischer Abfall nicht gefährlicher Abfall	Scharfe und spitze Gegenstände fester infektiöser Abfall kleine Teile pathologischer Abfall	scharfe und spitze Gegenstände fester infektiöser Abfall kleine Teile pathologischer Abfall	chemischer Abfall scharfe und spitze Gegenstände zerkleinerter fester infektiöser Abfall
Anschaffungskosten & Betriebskosten	<u>kleine Anlagen vor Ort:</u> USD 2.000 – 22.000 <u>laufende Kosten:</u> 0,06 – 0,10 USD/kg Abfall (kleine Anlagen)	ab USD 20.000 <u>laufende Kosten:</u> 0,14 – 1,10 USD/kg Abfall <u>Energieverbrauch:</u> 12 kWh/Durchlauf	ab USD 20.000 <u>laufende Kosten:</u> 0,10 – 0,42 USD/kg Abfall <u>Energieverbrauch:</u> 3,3 kWh/Durchlauf	sehr kostengünstig - Einkaufspreis der Chemikalien <u>laufende Kosten:</u> 0,15 bis 2 USD/kg Abfall
Abfallmenge	<u>kleine Anlage:</u> 3-6 kg/h	20 L bis 20 000 L	wenige kg bis 400 kg/h	<i>Nicht verfügbar</i>

Tabelle 10 - Fortsetzung Vergleich der Behandlungsmethoden (eigene Darstellung)

	<u>Verbrennung (mittels Anlage)</u>	<u>Autoklav-Sterilisation</u>	<u>Mikrowellen-Strahlung</u>	<u>Chemische Desinfektion</u>
<i>Abfalltrennung</i>	mäßig erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
<i>Behandlungsdauer</i>	abhängig von Abfallzusammensetzung, Menge & Erfahrung	30 – 70 min	30 – 60 min	<i>Nicht verfügbar</i>
<i>Gewichts- und Volumenreduktion</i>	90 % Volumenreduktion Output: Asche & Schlacke	gleich wie Input (60 – 80 % Volumenreduktion mittels mechanischer Vorbehandlung)	20 – 30 % Gewichtsverlust (60 – 80 % Volumenreduktion mittels mechanischer Vorbehandlung)	gleich wie Input
<i>Gefahren & Emissionen</i>	Produktion von organischen Schadstoffemissionen (PCDD/PCDF/PAKs) Schwermetalle im Boden, Wasser und in der Atmosphäre	Starke Geruchsentwicklung Schadstoffproduktion bei unzureichender Trennung	Starke Geruchsentwicklung Schadstoffproduktion bei unzureichender Trennung möglicherweise nicht ausreichend desinfiziert	oft giftig, starke Reizstoffe, schädlich für Haut und Schleimhäute Versauerungspotenzial

5. Zusammenfassung & Schlussfolgerungen

Da medizinische Abfälle nur einen kleinen Teil im gesamten Abfallwirtschaftssystem darstellen, wird die Behandlung und Entsorgung oft vernachlässigt. In Ländern wie Österreich oder in anderen Industriestaaten ist der Umgang mit medizinischen Abfällen rechtlich klar geregelt, und die Umsetzung funktioniert ordnungsgemäß. Diese Arbeit zeigt jedoch auf, welche Gefahren und Risiken der mangelhafte Umgang mit den medizinischen Abfällen in den Entwicklungs- und Schwellenländern mit sich bringt und verdeutlicht die Probleme im Zusammenhang mit den derzeitigen Verfahren zur Entsorgung. Sie analysiert zudem die aktuellen technologischen Möglichkeiten für die Behandlung der medizinischen Abfälle und setzt diese in Vergleich. Außerdem setzt sie sich mit der Fragestellung auseinander, welche Abfälle im medizinischen Bereich anfallen und wie diese in Entwicklungs- und Schwellenländern gesammelt, behandelt und entsorgt werden.

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden mehrere Fallstudien und Beispiele aus der Literatur zur Thematik analysiert und verglichen. Diese beschränken sich auf Länder und Gesundheitseinrichtungen im asiatischen und afrikanischen Raum und sollen stellvertretend für das medizinische Abfallmanagement in Entwicklungs- und Schwellenländern stehen. Unterstützend wurden leitfadengestützte Expert*inneninterviews mit 6 Personen, welche ihre persönlichen Erfahrungen und fachlich relevante Informationen für die Ausarbeitung der Ergebnisse teilten, geführt.

Die Ergebnisse sollen politische Entscheidungsträger der Entwicklungs- und Schwellenländer sowie den Institutionen im Gesundheitswesen aufzeigen, an welchen Stellen im Entsorgungssystem medizinischer Abfälle es einer besseren Gestaltung und Ausarbeitung bedarf, sowie auch die Möglichkeit für alternative Behandlungsmethoden ohne Verbrennungsprozess zur Diskussion stellen. Ergänzend soll auf die Missstände in den diskutierten Ländern im Abfallmanagement aufmerksam gemacht und ein Anstoß für Entwicklungszusammenarbeit geliefert werden, um ein nachhaltiges System für den Umgang der medizinischen Abfälle aufbauen zu können.

In der Arbeit konnten mehrere Defizite bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in den Entwicklungs- und Schwellenländern festgestellt werden. In vielen Ländern fehlt ein umfassendes Abfallentsorgungssystem hinsichtlich der Sammlung, der Trennung, dem Transport, der Lagerung sowie der Behandlung und Entsorgung. Jedes Land ist dafür verantwortlich, Definitionen, Kategorisierungen und Maßnahmen betreffend medizinische Abfälle in Richtlinien, Verordnungen oder Gesetzen national festzuhalten. Besonders in den afrikanischen Entwicklungsländern sind diese rechtlichen Rahmenbedingungen oft nicht gegeben, und die Gesundheitseinrichtungen müssen sich in eigener Verantwortung um die Entsorgung der medizinischen Abfälle kümmern. Dies bedeutet auch, dass sie für die Kosten sowie die Finanzierung für die Sammlung und Behandlung aufkommen müssen. Da das Budget meist begrenzt ist, werden Investitionen in die Gesundheitsversorgung der Patient*innen priorisiert.

Da medizinische Abfälle einige als gefährlich einzustufende Abfallströme umfassen, müssen die Abfälle mit besonderer Sorgfalt entsorgt und behandelt werden. Die getrennte Sammlung medizinischer Abfälle geschieht meist schon am Entstehungsort, um ein möglichst geringes Risiko einzugehen. Für gefährliche Abfälle sollten gekennzeichnete und verschlossene Behältnisse verwendet werden, um das Infektionsrisiko für das Personal und auch für die Patient*innen so gering wie möglich zu halten. In einigen wenigen, vor allem privaten Gesundheitseinrichtungen, konnte eine standardgemäße getrennte Sammlung innerhalb der analysierten Fallstudien festgestellt werden. In den meisten Fällen wird jedoch nur nach zwei

Fraktionen getrennt, nämlich nach gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen. Der hohe Prozentsatz an gefährlichen medizinischen Abfällen im Abfallaufkommen der Entwicklungs- und Schwellenländer zeigt jedoch, dass das medizinische Personal nicht ausreichend geschult ist und einen Großteil der Abfälle als gefährlich einstuft. Zudem zeigen sich in mehreren Ländern ebenfalls in der Infrastruktur einige Schwachstellen, da beim Transport oder auch bei der Lagerung die zuvor getrennten Abfälle wieder vermischt und gemeinsam gelagert beziehungsweise transportiert wurden. In vielen Entwicklungsländern sind die offene Deponierung ohne Behandlung sowie die offene Verbrennung noch immer weit verbreitet. Medizinische Abfälle sollten vor einer Deponierung behandelt werden, speziell jene der Kategorie gefährlicher Abfall, damit das Infektionsrisiko für Menschen und das Risiko für Kreuzkontaminationen minimiert wird. Besonders problematisch bei der direkten Ablagerung medizinischer Abfälle sind pharmazeutische und chemische Abfälle, deren Inhalts- und Wirkstoffe den Boden und auch das Grundwasser kontaminieren.

Angesichts dieser Ausgangssituation sind erschwingliche und praktikable technologische Lösungen speziell für die Gesundheitseinrichtungen sehr gefragt. Besonders in ländlicheren Regionen werden kleine kostengünstige Verbrennungsanlagen vor Ort installiert, um einen unmittelbaren Bedarf an Gesundheitsschutz zu gewährleisten. In den meisten Ländern ist die bevorzugte Behandlungsmethode die Verbrennung. Durch die hohen Temperaturen können alle Keime und Viren abgetötet werden, und das Abfallvolumen reduziert sich deutlich. Ein großer Nachteil der Verbrennung, vor allem bei den Einkammer- oder Ziegelsteinverbrennungsanlagen, sind die entstehenden Emissionen und gefährlichen Nebenprodukte. Diese entstehen in signifikanten Mengen bei unzureichenden Verbrennungstemperaturen speziell bei veralteten Verbrennungsöfen. Während des Verbrennungsprozesses gelangen Dioxine und Furanen in die Atmosphäre und ebenso verbleibt eine Vielzahl an Schadstoffen in der Asche und Schlacke. Besonders präsent in den Ascherückständen sind polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sowie Schwermetalle, welche sich besonders leicht in der Umwelt ablagern und in gewissen Zusammensetzungen als toxisch sowie karzinogen gelten. In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern wird die Asche ohne Bedenken in der Landschaft ausgetragen. Die Ergebnisse veranschaulichen, dass davon dringend abzuraten ist, da dies nachhaltig die öffentliche Gesundheit gefährdet. Die Entsorgung auf einer geeigneten Deponie oder in Placenta-Gruben am Standort der Gesundheitseinrichtungen ist eine geeignete Lösung, um diese Risiken zu minimieren.

Für eine Sterilisation des gefährlichen medizinischen Abfalls sind sowohl die Mikrowellenstrahlung als auch die Autoklav-Sterilisation eine geeignete Behandlungsmöglichkeit. Der größte Nachteil bei diesen Behandlungsmethoden ist, dass die Anschaffungskosten sowie laufenden Kosten hoch sind. Zudem können nicht alle Abfallarten mittels wärme- und dampfbasierter Technologien behandelt werden, und setzt eine getrennte Sammlung voraus. Die Behandlung mittels Mikrowellenstrahlung ist im Vergleich die energieeffizientere Lösung, doch es gibt bereits erste Versuche mit solarbetriebenen Autoklaven speziell in ländlichen Gebieten für die Behandlung medizinischer Abfälle. Die chemische Desinfektion konnte sich bereits für die Behandlung scharfer und spitzer Gegenstände, wie Spritzen und Skalpelle, in den meisten Gesundheitseinrichtungen im Untersuchungsraum etablieren. Sie bietet eine effiziente und einfache Möglichkeit, infektiöse Abfälle zu desinfizieren und sie, wenn möglich, dem Recyclingkreislauf zuzuführen. In vielen Entwicklungsländern, speziell in den ländlichen Gebieten, gibt es kein System für die Wiederverwertung von Altstoffen beziehungsweise deren Übergabe an eine externe Sammlung. Dies führt dazu, dass einige Teile des Abfalls, unter anderem Metalle, durch den informellen Sektor endgültig entsorgt werden. Um hier entgegenzuwirken, bedarf es neuer Lösungsansätze, um Abfall als Ressourcen nach der Behandlung wieder in den Kreislauf zurückzuführen und somit ein nachhaltiges System zu schaffen.

In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es Verbesserungspotenzial im Umgang mit medizinischen Abfällen. Es sollten nicht nur nationale Richtlinien, sondern auch ein konkreter Abfallmanagementplan innerhalb der Gesundheitseinrichtungen erstellt werden. Nebenbei gilt

es hier bewusstseinsbildende Maßnahmen zu schaffen, um das Personal auf die Gefahren und Folgen des falschen Umganges mit medizinischen Abfällen zu sensibilisieren. Um den langfristigen Umweltauswirkungen entgegenzuwirken, sollten Regierungen sowie auch Hilfsorganisationen eine Lösung anstreben, um Entwicklungs- und Schwellenländer mit einer standardgemäßen Technologie für die Behandlung medizinischer Abfälle auszustatten. Zudem sollten alternative Technologien neben der Verbrennung gefördert werden, um weltweit eine Reduktion der Schadstoffmengen, die vor allem bei der Verbrennung freigesetzt werden, herbeizuführen.

Literaturliste

- Adama, M., Esena, R., Fosu-Mensah, B., & Yirenya-Tawiah, D. (2016). Heavy metal contamination of soils around a hospital waste incinerator bottom ash dumps site. *Journal of environmental and public health*.
- Agbere, S., Melila, M., Dorkenoo, A., Kpemissi, M., Ouro-Sama, K., Tanouayi, G. & Gnandi, K. (2021). State of the art of the management of medical and biological laboratory solid wastes in Togo. *Heliyon*, 7(2), e06197.
- Ahmad, R., Liu, G., Santagata, R., Casazza, M., Xue, J., Khan, K., & Lega, M. (2019). LCA of hospital solid waste treatment alternatives in a developing country: the case of district Swat, Pakistan. *Sustainability*, 11(13), 3501.
- Alharbi, N., Alhaji, J., & Qattan, M. (2021). Toward Sustainable Environmental Management of Healthcare Waste: A Holistic Perspective. *Sustainability* 2021, 13, 5280. *Environmental Sustainability of Current Waste Management Practices*, 17.
- Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N., & Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing countries: A mini review. *Waste Management & Research*, 35(6), 581-592.
- Al-Khatib, I. A., Eleyan, D., & Garfield, J. (2016). A system dynamics approach for hospital waste management in a city in a developing country: the case of Nablus, Palestine. *Environmental monitoring and assessment*, 188(9), 1-9.
- Alvim Ferraz, M. C. M., & Afonso, S. A. V. (2003). Dioxin emission factors for the incineration of different medical waste types. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 44(4), 0460-0466.
- Amfo-Otu, R., & Doo, I. A. (2015). Hospital solid waste management at Tetteh Quarshie memorial hospital, Akuapem-Mampong, Ghana. *International Journal of Environment and Waste Management*, 16(4), 305-314.
- Amfo-Otu, R., Kyerewaa, S. G., Ofori, E. A., & Sadick, A. (2015). Comparative study of heavy metals in bottom ash from incinerators and open pit from healthcare facilities in Ghana.
- Ansari, M., Ehrampoush, M. H., Farzadkia, M., & Ahmadi, E. (2019). Dynamic assessment of economic and environmental performance index and generation, composition, environmental and human health risks of hospital solid waste in developing countries; A state of the art of review. *Environment international*, 132, 105073.
- Awodele, O., Adewoye, A. A., & Oparah, A. C. (2016). Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria. *BMC public health*, 16(1), 1-11.
- Azage, M., & Kumie, A. (2010). Healthcare waste generation and its management system: the case of health centers in West Gojjam Zone, Amhara Region, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*, 24(2).
- Babanyara, Y. Y., Ibrahim, D. B., Garba, T., Bogoro, A. G., & Abubakar, M. Y. (2013). Poor Medical Waste Management (MWM) practices and its risks to human health and the environment: a literature review. *Int J Environ Earth Sci Eng*, 11(7), 1-8.
- Batterman, S., (2004). Findings on an Assessment of Small-scale Incinerators for Health-care Waste (No. WHO/SDE/WSH/04.07). World Health Organization.
- Beyersmann, D. (2002). Effects of carcinogenic metals on gene expression. *Toxicology letters*, 127(1-3), 63-68.
- Birhanu, B. K., & Mulu, H. A. (2018). Solar autoclave for rural clinics. *Int J Adv Res Eng Technol*, 9, 293-309.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), (2022). Verfügbar unter: <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/entwicklungsland-14308> [Abgerufen am 19.07.2022].

- Capoor, M. R., & Bhowmik, K. T. (2017). Current perspectives on biomedical waste management: Rules, conventions and treatment technologies. *Indian journal of medical microbiology*, 35(2), 157-164.
- Chen, C., Chen, J., Fang, R., Ye, F., Yang, Z., Wang, Z. & Tan, W. (2021). What medical waste management system may cope With COVID-19 pandemic: Lessons from Wuhan. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105600.
- Chen, Y.; Ding, Q.; Yang, X.; Peng, Z.; Xu, D.; Feng, Q (2013a). Application countermeasures of non-incineration technologies for medical waste treatment in China. *Waste Manag. Res.*, 31, 1237–1244.
- Chen, Y., Zhao, R., Xue, J., & Li, J. (2013b). Generation and distribution of PAHs in the process of medical waste incineration. *Waste management*, 33(5), 1165-1173.
- Chisholm, J. M., Zamani, R., Negm, A. M., Said, N., Abdel daiem, M. M., Dibaj, M., & Akrami, M., (2021). Sustainable waste management of medical waste in African developing countries: A narrative review. *Waste Management & Research*, 39(9), 1149-1163.
- Citizens Environmental Coalition (CEC), (1993). *Managing Medical Waste*, CEC Fact Sheet #6. Albany, New York 12210
- Collins, C.,H.,Kennedy, D.,A., (1992). The microbiological hazards of municipal and clinical wastes. *Journal of Applied Bacteriology*, 73, 1-6.
- Coutinho, M., Pereira, M., Rodrigues, R., Borrego, C., (2006). Impact of medical waste incineration in the atmospheric PCDD/F levels of Porto, Portugal. *Science of the Total Environment* 362, 157– 165
- Diaz, L.F., Savage, G.M., Eggerth, L.L., (2005). Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management* 25(2005):626-37.
- Drwal, E., Rak, A., & Gregoraszczyk, E. L. (2019). polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)—action on placental function and health risks in future life of newborns. *Toxicology*, 411, 133-142.
- Emmanuel, J. (2012). Compendium of technologies for treatment/destruction of healthcare waste. Osaka, UNEP DTIE, 225.
- Fritsky, K.J., Kumm, J.H., Wilken, M., (2001). Combine PCDD/F destruction and particulate control in a baghouse: experience with a catalytic filter system at a medical waste incineration plant. *J. Air and Waste Manage. Assoc.* 51, 1642–1649.
- Ganguly, R. K., & Chakraborty, S. K. (2021). Integrated approach in municipal solid waste management in COVID-19 pandemic: Perspectives of a developing country like India in a global scenario. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100087.
- Gilbert, I., (2021). De Montfort Medical Waste Incinerator Vs Addfield MP Medical Incinerator. [https://addfield.com/de-montfort-medical-waste-incinerator/Burntwood WS7 3XD, UK . 2021](https://addfield.com/de-montfort-medical-waste-incinerator/Burntwood_WS7_3XD_UK_.2021) [Abgerufen am 19.07.2022]
- Govindan, K., Nasr, A. K., Mostafazadeh, P., & Mina, H. (2021). Medical waste management during coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: A mathematical programming model. *Computers & Industrial Engineering*, 162, 107668.
- Hangulu, L., & Akintola, O. (2017). Health care waste management in community-based care: Experiences of community health workers in low resource communities in South Africa. *BMC public health*, 17(1), 1-10.
- Hassan, A. A., Tudor, T., & Vaccari, M. (2018). Healthcare waste management: A case study from Sudan. *Environments*, 5(8), 89.
- Huang, H., Tang, L., (2006). Treatment of organic waste using thermal plasma pyrolysis technology. *Energy Conversion and Management* 48, 1331–1337
- Ilyas, S., Srivastava, R., Kim, H., (2020). Disinfection technology and strategies for COVID-19 hospital and bio-medical waste management. *Science of the Total Environment* 749, 141652.

- Insa, E., Zamorano, M., Lopez, R., (2010). Critical review of medical waste legislation in Spain. *Resources, Conservation and Recycling* 54, 1048–1059.
- Jafari, N., Stark, T., Thalhamer, T., (2016). Spatial and temporal characteristics of elevated temperatures in municipal solid waste landfills. *Waste Management*.
- Khan, B. A., Cheng, L., Khan, A. A., & Ahmed, H. (2019). Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. *Waste management & research*, 37(9), 863-875.
- Kenianische Regieung, (2011). National Guidelines for Safe Management of Health Care Waste. Ministry of Medical Services and Ministry of Public Health and Sanitation. Kenya.
- Klangsin, P., Harding, A., (1998). Medical waste treatment and disposal methods used by hospitals in Oregon, Washington, and Idaho. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 48, 516e526.
- Kühling, J. G., & Pieper, U. (2012). Management of healthcare waste: developments in Southeast Asia in the twenty-first century. *Waste management & research*, 30(9_suppl), 100-104.
- Lee, B.-K., Ellenbecker, M.J., Moure-Ersaso, R., (2004). Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical waste. *Waste Manag.* 24, 143e151.
- Lee, C.C., Huffman, G.L., (1996). Review: medical waste management/incineration. *J. Hazard. Mater.* 48, 1e30
- Longe, E. O., & Williams, A. (2006). A preliminary study of medical waste management in Lagos metropolis, Nigeria. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 3(2), 133-139.
- Marinković, N., Vitale, K., Holcer, N. J., Džakula, A., & Pavić, T. (2008). Management of hazardous medical waste in Croatia. *Waste management*, 28(6), 1049-1056.
- Maseko, Q. (2014). Critical evaluation of medical waste management policies, processes and practices in selected rural hospitals in the Eastern Cape. Doctoral dissertation, Rhodes University.
- Mochungong, P. I. K. (2011). Environmental exposure and public health impacts of poor clinical waste treatment and disposal in Cameroon. Institute for Public Health, University of Southern Denmark.
- Nemathaga, F., Maringa, S., & Chimuka, L. (2008). Hospital solid waste management practices in Limpopo Province, South Africa: A case study of two hospitals. *Waste management*, 28(7), 1236-1245.
- Nepalesische Regierung (Government of Nepal, Ministry of Health and Population), (2020). National Health Care Waste Management Standards and Operating Procedures – 2020. Department of Helath Services.
- Niyongabo, E., Jang, Y. C., Kang, D., & Sung, K. (2019). Current treatment and disposal practices for medical wastes in Bujumbura, Burundi. *Environmental Engineering Research*, 24(2), 211-219.
- Olaniyi, F.C., Ogola, J.S.& Tshitangano, T.G., (2018). A review of medical waste management in South Africa. *Open Environmental Sciences* 10.1.
- Omoleke, S. A., Usman, N., Kanmodi, K. K., & Ashiru, M. M. (2021). Medical waste management at the primary healthcare centres in a north western Nigerian State: Findings from a low-resource setting. *Public Health in Practice*, 2, 100092.
- Park, H.S., Jeong, J.W., (2001). Recent trends on disposal technologies of medical waste. *J. Korean Solid Wastes Engineering Soc.* 18 (1), 18–27.
- Patwary, M. A., O'Hare, W. T., & Sarker, M. H. (2011). Assessment of occupational and environmental safety associated with medical waste disposal in developing countries: a qualitative approach. *Safety science*, 49(8-9), 1200-1207.
- Picken, D.J., (2004). De Montfort Mark 9 Incinerator. De Montfort University, Leicester, UK.. Verfügbar unter: https://mw-incinerator.info/en/pdf/Mark9_construction.pdfemerging tool for inactivation of biohazardous material in developing countries. *Recycling*, 3(3), 34.[Abgerufen am 19.07.2022]

- Prüss-Üstün, A. (1999). Safe management of wastes from health-care activities. World Health Organization.
- Prüss-Üstün, A., Rapiti, E., & Hutin, Y. (2003). Global burden of disease from sharps injuries to health-care workers; Environmental Burden of Disease Series, No. 3. World Health Organization Protection of the Human Environment Geneva.
- Reza, S. M. S., Akter, K. S., (2018). Finding an optimum technology for medical waste management at Upazila & rural level in Bangladesh. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 6(1), 1-7.
- Sekretariat des Stockholmer Übereinkommens, (2019). Stockholmer Übereinkommen. Geneve. Verfügbar unter: <http://www.pops.int/Home/tabid/2121/Default.aspx> [abgerufen am 25.07.2022]
- Soares, S. R., Finotti, A. R., da Silva, V. P., & Alvarenga, R. A. (2013). Applications of life cycle assessment and cost analysis in health care waste management. *Waste management*, 33(1), 175-183.
- Surpluspermaculturedesign, (s.a.). Medical Incinerator. Verfügbar unter: <http://www.surpluspermaculture.org/medical-incinerator/> [abgerufen am 05.10.2022]
- Tadesse, M. L., & Kumie, A. (2014). Healthcare waste generation and management practice in government health centers of Addis Ababa, Ethiopia. *BMC public health*, 14(1), 1-9.
- Taghipour, H., Mohammadyarei, T., Asghari Jafarabadi, M., & Asl Hashemi, A. (2014). On-site or off-site treatment of medical waste: a challenge. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1), 1-6.
- Thakur, V., & Anbanandam, R. (2017). Management practices and modeling the seasonal variation in health care waste: a case study of Uttarakhand, India. *Journal of Modelling in Management*.
- Tufail, M., & Khalid, S. (2008). Heavy metal pollution from medical waste incineration at Islamabad and Rawalpindi, Pakistan. *Microchemical Journal*, 90(1), 77-81.
- Verma, R., (2014). Medical waste disposal: incineration and non incineration technology their effects and prospects. *Nat. Environ.* 195e198.
- Weber, C., (2001). Die Stockholm Konvention (POPs Kovention) – Eine international verbindliche Regelung zur weltweiten Beseitigung von extrem gefährlichen Dauergiften. PAN Germany. Hamburg.
- Wei, G. X., Liu, H. Q., Zhang, R., Zhu, Y. W., Xu, X., & Zang, D. D. (2017). Application of microwave energy in the destruction of dioxins in the froth product after flotation of hospital solid waste incinerator fly ash. *Journal of hazardous materials*, 325, 230-238.
- Wei, Y., Cui, M., Ye, Z., & Guo, Q. (2021). Environmental challenges from the increasing medical waste since SARS outbreak. *Journal of cleaner production*, 291, 125246.
- Windfeld, E., Brooks, M., (2015). Medical waste management – a review. *Journal of Environmental Management* 163, 98e108.
- World Health Organization & Weltbank. (2005). Better health care waste management: an integral component of health investment.
- World Health Organization (WHO), (2014). Safe management of wastes from health-care activities. Second edition.
- World Health Organization. (2005a). Global patient safety challenge: 2005-2006. World Health Organization.
- World Health Organization. (2005b). Management of solid health-care waste at primary health-care centres: A decision-making guide.
- World Health Organization. (2020). Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19: interim guidance, 29 July 2020 (No. WHO/2019-nCoV/IPC_WASH/2020.4). World Health Organization.
- Wytrzens, H.; Schauppenlehner-Kloyber, E.; Sieghardt, M., Gratzer, G., (2014). *Wissenschaftliches Arbeiten-Eine Einführung*. 4. aktualisierte Auflage. Wien: Facultas Verlag.

- Yong, Z., Gang, X., Guanxing, W., Tao, Z., & Dawei, J. (2009). Medical waste management in China: A case study of Nanjing. *Waste management*, 29(4), 1376-1382.
- Zafar, S. (2019). *Medical Waste Management in Developing Countries*, BioEnergy Consult. Verfügbar unter: <https://www.bioenergyconsult.com/medical-waste-management/> [Abgerufen am 25.06.2022]
- Zhao, L., Zhang, F-S., Hao, Z., Wang, H. (2008). Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in different types of hospital waste incinerator ashes. *Science of the Total Environment*, 397; 24-30.
- Zimmermann, K. (2017). Microwave as an emerging technology for the treatment of biohazardous waste: A mini-review. *Waste Management & Research*, 35(5), 471-479.
- Zimmermann, K. (2018). Microwave technologies: An emerging tool for inactivation of biohazardous material in developing countries. *Recycling*, 3(3), 34.

Anhang A: Fragebogen

Wien 09.05.2022

Interviewleitfaden

Der Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- und Schwellenländern – ein Technologievergleich

Über

mich:

Ich heiße Katharina Mitsch, bin 26 Jahre alt und studiere im Master Umwelt- und Bioressourcenmanagement an der Universität für Bodenkultur in Wien. Im Zuge meines Studiums habe ich mich auf den Bereich Abfallwirtschaft spezialisiert und durch mein privates Interesse an der Medizin bin ich schließlich auf das Thema meiner Arbeit gestoßen. Mit der Hilfe eines Literaturvergleichs sowie den Expert*inneninterviews möchte ich schließlich folgende Forschungsfragen beantworten können:

- Welche Abfälle fallen im medizinischen Bereich (Gesundheitssektor, Krankenhaus etc.) an?
- Wie werden medizinische Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern gesammelt, behandelt und entsorgt?
- Welche technischen Möglichkeiten zur Behandlung medizinischer Abfälle gibt es?
- Welche Vor- und Nachteile bieten die Behandlungsverfahren?

Vielen Dank im Voraus für Ihr Wissen und Ihre Zeit!

Interview Themenblöcke:

- 4) Persönliche Erfahrungen
- 5) Aufkommen und Sammlung medizinischer Abfälle
- 6) Behandlungsverfahren

Interviewdauer: ca. 30min

Interviewfragen:

Einstiegsfrage:

In den letzten Jahren steigt weltweit die Menge der medizinischen Abfälle an. Besonders in Entwicklungs- und Schwellenländern ist das problematisch, da eine sachgerechte Abfalltrennung und Abfallentsorgung oft nicht gegeben ist und dies negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen zu Folge hat. Welchen persönlichen Zugang haben sie zu diesem Thema?

Leitfragen 1: persönliche Erfahrung & Meinung

1.1 Was sind Ihrer Meinung nach die größten Problemfelder bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern?

1.2 Welche positiven sowie auch negativen Entwicklungen haben Sie in den letzten Jahren im Umgang mit medizinischen Abfällen wahrnehmen können?

Leitfragen 2: Der zweite Themenblock dreht sich speziell um das Aufkommen und die Sammlung medizinischer Abfälle. Sie können gerne Ihre persönliche Erfahrung hier einfließen lassen und Beispiele nennen.

2.1 Was sind die Hauptgründe dafür, dass medizinische Abfälle in den letzten Jahren so stark ansteigen, speziell in Entwicklungs- und Schwellenländer?

Falls nur die Pandemie genannt wird, nachfragen welche Gründe es vor der Pandemie gab

2.2 Welche Rolle spielt die Regierung bzw. die Politik bei der Entsorgung der medizinischen Abfälle?

2.3 Wer finanziert die Entsorgung und Behandlung der medizinischen Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern?

2.4 Gibt es Standards, nach denen die medizinischen Abfälle in den Gesundheitseinrichtungen getrennt werden?

2.5 Wie funktioniert der Transport der Abfälle von den Gesundheitseinrichtungen zur nächsten Behandlungsanlage bzw. zur Deponie?

Übergangsfrage: Speziell die gefährlichen Abfälle sollten einer Behandlung zugeführt werden. Neben der Verbrennung gibt es schon Alternativen wie Autoklav-Sterilisation, die Behandlung mit Mikrowellenstrahlung, die Pyrolyse sowie die chemische Desinfektion. Welche von diesen Behandlungsmethoden konnten sich in den Entwicklungs- und Schwellenländern etablieren? (am besten mit Beispielen)

Leitfragen 3: Behandlungsverfahren

3.1 Welche von den bereits erwähnten Behandlungsverfahren ist speziell für Entwicklungsländer am zukunftsträchtigsten und warum?

3.2 Mit welchen Kosten muss man bei der Anschaffung einer Behandlungsanlage rechnen (Verbrennung, Autoklav, Mikrowellen, Pyrolyse)?

3.3 Welche Ressourcen und Faktoren sind am ausschlaggebendsten, um medizinische Abfälle einer ordnungsgemäßen Behandlung zuführen zu können?

3.4 Welche Auswirkungen hat die unsachgemäße Behandlung von medizinischen Abfällen auf die Menschen und die Umwelt?

3.5 Welchen Einfluss hat das gewählte Behandlungsverfahren auf die anschließende Deponierung?

Abschlussfrage:

Welche Maßnahmen würden Sie persönlich als erstes setzen, um den Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- oder Schwellenländer zu verbessern?

Anhang B: Interview-Transkripte

Interview Protokoll

Interviewerin	Datum	Dauer	Zeitpunkt
Katharina Mitsch	13.06.2022	ca. 30min	19:00

Ort und Umstände

Aufgrund des Wohnortes (Deutschland) des Interviewpartners wurde das Interview per Videokonferenz mittels der Plattform „Zoom“ durchgeführt.

Daten zum Befragten (IP)

Sophie Hutzler – Projektmitarbeiterin bei Technik Ohne Grenzen

Sie war im November 2021 für ein Monat in Kamerun, in der Nähe der Stadt Bafoussam, um dort für ein Krankenhaus mit rund 200 Betten einen neuen Verbrennungsofen für die anfallenden Krankenhausabfälle zu bauen. Der Ort selbst, in dem sich das Krankenhaus befindet, ist ländlich mit 5.000 Einwohnern, und es gibt vor Ort grundsätzlich kein kommunales Müllentsorgungssystem. Mit der Organisation *Technik ohne Grenzen* konnte das Projekt finanziert und geplant werden, und ein kleiner Verbrennungsofen wurde innerhalb des Monats errichtet. Im Zuge der Reise besuchte sie ein weiteres Krankenhaus, wo die Organisation vor 6 Jahren einen Ofen errichtet hatte. Im Zuge des Interviews teilte sie ihre Erfahrungen bezüglich des Umgangs mit den anfallenden medizinischen Abfällen und über die Verbesserungen im Abfallmanagement, welche sich im Zuge des Projektes in Kamerun entwickelten, mit.

Anmerkungen

Mit Hilfe des Interviews konnten einige Forschungsfrage beantwortet werden, besonders wurde aber ein Einblick vor Ort in einem Krankenhaus in Kamerun vermittelt. Einige Antworten basieren auf persönlichen Meinungen und Eindrücken aber sind dennoch fachlich relevant. Im Vorhinein wurden die Interviewfragen angepasst um mehr über das Projekt und die Ausgangssituation sowie die aktuelle Situation vor Ort zu erfahren. Die Befragte hat im Vorhinein darauf aufmerksam gemacht, dass sie zu den technischen Fragen nicht so viele Informationen hat aber sie dennoch gerne ihre Eindrücke teilen will. Deswegen wurde der Leitfaden etwas geändert.

I: Ich bin froh, dass ihr von TEOG mir so zahlreich zu Verfügung stehts. Und ja, vielleicht kannst du ein bisschen was über dein Projekt mal erzählen, wo du warst und was das Problem dort war? 00:54.0

IP: Genau ja, also im Prinzip habe ich etwas ähnliches gemacht wie Jonas, mit dem du schon gesprochen hast. Ich war eben in Kamerun, wir waren da in einem Krankenhaus in der Nähe von Bafoussam, das ist so eine größere Stadt. Genau. Das Problem dort war, dass sie keine Möglichkeit hatten ihren Müll dort zu entsorgen, also Ausgangssituation war, da gab es so ein großes Loch in der Erde, da werfen sie alles rein und dann wird's ab und an mal ein bisschen angezündet und dann brennt es oder kokelt es vor sich hin. Genau und ansonsten und dann habe ich auch noch 1 bis 2 andere Stellen gesehen wo es dann einfach rumliegt beim Krankenhaus. Genau und wir haben dann so einen Ofen gebaut Mark9 , wie der Jonas auch, um zumindest einen Teil des Mülls richtig verbrennen zu können, dass nicht mehr so schädlich ist für die Umwelt und, dass sich keine Krankheiten mehr weiterverbreiten können durch den Müll. 1:49.2

I: War das Krankenhaus dort eher in einer ländlichen Gegend oder war das in einer Stadt? 1:53.8

IP: Ähm also der Ort selber war eher ländlich, er hatte so 5000 Einwohner, aber man ist in 15 bis 20 min in die nächste Stadt gefahren und die war schon sehr groß. Ja die haben immer quasi ein Krankenhaus für bestimmte Distrikte aufgeteilt, es gibt immer ein Krankenhaus pro Distrikt und da ist dann alles, also die haben auch keine Hausärzte oder so, also dort ist alles von Zahnarzt bis Entbindungsstation. Also jeder Arzt ist in dem Krankenhaus. Sozusagen 02:25.6

I: Aber weißt du ob die anderen Krankenhäuser dann eine Verbrennungsanlage besitzen? 02:30.0

IP: Also wir haben noch ein weiteres Krankenhaus angeschaut, da hat eben auch TEOG einen Ofen gebaut vor 6 Jahren oder so. Bei den anderen Krankenhäusern weiß ich es tatsächlich nicht, wie es da ist. Also was ich noch sonst gesehen habe, wenn man so rumgefahren ist oder ein bisschen rumgelaufen ist, allgemein in den Orten waren immer wieder. Also unabhängig von den Krankenhäusern. In den Orten war einfach Müllhaufen, also einen habe ich auch gesehen, der hat ein wenig gebrannt ansonsten lagen die dann einfach da. Das Einzige war noch in Douala, das ist so die zweitgrößte Stadt, da sind wir auch gelandet und da haben wir auch Material gekauft und da hat man auch diese Müllhaufen gesehen und da gab es tatsächlich auch mal eine Müllabfuhr, aber war wirklich nur in dieser großen Stadt wo ich das gesehen habe. 03:23.8

I: Ja..ja..Was würdest du sagen, ist das größte Problem in so Entwicklungsländer im Umgang mit medizinischen Abfällen, von dem was du gesehen hast? 03:35.4

IP: Ja von dem was ich gesehen habe, also ich denk das erste Problem ist, dass sie oft nicht wissen, wie schädlich das ist, vor allem bei den medizinischen Abfällen sag ich mal, also bei den infektiösen, also ich glaube da wäre mehr Wissen sinnvoll und andersrum, dass sie auch teilweise die Möglichkeit zu Entsorgung gar nicht haben und da wird vom Staat habe ich das Gefühl auch nicht wirklich was gemacht, zumindest auf dem Land halt. Weil zum Beispiel bei dem Ofen, wir können halt auch nicht alles verbrennen bei dem Ofen, den wir gebaut haben. Und wir haben gemerkt als wir mit denen gesprochen haben, die wissen einfach nicht wohin damit, also der Rest, der nicht verbrannt werden kann, wird dann doch wieder irgendwie beim Krankenhaus gesammelt, weil es gibt nichts der es abholt oder ähnlich wie hier, dass der Müll weiterverarbeitet wird oder so 04:24.8

I: Du warst ja auch bei dem anderen Krankenhaus, wo ihr vor 6 Jahren mal einen Ofen gebaut habt, wie war der noch im Schuss also in welchem Zustand? 04:31.6

IP: Der sah eigentlich noch ganz gut aus, also es war zwar etwas verrostet, also die Steine hatten teilweise so leichte Risse und der Stahl, also die Stahlelemente verbiegen sich halt

schon durch die Hitze, aber dafür, dass er schon 6 Jahr in Betrieb ist, finde ich sah er recht gut aus und er wurde noch immer genutzt, also der Brenner der hat noch recht kompetent gewirkt und wir haben auch ihre alte Müllgrube gesehen und da lag auch nicht mehr viel drinnen, also vorwiegend noch Asche also..05:01.3

I: Okay also die Asche haben sie trotzdem dann noch in der Grube entsorgt. Wie war das mit der Asche in deinem. Also sie haben den Müll vorher ja nur im Loch verbrannt, also da gab es dann vorher auch keinen Umgang mit der Asche 05:14.6

IP: Nein nicht viel, also das hat immer nur ein bisschen vor sich hin gebrannt ...05:19.3

I: Und was habt ihr jetzt geplant mit der Asche zu machen? 05:22.4

IP: Also bei uns war dann tatsächlich auch so, dass sie in einem Loch landet, weil wir tatsächlich früher davon ausgegangen sind, dass sie auch unschädlich ist. Der Jonas hat dann auch seine Bachelorarbeit in dem Bereich geschrieben und der hat jetzt herausgefunden, dass da auch noch teilweise schädliche Stoffe noch drinnen sind und deswegen ich sag mal..die Verbesserung ist noch nicht so bei uns angekommen, also er und der Valentin, die haben so eine Ash-Pit gebaut. Genau und das müsste jetzt bei unseren nächsten Projekten auch gemacht werden, aber das ging bei unserem Projekt jetzt eben nicht mehr und deswegen.06:00.2

I: Ja ich glaube er hat dort auch Glück gehabt, weil sie dort eine Plazenta-Grube hatten, also das Krankenhaus und, dass sie das dann verwendet haben weil sie schon luftdicht verschlossen war und dann haben sie das glaub ich umfunktioniert. Aber du hattest von also ihr hattet von der Regierung und der Politik keine Auflagen, oder? 06:17.6

IP: Nein! Also wir haben wirklich gar nichts mitbekommen von Auflagen 06:22.5

I: Auch keine Auflagen wie man richtig trennt? Gab es in den Krankenhäusern vorher schon Regelungen? 06:29.3

IP: Ähm..also was sie vorher schon hatten, da haben wir mit ihnen gesprochen, das waren so Sharp-Boxen, wo sie eben die Spritzen drinnen gesammelt haben, also das sich zumindest keiner verletzt. Ansonsten hatten sie nur, also wir haben quasi unsere Regelungen zur Mülltrennung schonmal hingeschickt und besprochen und darum gebeten, das sie schon mal anfangen so zu trenne, das hatten sie dann auch schon halb umgesetzt, sag ich mal, aber ansonsten davor war nicht wirklich eine Trennung. 06:57.0

I: Wie habt ihr das angedacht zu trennen? 07:00.3

IP: Ja in Prinzip so, dass es für die Verbrennung passt, also trockenes Papier, dann trockenes Plastik und dann infektiöser Müll, also infektiöser bzw. nasser, also ja das können blutige Verbände sein oder von Infusionen diese Plastikbeutel, wo noch Reste drinnen sind..genau..und dann haben wir immer Schilder aufgehängt, was nicht rein darf, was irgendwie gefährlich wäre, was nicht verbrannt werden kann. Ja und Sharp-Boxes noch, also das kann nicht verbrannt werden aber sterilisiert damit sich einfach keiner verletzt, dass das nochmal getrennt gesammelt wird. 07:36.4

I: Ja weißt du was mit den Sharp-Boxes dann nachher passiert, wenn die nicht verbrannt werden? 07:41.0

IP: Ähmm..weiß ich ehrlich gesagt nicht genau, also ich habe einen Raum gesehen, da hatten sie ein wenig Metallschrott gesammelt und alte Computer, ich könnte mir vorstellen, dass es dorthin kommt und einfach nur gesammelt wird. Ganz ehrlich ich habe nicht gesehen, was sie dann ..also wie gesagt sie können es sterilisieren, dass sich dann keiner mehr anstecken kann oder so aber was sie dann wirklich damit machen. Also sie haben tatsächlich uns dann auch gefragt, was sie dann mit den Metallen machen sollen, was man nicht verbrennen kann aber das konnten wir auch nicht beantworten, weil...also in Deutschland wäre es halt so das würde halt dem Recycling zugeführt werden aber in Kamerun halt nicht 08:27.1

I: Ja die werden da wahrscheinlich aber auch wieder Geld damit machen, wenn sie es zu irgendeiner Sammel/Altmetallstelle bringen. Aber ja das wird dann wahrscheinlich eher informell also nicht offiziell. 08:39.2

IP: Ja also offiziell ist da nicht wirklich was.08:41.2

I: Wie habt ihr das Projekt finanziert und weißt du ca. was es euch gekostet hat? 08:47.5

IP: Also insgesamt, waren es so 11.000 €. War tatsächlich ein bisschen teurer als so vorherige Projekte, aber lag zum Teil ein wenig an Corona. Also wir hatten das Gefühl, dass dadurch die Materialien ein bisschen teurer waren und wir hatten auch recht hohe Gesundheitskosten für die Impfungen...Genau und ja sie wollten teilweise noch ein wenig bessere Materialien, das haben wir dann aber abgestimmt. Also finanziert wurde das durch die Charité in Berlin, also da gibt es so einen Verein, der heißt Klinikpartnerschaften und da hat quasi die Charité Berlin eine Partnerschaft mit dem Krankenhaus und die stellen dann pro Jahr einen gewissen Betrag zur Verfügung und damit können sie sich Geräte kaufen oder so und davon wurde eben auch der Ofen finanziert und dann haben wir auch zusammen mit dem Zuständigen von der Charité und mit dem ..was war das ...Finanz....boah ich überlege gerade wie der hieß aus dem Krankenhaus, fällt mir gerade nicht mehr ein der Titel aber er war für die Finanzen quasi zuständig und da haben wir nochmal besprochen ob es quasi okay ist. Also die wollten ein bisschen mehr Geld investieren, dann in die Qualität der Materialien und da haben wir uns nochmal abgesprochen und dann ja...also es lief quasi über die Partnerschaft die Finanzierung 10.06.2

I: Okay...Und es wurde euch dann auch nichts vom Staat finanziert oder ausgeholfen? 10:13.1

IP: Nein, also wir haben uns tatsächlich auch mit den Handwerkern unterhalten und der eine hat halt auch gemeint, dass das Problem also keine Ahnung, wenn jetzt ein Staat zum Beispiel in Europa oder ein Verein Kamerun oder der Regierung das Geld geben würde, also war halt seine Ansicht so, dann würden sie die eine Hälfte selber behalten und nur die andere Hälfte für den Bau verwenden, für ihn war das quasi das Problem, dass also er hat ein echtes Problem in der Regierung gesehen sozusagen. 10:45.5

I: Ja verständlich, wenn es schon keine Regelungen wie der Müll getrennt wird oder abgeholt, dann gibt es auch wahrscheinlich größere Probleme auch als jetzt der medizinische Abfall. Ähm.. grundsätzlich wie war es vorher oder wie war es dann wie du dort warst, wie der Müll getrennt wird, also in welchen Behältern oder Säcken? Oder hatten sie gekennzeichnet, dass es gefährlicher Abfall ist und das andere nicht-gefährlicher Abfall? Oder wie haben grundsätzlich die Behältnisse ausgesehen? 11:14.7

IP: Also Behälter waren so Plastiktonnen aufgestellt in den Stationen, ja waren jetzt vielleicht also es waren so runde Tonnen, wie es so Mülltonnen die es auch bei uns gibt auf den Räder, also von der Größe und Volumen her vielleicht halb so viel, vielleicht bisschen mehr . Aber einfach so runde Plastiktonnen und dann hat das so, das war ein bisschen doof, dass haben dann immer, es gab so Hausmeister, die haben es dann raus gebracht in so Müllsäcken und haben dann auch, also die Trennung war dann nicht so gut dann. Ja genau als wir ankamen, war das in so riesigen Plastiksäcken, in so einer Holzhütte gestanden und dort haben sie es erstmal aufbewahrt, die hatten aber auch mit eigenen Schildern beschriftet tatsächlich. Und wir sind dann nochmal rum, haben uns das alles angeschaut, haben unsere Schilder aufgehängt, weil wir teilweise so Übersichten hatten oder eben auch noch was nicht reindarf und so und wir haben denen es einfach nochmal erklärt. Genau...Aber das sie halt einfach eigentlich gleich richtig, also die Trennung war nicht so gut, also das sie dann gleich richtig trennen und Säcke zubinden, dass die Burner also die Verbrenner das nicht nochmal anfassen müssen...Genau und was noch war halt beim Ofen, waren dann nochmal ganz große Mülltonnen, also dass es von der Station dann direkt dorthin gebracht wurde und dort dann nochmal gesammelt bevor es verbrannt wird. Die wollten wir eigentlich kaufen, gab es aber dann leider nicht mehr, sie haben gemeint sie schauen dann in Douala, also in der

Hafenstadt, wo man sie bestellen könnte, aber unser letzter Stand war, dass sie es noch nicht bestellt haben, da müssen wir jetzt nochmal nachfragen 13:01.6

I: Aber im Endeffekt wurde dann der Müll wieder zusammen gemischt? Also der infektiöse Müll, wo wir sagen würden er ist gefährlich, gesundheitsbedenklich, haben die das extra gelagert oder dann auch in die großen Müllsäcke gegeben? 13:18.5

IP: Sagen wir mal so, ich glaube sie haben es einfach versucht zu trennen, so wie wir es ihnen gesagt haben aber ich glaube, was für die schwer zu verstehen war, wir hatten halt gesagt trockenes Papier und Plastik, wir haben zum Beispiel keine Ahnung ähmm so Beutel für Infusionen, so Plastik rein, nicht dass wir das woanders haben wollen und deswegen haben wir dann nochmal eine Schulung gemacht. Es war halt nicht so gut getrennt, wir haben dann eben die Schulung gemacht und ich sag mal da waren wir dann aber nicht mehr lange genug da, um zu sehen ob es dann besser getrennt wird. Wir haben es dann halt, nochmal bei einer extra Schulung den Burnern extra erklärt und gesagt, dass es wichtig ist, da hatten wir dann das Gefühl, dass sie da recht gut dahinter waren und es auch verstanden haben, da hatten wir dann die Hoffnung, dass sie es nochmal weiter an die anderen geben.14:10.1

I: Und bevor ihr eure Trennung hingeschickt habt, ist wahrscheinlich nichts getrennt worden? 14:15.0

IP: Ich glaube nicht, nein. Also ich glaube die Sharp-Boxes hatten sie schon vorher, aber sonst glaube ich nicht wirklich, nein. Weil es ja eh nur in einer Grube gelandet ist, also es hätte wenig Sinn gemacht. 14:27.7

I: Stimmt. Weißt du wie, also es wird wahrscheinlich von den Hausmeistern zur Verbrennung gebracht aber haben die Schutzkleidung an oder wie wird es eingesammelt oder machen das auch die Krankenschwestern? 14:41.4

IP: Ähm nein also ich glaube die Krankenschwestern aus den Stationen, die werfen es nur in die Eimer und abholen tun dann die Hausmeister, und der eine hatte auf jeden Fall immer Handschuhe an, also so Plastikhandschuhe, also normale, aber die sahen auch aus als hätte er sie öfter mal wechseln sollen. Und der hatte auch eine Maske auf, aber es sah beides so aus als müsste er es öfter wechseln sag ich mal. Ähm ja...also wir haben bei der Verbrennung dann noch extra Schutzkleidung da gelassen aber ja..15:17.6

I: Aber ihr wart ja..also wann wart ihr dort? 15:20.6

IP: Im November letztes Jahr, 4 Wochen. 15:23.5

I: Während Corona? 15:24.8

IP: Genau. 15:26.0

I: Habt ihr da irgendwie mitbekommen, dass die Menge der Abfälle gestiegen ist oder irgendwas im Krankenhaus grundsätzlich? 15:31.1

IP: Bezüglich Corona jetzt, was da war? 15:34.7

I: Ja, ist grundsätzlich mehr Abfall angefallen, waren mehr Leute im Spital? Oder ist alles gleichgeblieben? 15:41.5

IP: Ähm das habe ich ehrlich gesagt nicht wirklich mitbekommen, wir haben ein paar Corona Tests oder so in der Grube liegen sehen aber..aber ich habe nicht irgendwelche riesigen Haufen an Corona Abfällen oder so gesehen, aber wir haben auch nicht wirklich nachgefragt, wir haben nur einmal gefragt wie viele Leute gerade da sind, und da meinten sie nur ein mittelschwerer Fall oder so.16:02.7

I: Weißt du wie viele Patienten das Spital hätte aufnehmen können? 16:08.1

IP: Also ich glaube die hatten so 200 Betten.16:13.0

I: Okay also eher klein? 16:15.2

IP: Es zählt eher zu den größeren Krankenhäusern hahah also bei TEOG eher die größeren Krankenhäuser hahah 16:23.0

I: Okay..also es gibt ja neben chemischer Desinfektion, ja auch noch autoklavieren oder Behandlung mit Mikrowellenstrahlung, damit das desinfiziert wird. Hatten einen Autoklaven oder so? 16:36.6

IP: Hatte ich jetzt nichts gesehen muss ich sagen, aber damit kenne ich mich nicht so gut aus deswegen weiß ich gar nicht 16:43.2

I: Ja kein Problem. Wahrscheinlich nicht...16:45.5

IP: Ich nehme es auch nicht an aber ja. Also wir hatten auch vorher, bei dem von der Charité der hat sich immer gekümmert um das Krankenhaus, der war auch selber 2 Jahre als Arzt vor Ort und mit dem hatten wir auch online viel Kontakt, aber der hat auch davon nichts erzählt, also seine Vorinformation war einfach auch, dass sie den Müll in die Grube werfen und verbrennen, der hat nichts erzählt, dass sie anders sterilisieren würden. 17:12.0

I: Ja, weil der Jonas hat erzählt, bei seinem Krankenhaus hatten sie grundsätzlich einen Autoklaven aber der war halt nur dafür gedacht, dass sie die Kleidung desinfizieren, damit man sie wieder anziehen kann und nicht Müll oder ähnliches, das war sowieso gar nicht angedacht 17:27.3

IP: Okay..also Kleidung hatten sie einfach eine Waschküche einfach mit Maschinen, also das werden die gewaschen. Aber sonst habe ich keinen Autoklaven oder so gesehen 17:39.2

I: Dann hatten sie es wahrscheinlich nicht...Ja eh voll spannend eigentlich, denn die ländlichen Krankenhäuser haben wahrscheinlich viel weniger zur Verfügung und die staatlichen als so private Krankenhäuser. Und dann unterscheiden sich die Technologien auch17:53.2

IP: Ja, das Krankenhaus war jetzt zum Beispiel von der Kirche, also von der evangelischen Kirche. Also war trotzdem so, also jeder Patient musste zahlen. Es stand zwar auch was von einer Versicherung, da habe ich so ein Werbeschild gesehen, das sie das auch akzeptieren die Karte, aber ich denke nicht, dass es so viele haben, also wie bei uns, dass da alle versichert, sind 18:19.1

I: Ja normal, wenn es von der Kirche ist dann, dann sind die vielleicht eh ein wenig aufgeklärter oder ein bisschen mehr dahinter, dass man das besser regelt, aber das ist wahrscheinlich von Land zu Land extrem unterschiedlich. 18:32.2

IP: Ja ich glaube auch. Aber auch tatsächlich nochmal auch von Ort zu Ort, wie die Leute dann dort eingestellt sind 18:40.1

I: Aber du hast auch nicht mitbekommen, dass wirklich irgendein Abfall abgeholt wird, also irgendeiner Art? Auch nicht eben die Metalle oder so? 18:46.7

IP: Also nein das nicht, nur in Douala in der großen Stadt, da habe ich eben die Müllabfuhr gesehen. Aber am Land habe ich nie irgendwas gesehen, dass irgendein Müll, also wir sind dann ja doch ein wenig rumgefahren und da habe ich nie was gesehen, dass irgendwo was abgeholt wurde, 19:05.0

I: Ja und in der Stadt weiß man dann auch wahrscheinlich nicht was damit passiert, also ob sie eine Verbrennungsanlage haben oder direkt deponieren?! 19:10.8

IP: Ja keine Ahnung, ne da habe ich nichts gesehen.19:15.2

I: Welche Maßnahmen würdest du als erstes setzten, um da etwas zu bewirken im Umgang mit den medizinischen Abfällen in den Entwicklungsländern? Was glaubst du ist das wichtigste oder wo man ansetzen kann? 19:28.6

IP: Ich glaube eigentlich wäre das wichtigste, dass der Staat eingreift, aber ich weiß halt nicht, ob das wirklich realistisch ist, das da etwas passiert. Also eigentlich müsste da eine

überregionale oder eine übergreifende Lösung her, dass da auch Müll mal abgeholt und entsorgt wird, aber ich weiß halt nicht, ob das irgendwie utopisch ist, dass da der Staat was macht. Deswegen glaube ich, dass echt Wissen oder Aufklärung ein echt gutes Werkzeug ist um da mal einfach, da man da echt einfach mal Bewusstsein schafft, wo da überhaupt ein Problem liegt, sozusagen 20:14.7

I: Ja ich denke auch, hattest du das Gefühl sie haben es angenommen dann? 20:19.8

IP: Also bei der Schulung hatte ich das Gefühl es war total geteilt, wir hatten danach auch eine ziemlich starke Diskussion. Also wir halten immer so einen Vortrag und dann können sie immer Fragen stellen und das war echt eine ganz gute Diskussion. Ich hatte das Gefühl, dass manche es angenommen haben aber bei so anderen, war es halt eher so „wieso kommt ihr jetzt und wollt uns da irgendwas erzählen, wir haben schon genug Arbeit und wollen uns nicht noch mehr machen“. Aber dann haben sie auch untereinander angefangen zu diskutieren, dass es eine gute Sache ist und ja sich das gegenseitig ein bisschen erklärt. Aber ich glaube beim gesamten Personal war es echt recht geteilt, was ich jetzt gut fand, ich hatte das Gefühl die höher Angestellten am Krankenhaus also die Ärzte, die in Führungspositionen sind, die haben es gut angenommen und halt echt die Burner auch, also bei dem einen war ich nicht ganz sicher aber 4 von 5 haben es gut angenommen und verstanden. Und ich glaube, dass es dann so auch weiter geht. 21:22.6

I: Weil ja die meisten Länder nach den WHO Standards vorgehen, also es wird empfohlen, dass man so trennt, zum Beispiel wie die WHO das vorgibt und sie geben es ja auch extra vor für ressourcenärmere Länder, was ein Minimummaß wenigsten wäre. Glaubst du die hatten eine Ahnung was die WHO Standards sind? 21:40.7

IP: Puhhh...also vielleicht noch die Ärzte, aber wir hatten immer ein paar Leute, mit denen wir mehr Kontakt im Krankenhaus direkt hatten, es gab den Direktor und einen Kooperationsbeauftragten und einen der für Finanzen zuständig war, bei den 3 hatte ich das Gefühl, dass sie es schon wissen, aber ich glaube der Rest nicht. 22:07.9

I: Also die Krankenschwestern die ja dann direkt für die Trennung zuständig sind, die dann nicht? 22:12.7

IP: Ja die nicht, wobei ich muss, sagen ich kenn mich mit den WHO Standards auch nicht so gut aus, ich bin da eher TEOG intern so drinnen, also habe ich mich nicht so damit beschäftigt 22:26.7

I: Für uns ja alles selbstverständlich, aber dort muss man bei den Basics beginnen damit man wieder man weiß nicht, wo man beginnen soll, und es kostet halt alles Geld auch woher nimmt man das 22:42.2

IP: Und Zeit halt auch, aber ich glaub einfach auch, dass viel Reden einfach auch helfen würde. Was wir gemerkt haben, wir haben bei der Schulung oft auch angeboten, dass sie auch vorbeikommen können zur Baustelle, wenn sie Fragen haben, oder alles sehen wollen, und da sind echt einige gekommen und dann wurden wir auch immer begrüßt, wenn wir herumgegangen sind, es war ein echt großes Gelände und haben dann auch nochmal was gefragt oder so. Also ich hatte schon das Gefühl, wenn man einfach mal ins Gespräch kommt, dass dann man dann auf Augenhöhe ist, man darf sich halt nicht hinstellen und quasi so dass ist das Non-Plus-Ultra so machen wir das, sondern man muss echt ganz viel reden einfach und zusammen es machen auch 23:26.8

I: Und bei dem anderen Projekt von vor 6 Jahren, hast du da gesehen ob das dann funktioniert, hat mit der Trennung auch oder ob sie dann den ganzen Müll einfach nur verbrannt haben 23:37.0

IP: Also sie hatten getrennt, also auf der Station haben wir es nicht gesehen aber beim Ofen haben wir es gesehen. Da fand ich es ein wenig blöd, sie hatten es zwar getrennt, aber es war in keinen abgeschlossenen Behältern, sondern so Plastikschaalen und dann könnte halt auch in Prinzip, also da war nur ein Tor und so leicht umzäunt mit einem Schlüssel aber der

Zaun war nicht wirklich hoch und man könnte rein und den Müll rausnehmen und das fand ich nicht so toll. Das haben wir dann auch noch angemerkt, dass sie es abdecken sollten.24:12.2

I: Vor allem der ist ja dann jeder Witterung ausgesetzt. 24:12.3

IP: Ja genau das auch24:17.8

I: Ja spannend. Ich glaube, ich habe mir sonst keine Frage mehr aufgeschrieben. Ja, danke! Hast du vielleicht noch irgendetwas, was du unbedingt noch erzählen willst? 24:33.7

IP: Also nein, jetzt spontan nicht wirklich was. 24:39.0

I: Ja passt, ja danke es ist wirklich spannend, man redet immer in der Theorie, ich habe ja jetzt auch schon ein paar Interviews geführt und in der Theorie funktioniert alles super und die Krankenhäuser in den Städten sind super und dann seid ihr vor Ort und es funktioniert nichts. Es wird nicht getrennt und man hat nicht mal irgendwie einen Plan wie man die Abfälle entsorgen kann...ja..25:00.5

IP: Ja ich weiß nicht, das eine was mir noch aufgefallen ist, dass ich ein bisschen das Gefühl hatte. Also die haben ihren Krankenhausmüll und den Alltagsmüll, aber was ist was fehlt im Vergleich zu Europa, also ich finde wir haben so viel Elektroschrott zum Beispiel, wir kaufen uns halt ein Handy und nächstes Jahr ein neues so gefühlt und ich habe so das Gefühl, dass haben die nicht und auch nicht so viele Abfälle aus der Industrie, weil da gibt es einfach nicht viel Industrie und die Leute haben nicht das Geld sich was zu kaufen. Also ich sag mal in dem Bereich ist auch einfach weniger Müll, als hier irgendwie anfällt und ja ..ich will nicht sagen das wir das perfekte System haben aber ja die haben dafür einfach in anderen Bereichen, also da fällt halt erstmal weniger Müll an der auch entsorgt werden muss 25:52.8

I: Aber hatten sie eigentlich so High-Tech Untersuchungsgeräte, sowie einen Kernspintomografen oder irgendwas? 26:01.1

IP: Also ich habe gesehen sie hatten einen Röntgenbereich, was da drinnen stand weiß ich nicht genau. Ich habe nur das Gebäude gesehen, ähm mit der ich da war die Daniela, die durfte einmal bei einer OP zusehen, also da waren aus Frankreich Chirurgen da, die da auch ein bisschen Schulung gemacht haben und operiert haben. Und sie durfte da zusehen und sie meinte eigentlich, dass sie sehr überrascht war, wie gut der OP-Saal aussah, der war sehr sauber und sehr gut ausgestattet und so. Aber was sie genau für Geräte hatten weiß ich gar nicht 26:35.8

I: Ja, weil jemand hat mir auch berichtet, dass sie oft tolle Geräte haben und alle Untersuchungen machen können aber dann fehlt es dann wieder bei der Mülltrennung. Also es ist so komplett unterschiedlich...ja...Ja ich glaub man muss einfach viel Wissen verbreiten, das ist das Einzige was hilft 26:57.8

IP: Ich könnte mir vorstellen, dass dem Krankenhaus noch einigermaßen gut geht, da sie die Partnerschaft mit der Charité haben und da halt glaub ich und da jetzt auch mit dem einen Krankenhaus in Frankreich, dass da immer mal wieder Leute vorbeikommen. Und ich habe ja auch das Gefühl, dass sie voll die guten Beziehungen haben, weil wir haben immer mit einem aus der Charité Kontakt mit Chris, und wenn wir was von dem erzählt, dass wir über ihn zum Projekt gekommen sind, dann war halt „ja Chris der ist so nett“ und keine Ahnung, waren da voll begeistert. Also ich glaube, die haben es noch ganz gut, da recht viel Austausch da ist auch. Ich weiß nicht, ob das in anderen Krankenhäusern auch so ist 27:33.0

I: Ja Geld spielt halt, dann doch wieder eine wichtige Rolle 27:39.5

IP: Ja auf jeden Fall! 27:40.1

I: Ja, dann sag ich danke für deine Zeit und, dass du mir alles erzählt hast! (SmallTalk).....28:12.3

Wörterzahl: 4421

Interview Protokoll

Interviewerin	Datum	Dauer	Zeitpunkt
Katharina Mitsch	06.06.2022	ca. 20min	09:00 (Vienna Time)

Ort und Umstände

Aufgrund des Wohnortes (Indien) des Interviewpartners wurde das Interview per Videokonferenz der Plattform „Zoom“ auf Englisch durchgeführt.

Daten zum Befragten (IP)

Salman Zafar – CEO Bioenergy Consult

Die interviewte Person ist männlich und wohnhaft in Indien. Er ist CEO einer Beratungsfirma mit dem Schwerpunkt auf Bioenergie. In den vergangenen Jahren hat er sich ebenfalls stark mit der Abfallwirtschaft speziell in Entwicklungsländer beschäftigt. Zu seinen geografischen Schwerpunkten gehören Asien, Afrika und der Nahe Osten. Er ist ein produktiver Umweltjournalist und Redakteur, der mehr als 300 populäre Artikel in renommierten Zeitschriften, Magazinen und Websites verfasst hat. Darüber hinaus setzt er sich in seinen Blogs und Portalen aktiv für die Sensibilisierung der Öffentlichkeit für erneuerbare Energien, Abfallwirtschaft und ökologische Nachhaltigkeit ein. Ich habe ihn als Experten ausgewählt, da er 2019 ein Paper veröffentlicht hat und ich dieses für meine Arbeit bereits genutzt habe.

Anmerkungen

Mit Hilfe des Interviews konnte die Forschungsfrage hinreichend beantwortet werden, ein paar Antworten waren speziell auf seine Heimat Indien bezogen und er hat die Problematiken dort nochmal genauer erläutert. Auf Grund seines Akzentes und seiner Schnelligkeit während dem Reden war es teilweise schwer im zu folgen, doch das Interview konnte trotz Sprachbarriere gut gemeistert werden und wichtige Zwischenfragen für zusätzliche Informationen wurden gestellt.

Das Interview hat etwas kürzer gedauert als geplant, dennoch wurden alle Fragen hinreichend beantwortet.

I: So, we have three topic areas that would be personal experience, medical waste generation and collection and treatment methods. I would start if you're ready. In the recent year the amount of medical waste has been increasing worldwide. This is particularly problematic in developing and emerging countries as proper waste management is often not guaranteed and has negative effects on people's health. What's your personal background? Do you have to just subject? 00:03.1

IP: Okay, so, as you know, my name is Salman Zafar: and I am the CEO of bioenergy consult, which is a consulting and advisory firm specialized in waste management, waste energy, biomass energy, biogas, biofuels in these areas. So, I have been active in the sector for the last 10 to 12 years ever since I completed my education as a chemical engineer and I have worked on different waste streams including medical waste in projects related to consulting, awareness, raising, advisory etc. So, I have a good deal of experience in this sector of waste management, industrial waste management, medical waste management, municipal solid waste management. 00:38.3

I: Perfect. So, the first topic areas personal experience, in your experience, what are the biggest issue in the management of medical waste in developing and emerging countries? 01:29.1

IP: If we talk about developing countries in particular, this inadequate management of medical waste in countries like India or China or Bangladesh and countries of Africa and South America, because in these countries medical waste is not treated as such as a hazardous waste, but it gets mixed with the municipal solid waste stream and discarded in open dumps or non-engineered landfills. So, it becomes a source of unwanted pollution, growth of factors and transmission of diseases. Another issue that countries like India is facing is lack of indigenous technologies to manage medical waste and the predominant method for treatment of medical waste is incineration and when I say installation it's not in control manner. It's simply bundling of waste in a reactor and emitting the gases into the atmosphere. So, it becomes a source of pollution in a big way. 01:43.9

I: The next question, which positive as well as negative trends do you have noticed in recent years in the handling of medical waste? 02:59.7

IP: Well, medical waste as we all know is hazardous signature. It requires very specialized treatment, starting form for selection to transportation and processing and in the absence of medical waste strategy in emerging countries, the informal recycling community is pretty much involved in this healthcare waste sector, and they collect disposable medical items such as syringes, and then these syringes are re-sold to the suppliers vendors, leading to outbreak of dangerous diseases, particularly in countries of Africa, low income countries of Africa. 03:09.1

I: Okay, thank you. What are the main reasons why medical waste is has increased significantly in recent years, especially in developing countries? 03:57.2

IP: Well, this growing awareness about health and this mushrooming of health facilities in emerging countries, developing countries, and this has led in increasing the number of hospitals, nursing homes, clinics and as we all know, there has been larger scale in different diseases as well. We are hearing about new diseases every few weeks or months. For example, COVID-19 wasn't there two years ago, but now it's one of the biggest dangers to the humanity. So, we are facing a deluge of diseases, and this has led to mushrooming of hospitals, clinics, and nursing homes and ultimately, this has resulted in a very rapid increase in medical waste all over the world. 04:10.5

I: Yeah, sure. What is the role of the government or the politics and the management of medical waste in developing countries? 05:05.5

IP: Government is responsible for formulation of regulations with stations for management of waste and they have been trying to first set up a solid baseline strategy for the healthcare sector in developing countries. But unfortunately, the amount of investment that's required from the hospital owners or the healthcare sector, is not that much significant when it comes to medical waste management. So, there's a sense of neglect, and somewhat ignorance about the new technologies that can vanish waste and this has led to medical waste being one of the biggest pollutants to the environment in public health in developing countries. If we take the case of India, there's 100s and 1000s of hospitals all over the country. But there are very few medical waste managed facilities. For example, in my city, there's no medical waste management facility. Most of the waste is collected by private contractors and they are transported to 80 to 100 kilometers away and there the waste gets burned. You know, non-specialized collector and that's how the system works. 06:42.3

I: Okay. Are there also on-site treatment possibilities in India? 06:43.8

IP: There are but only for big hospitals, not for medium to small scale facilities because the level of investment is huge, and the government is not giving much subsidies to the private sector to set up on site facilities. So, now the hospital owners they prefer to outsource medical waste to private contractors, and this is all the things are working here. 07:17.2

I: Yeah, and that's probably important for the next question. Who provides the funding for the management of medical waste in developing countries? 07:24.2

IP: Most of it is self-funded. 07:26.1

I: Okay. From the hospital? 07:29.9

IP: The hospitals in India, they are making big money. This very booming sector but they are neglecting medical waste management. They're not investing as much as they are earning. So, that's the real problem. 07:34.0

I: Okay. Are there any standards by which medical waste is separate in the health care facilities? 07:50.4

IP: The standards are there obviously. There is separate collection of different types of waste, such as pharmaceutical waste, pathological waste, sharps, needles, the legal regulation said they are but only two types of collection system is there based in hospitals hazardous and non-hazardous, Yeah, black bag and yellow bag. So, this how the waste is collected in India at medical establishments and transported to the processing plant here. 07:57.3

I: I read there is also like a blue bag one and a yellow box for sharps and something. Is it not in practice like that? 08:31.3

IP: Yeah, the regulation is there but it is not practice like as it should be. Yeah 08:40.4

I: Okay. Can you describe the process of the transportation of the medical wastes from healthcare facility to the next treatment possibility or the landfill? 08:45.6

IP: Okay. So, as I mentioned, hospital waste are collected in two or three different streams. Infectious, non-infectious and recyclables and this waste is collected say for a period of 24 hours or 48 hours and in separate bags, then the collection makers comes to the facility. They picks up the waste and this waste is then transported to the processing plant 50, 60 kilometers away from the generating point and there is burning with an incinerator. Yeah, landfills, they are not meant for disposal of medical waste because India landfills are not engineered landfills.

They are not sanitary in nature and simply dumping grounds. So, medical waste is usually there's a big cartel also mafia which is working on dumping this kind of waste in the open dumps and landfills. 08:57.7

I: Yeah. Okay. You can hear me? Okay, perfect, in particular has ever was waste needs to be treated especially beside incineration, there's also alternatives such as autoclave sterilization, treatment of microwave, or chemical disinfection. Which of these treatment methods have been established in developing and emerging countries? 10:01.2

IP: In India, the predominant method for treatment of medical waste is incineration. Yeah, that's the predominant method and a significant fraction is also untreated and dumped in the landfills without treatment. Despite these legislations, most of the medical waste is dumped in the open and collected with general waste and due to this practice, that staff is exposed to potential infections from poor quality management use for handling the medical waste. Laboratories, they do not segregate waste according to required color coding system and another issue is that waste storage areas, they are not secure. You can see dogs, rodents, and flies all over the area. 10:33.0

I: Okay. Interesting. Which of these treatment technologies already mentioned as the most promising, especially for developing countries and why? 11:21.3

IP: The new technologies for example, steam sterilization autoclaving, that we call also and then we have microwave treatment. So, another promising technology that is being used in many parts of the world for treatment of medical waste and if we talk about the latest state of the art technology, then we have plasma gasification, which is one of the best methods for treatment of hazardous waste, especially healthcare waste. 11:33.4

I: Okay. Do you know, I don't know if you know it but what are the costs of acquiring such treatment unit, like incinerator or autoclave or microwave? 12:02.7

IP: If I specifically talk about developing countries, they are sourcing these kinds of systems from China because if they go to European or North American countries, and the cost becomes very high for these kinds of technologies. So, they are sourcing from China, and making use of this kind of system for managing medical waste. 12:17.0

I: Secondhand or new one? 12:39.6

IP: Sorry. 12:44.5

I: Already used ones like secondhand... 12:44.4

IP: Yeah, you can say they're improvised. They're customized according to local requirements and then use. 12:47.3

I: Okay, which factors are the most effective to be able to provide proper medical waste management? 12:53.2

IP: I think legislation is very much important, but the most important is the implementation of legislation because the laws, the rules, they are there in place, but what's missing is the implementation and the hospital owners they are not serious about the waste they are generating and the government is also a bit complacent when it comes to implementation of rules for the healthcare sector, because they are one of the biggest generators of all that is waste in developing countries and government should pay more attention to implementation of strict regulations for this sector. 13:03.1

I: Which impact does the improper treatment of medical waste have on the population and their environment? 13:47.5

IP: There are huge implications for if you don't have a sustainable medical waste management strategy in place, improper medical waste management, it can lead to increase in diseases. Increase in infections, infections among the staff among the general public and there's a host of factors that pollute water bodies, soil, and air, as well as natural habitat in developing countries. In the recent past, we have been seeing that increase transmission of diseases like typhoid, cholera, hepatitis, Aids, because of direct contact with the infected items such as use needles, discarded dressings, and human tissues. Another potential danger of medical waste includes the risk of cancer, burns or skin injury, irritation from radioactive waste of toxic chemicals. 13:55.2

I: But you also have negative effects lack from incineration... 15:04.1

IP: Literally, because if you talk about incineration, one of the most important thing that the incinerator should consist of is air pollution control system and in India, we don't have an air pollution control system when the waste is burned incinerator. So, toxic fumes they escape into the atmosphere and pollute the environment and becomes a source of nuisance for the community and for the wildlife. 15:09.8

I: Yeah. What effect does the chosen treatment method have on the final disposal? 15:36.7

IP: Can you repeat the question please? 15:48.6

I: What effect does the chosen treatment method have on the final disposal? Like, incineration, volume reduction, you don't have to dispose of so much for landfill? 15:50.5

IP: The amount of waste left after the incineration process is around 10 to 15%, okay, in the form of ash, and this waste is then dumped in the landfill or open areas. 16:04.4

I: Okay. Just dumps. 16:17.8

IP: Yeah. It reaches into the groundwater, or it runs into the water stream and pollutes the environment, natural resources. 16:22.9

I: Okay. Now, we're also already by the closing question. Personally, what would be the first action you would take to improve the handling of medical waste and developing countries? 16:33.6

IP: The first thing that should be implemented is a separate encoded collection of medical waste into different streams, as that is known that is infectious, non-infectious, recyclables, human tissues, they should be separated and collected in separate containers and then recyclables they have to be treated in a separate manner. Then the infectious waste, it begins with the collection, then the transportation in specialized vehicles that are meant for hazardous waste, because in India, waste is collected in open bag and transported to a facility or far away. So, it becomes a source of transmission of diseases throughout this journey from the generator to the processing plant. So, we need these specialized vehicles. We need the specialized equipment to handle this kind of waste. 16:46.3

I: You need regulation and monitoring. Yeah. Thank you very much. I'm really happy... 17:41.2

IP: I have written a full paper on this particular topic. 17:49.1

I: I got this. 17:54.4

IP: Yeah. So, I will share it with you, and it will help you in your thesis in what you're doing and to help in the whatever information I have shared with you if you needed in a more concise and elaborate manner. I will share it with you on email very soon. 17:55.7

I: Okay. Thank you. 18:16.9

IP: Okay. Thank you very much. 18:18.4

I: I also can share my paper with you afterwards, but it's already in German, but I will have conclusion or something in English, so I can share that with you if you want. 18:20.0

IP: Yeah, that will be great. Yeah, I wish you success in your project. 18:28.7

I: Thank you very much. 18:33.5

IP: Thank you very much. 18:34.2

I: Thank you. Have a good day. 18:37.1

IP: Have a nice day. 18:38.1

I: Bye. 18:39.2

Words: 2369

Interview Protokoll

Interviewerin	Datum	Dauer	Zeitpunkt
Katharina Mitsch	29.05.2022	ca. 45min	10:00

Ort und Umstände

Aufgrund des Wohnortes (Deutschland) des Interviewpartners wurde das Interview per Videokonferenz der Plattform „Zoom“ durchgeführt, beide Teilnehmerinnen waren in ihrem Zuhause.

Daten zur Befragten (IP)

Adrian Danner (IP1) und **Leah Ebert** (IP2) – Mitglieder bei *Technik ohne Grenzen*

Im Zuge des Interviews wurden zwei Personen gleichzeitig interviewt.

Die erste interviewte Person ist männlich, studiert und arbeitet freiwillig für die Organisation *Technik Ohne Grenzen*, die zweite Person weiblich und arbeitet ebenfalls freiwillig für die Organisation *Technik Ohne Grenzen*. Im Zuge der Projekte hatten beide vor im Mai 2022 nach Nepal zu fahren, um einen Verbrennungsofen für ein Krankenhaus zu planen. Jedoch kamen einige bürokratischen Probleme dazwischen, da die nepalesische Regierung eine neue Regulierung (2014) bezüglich Verbrennungsöfen für Krankenhäuser veröffentlichte. Im Moment sind sie auf der Suche nach einer passenden Möglichkeit, um die medizinischen Abfälle für das Krankenhaus einer Behandlung zuführen zu können.

Anmerkungen

Spontan wurde das Interview mit zwei Personen geführt, da die Kollegin Ebert sich spontan zum Interview dazugeschaltet hat. Besonders im Bereich Rechtliche Rahmenbedingungen haben beide sehr gute Einblicke geben können und einige Forschungsfragen konnten mit Hilfe des Interviews beantwortet werden. Jedoch, dass beide noch nicht vor Ort in Nepal waren konnten sie keine Erfahrungen sammeln. Einige Antworten basieren auf persönlichen Meinungen aber sind dennoch fachlich relevant. Im Zuge des Gespräches wurden von der Interviewerin einige Zwischenfragen gestellt, welche nicht im Leitfaden enthalten sind. Das Interview war sehr spannend, speziell bezogen auf Regulierungen, welche für ressourcenärmere Gegenden schwer umzusetzen sind.

Zusammenfassung aus dem Gedankenprotokoll (ohne Aufnahme):
Adrian hat erzählt, dass es seit 2014 in Nepal eine neue Regulierung für die Verbrennung medizinischer Abfälle gibt. Sie sind darauf gestoßen, da sie ihren neuen Ofen für die Verbrennung medizinischer Abfälle auf staatlichen Grund bauen wollen und sie dann darauf aufmerksam gemacht wurden. Das Projekt Krankenhaus liegt in der Nähe von der Hauptstadt Kathmandu, wo Müllverbrennung laut Adrian grundsätzlich schon verboten wurde. Seiner Meinung nach je mehr man in den Süden geht in Nepal, desto mehr ist der Regierung egal was mit dem Müll passiert. Sie suchen gerade nach einer Alternative, welche eine vollautomatische Verbrennung ermöglicht, sind derzeit aber nur auf US und UK Hersteller für Verbrennungsöfen gestoßen, wo eine Anlage über 30.000€ kostet und das Budget sprengt.

I: Perfekt... Ja. Grundsätzlich ist es so, dass die medizinischen Abfälle in den letzten Jahren ein bisschen angestiegen sind, auch in den Entwicklung - und Schwellenländern. Und vielleicht könnt ihr euch und in den Entwicklungsländern ist ja besonders schwierig, eine fachgerechte Entsorgung und Abtrennung da zu gewährleisten. Vielleicht kannst du nochmal der Adrian halt jetzt kurz erzählt, was ihr so machts, aber vielleicht kannst du noch mal einen persönlichen Zugang zum Thema erzählen? 00:33.3

IP 2: Also persönlicher Zugang. Ich sag mal. Also ich war jetzt drei Wochen in Indien und man sieht halt das es einfach, dass es keinen Müllentsorgungssystem gibt, und man kennt es ja hier aus Deutschland. Also ja du trennst deinen Müll schön und dann stellst du dir auf die Straße oder wird abgeholt und dann hast du. Dann kümmerst du dich aber weg von hier und dann immer dein Problem. Im Prinzip. Und das gibt es in Indien und zum Beispiel nicht, genauso in Nepal. Also der Müll. Du kannst zwar für dich trennen, aber er kommt halt dann einfach nicht weg. Also er ist dann immer noch da im Müll und es gibt eben kein Entsorgungssystem, das das für dich übernimmt. Deswegen ist es, glaube ich ganz schwer. Und dasselbe ist es halt mit Krankenhäusern. Ich habe halt. Wo ich da persönlichen Zugang habe, ich bin halt zu Technik ohne Grenzen gekommen. Und dann ist das Projekt vorgeschlagen worden und ich denke, mache ich mal und beschäftige ich mich damit. Aber ich habe diesen Müll schon **Internetverbindung unterbrochen**02:00.4

I: Man hört dich nur ganz schlecht leider. Oder hört man mich nicht? Oder schon? 02:08.8

IP 1: Ne bei Lea hängt es. Vielleicht machen wir die Videos aus, dann ist weniger zu übertragen 02:12.3

IP 2: Geht's jetzt besser? 02:21.6

I: Ja, aber wenn du dein Video ausmacht, geht es vielleicht auch besser. 02:24.8

IP 2: Ja okay, es hängt grad irgendwie alles Okay? Ja. Was habt ihr davon verstanden? 02:36.1

I: Das letzte haben wir leider alles nicht mehr verstanden 02:42.6

IP 2: Okay es ging einfach darum, es gibt ja für den normalen Hausmüll schon kein Entsorgungssystem. Und der ist ja wesentlich ungefährlicher als Müll im Krankenhaus. Und deswegen finde ich das ist es eigentlich sehr nötig, dass man den Müll von einem Krankenhaus entfernt, weil der er ja tatsächlich gefährlich ist.03:08.8

I: Okay... Was sind eurer Meinung nach die größten Problemfelder bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in Entwicklungsländern? 03:17.4

IP 1: Ähm. Dass es oftmals nicht gemacht wird. Bzw. Dass oftmals keine kein System besteht, wie du es machen kannst. Und es auch nicht die Priorität hat. Also im Regelfall werden, wird Müll offen verbrannt und erst wenn die Healthpost oder die Krankenhäuser ein bisschen entwickelt sind, dann wird eine Überlegung gemacht Ja, was machen wir denn mit dem Müll? Und eigentlich ist der Müll ja auch infektiös, also müssen wir den irgendwie behandeln.03:54.3

IP 2: Also, für mich ist das das größere Problem die Art also es wird ja entweder offen verbrannt oder es wird verbuddelt. Dann im schlimmsten Fall kann es sein, dass dann

irgendwelche toxischen Abfälle ins Abwasser gelangen und einfach auch das infektiöse infektiöser Müll einfach herumliegt. Und ähm, da ist die Gefahr dann auch Tiere rum. Die Leute rum. Der Wind trägt es weiter. Das ist halt alles nicht ideal. Und es ist halt wirklich infektiöse und ansteckender Müll, was halt dann nicht besonders günstig ist, weil dann halt die nächste Person sich dadurch wieder ansteckt. Und das größte Problem ist auch, dass es kein staatliches System gibt ich glaube, klar kann man persönlich so sein System aufbauen und wenn du es dann selbst entsorgen kannst, ist das super. Aber wenn wenn es kein staatliches Ministerium gibt, dann wollen viele einfach ihren Müll nicht trennen, was auch verständlich ist. Und dann kommt der Müll auch nicht weg. 05:13.4

I: Habt ihr irgendwelche positiven oder negativen Entwicklungen in den letzten Jahren eben wahrnehmen können? In Bezug auf medizinische Abfälle.05:25.4

IP 2: Also beschäftige. Ich beschäftige mich jetzt mal so lange mit dem Thema. Aber was ich jetzt so mitbekommen habe von anderen Projektgruppen, die auch schon so Verbrennungsöfen gebaut haben wie hier bei denen war das Müllsystem eigentlich glaube ich ähnlich. Also ich, ich glaube, es war immer im Prinzip statisch, dass eben kein Müll getrennt wurde durch bzw. dann halt verbrannt wurde oder oder sonst behandelt wurde. Also wüsste ich jetzt nichts davon. 05:58.9

IP 1: Ja, meine Beobachtung Spanne ist jetzt auch nicht so groß. Ähm. Was ich positiv finde ist, dass es sich immer mehr Gedanken gemacht werden, wie man mit dem Müll umgeht. Und im Prinzip ist auch die Guideline, über die wir gerade stolpern, eine positive Entwicklung. Dass man sich halt überlegt, okay, was machen denn, wie gehen wir optimal mit dem Müll um? Was machen wir auch vor allem mit der Asche, wenn sie dann, wenn wir eine Verbrennung gemacht haben. Dass man da ein bisschen ganzheitlicher rangeht und diese Konzepte immer mehr umgesetzt werden. 06:32.7

I: Ja okay. Wisst ihr was mit der Asche passiert in Nepal zum Beispiel? 06:39.7

IP2: Also was ich mitbekommen habe, das meiste wird dafür wirklich verbuddelt. Also die Asche wird dann, das sind ja dann meistens noch die Spitzen sind ja noch drinnen, also ist es mal wieder so heiß, dass es meistens neben dem Metallteil wegbrennt. Im Prinzip. Aber es ist schon mal nicht mehr infektiös und dann wird das die Asche meistens schon verbuddelt 07:06.2

I: Okay, ja, danke. 07:08.1

IP 1: Weil es gibt aber auch schon Überlegungen, was man machen kann. Ich glaube, du hast auch schon ein Interview geführt mit dem Jonas, der da in der Bachelorarbeit ein bisschen was drüberschrieben hat. Und es gibt in der ersten Guideline auch eine Vorgabe, was man mit der Asche machen kann. 07:24.3

I: Okay, die Frage ist dann halt, wie das umgesetzt wird oder oder wie das auch kontrolliert wird. Wenn du auch sagst egal, dann gibt es seit 2014 eigentlich und bis jetzt hat sich da 07:34.2

IP 1: Was bisher so der Standard ist, wie ich ihn mitbekommen habe. Das wird in den Öfen verbrannt und dann wird die Asche dorthin gepackt, wo normalerweise offen verbrannt wurde. Und dadurch, dass wir halt da irgendwie synthetisches Zeug verbrennen, ist es nicht sonderlich gut fürs Grundwasser. 07:49.2

I: Ja, ja, gut, dann beantwortet es einfach die Fragen. So wie ihr euch damit auskennt vielleicht habt ihr da ein paar Erfahrungen sammeln können. Was sind die Hauptgründe, warum medizinische Abfälle in den letzten Jahren so stark angestiegen sind, speziell in Entwicklungs- und Schwellenländer? 08:11.3

IP 2: So richtige Gründe kann ich mir jetzt nicht wirklich denken, aber. Ich. Ich kann nur vermuten, also es ist ja so auch bei uns, wenn wir jetzt keine haben, Tabletten kaufst. Da ist ja jede einzelne verpackt und dann ist sie nochmal in der Papier Verpackung und dann ist da

noch der Beipackzettel dabei und dann kommt zum Schluss noch eine Plastiktüte und ich glaube, so ist das nicht anders in in vielen Entwicklungsländern. Und vor allem damit das Ja. Das klingt jetzt vielleicht blöd, aber wir wollen ja schon immer so Ich glaube, der westliche Gedanke, wir wollen alle Entwicklungsländer, auch der westlichen. Und ich glaube, dass es da auch mit Einfluss hat. Und ich glaube auch der Umgang mit Müll in Entwicklungsländern ist komplett anders. Also bei uns ist ja schon egal, wie viel wir vermeiden, wir werden jetzt keine Plastikstrohhalm mehr oder keine Einweg Plastiktüten oder so was. Und da ist der Umgang in in Schwellenländer glaube ich noch anders, weil ich glaube, da es noch nicht alles so ein großes Problem gegenüber wie bei uns, sondern da sind halt ich weiß und Bildung oder solche Sachen liegen da halt im Fokus und da macht man sich noch nicht so große Gedanken um Müll. Von der staatlichen Seite her glaube ich, dass das deswegen sagt okay, dann machen wir das weiter. Und ich meine, man hat ja auch einen großen Anstieg an Leuten. Also wenn du viele Leute hast, werden viele Leute sagen, ja 09:53.2

I: Ja. Ähm. Dann zur nächsten Frage Welche Rolle spielt die Regierung bzw. die Politik bei der Entsorgung der medizinischen Abfälle? 10:08.2

IP 2: Ich weiß nie, ob Adrian reden will oder ich reden soll hahah 10:14.2

IP 1: Ich kann schon was sagen. In manchen Ländern wird übernimmt es halt. Oder ist es irgendwie staatlich organisiert. Wir haben jetzt die Guideline vor der Guideline. War das eher so die Aufgabe der Krankenhäuser. Und da hat man sich jetzt stark von staatlicher Seite nicht so große Gedanken gemacht. Aber die Guideline zeigt ja, dass es sich da immer mehr Gedanken gemacht werden. 10:40.3

IP 2: Also ich würde auch gern was zur Guideline sagen. Also das ist ja. An sich ist es ja eine gute Idee. Und ich finde es auch gut, dass von staatlicher Seite, wie Adrian gesagt hat, dass ich da jetzt Gedanken mache, dass ich einmische. Aber ich finde, die Umsetzung ist an, der hapert ein bisschen, weil es ist halt so, dass diese Guideline viele Sachen verlangt, die von vielen kleinen Häusern nicht umgesetzt werden können. Ähm, also der Ofen muss elektrisch funktionieren oder irgendwie mit Öl beheizt werden oder oder solche Sachen. Ähm und und deshalb Sachen, wo viele Leute sagen, okay, wenn ich jetzt mir erstmal einen Ofen bauen muss und dann muss ich die auch elektrisch beheizen, in Prinzip. Dann habe ich auch noch die Kosten. Ähm und dann sagen, da muss ich noch den Müll trennen und da muss ich jetzt nochmal machen und das noch machen. Das ist mir viel zu viel Arbeit, wenn er nicht mir auch einfach, weil es ein paar Meter weiter einfach verbuddeln könnte. Und wenn halt eh schon die Kosten, also die, die dein Geld knapp ist, dann glaube ich nicht, dass da viel Bereitschaft entsteht, so Sachen mit mit so viel Vorgaben zu erfüllen. Ähm. Also ich glaube das bisschen. Die Richtlinie ist ein bisschen weit fern von der Realität oder von der Umsetzung, weil ich glaube schon, dass es viele Leute nervt, dass der Müll rumliegt oder ich, ich ich glaube, jedes Krankenhaus würde sagen Ja klar, wenn wir wollten. Wir wollten jedenfalls den Müll in so eine Müllverbrennungsanlage oder sowas. Aber das sind halt große Kosten damit verbunden, die auch dann in Personen gesteckt werden könnten. 12:31.5

I: Ja, das passt dann vielleicht zum nächsten Punkt Wer finanziert die Entsorgung und Behandlung der medizinischen Abfälle in Entwicklungsländern speziell? 12:41.7

IP2: Also ich glaube, es gibt halt aus eigener Erfahrung keinen so großen Müllentsorgungs... Ja, Entsorgungen oder irgendein System auch. Ich glaube das meiste. Wenn du dann sagst okay, ich möchte meinen jetzt verbrennen oder irgendwie loswerden, dann muss das von mir organisiert werden, also in dem Fall halt vom Krankenhaus. 13:06.3

IP 1 : Also in unserem konkreten Fall ist es jetzt so und bei den meisten Öfen, die Technik ohne Grenzen baut, ist es auch immer so, dass wir da die finanzieren. Wir gucken immer, dass die Krankenhäuser, die Leute vor Ort eine Eigenbeteiligung haben. Das ist meistens dann in Form von Arbeit, dass wir mit denen die Öfen zusammenbauen. Das hat sich gezeigt, dass dadurch einfach. Das Verständnis dafür, was dort ist, besser ist, wenn oder auch die Nutzung. Das ist einfach besser funktioniert, wenn wir die Leute da aktiv beteiligen und die

auch ein Teil dort reinstecken müssen. Bei unserem konkreten Projekt ist es jetzt so, dass eine Schweizer NGO und ein Schweizer Verein ich weiss nicht, ob die als NGO gelistet sind. Diese hält, diese Healthposts betreibt, unterstützt und auch in der Art viel Entwicklungsarbeit leistet. Und die finanzieren das Wissen dann quasi mehr. So der technische Partner. 14:06.8

I: Okay. Super. Ähm. Habt ihr irgendwas schon mitbekommen, welche Standards es gibt, nach denen medizinische Abfälle getrennt werden? In den Krankenhäusern? 14:22.1

IP 2: Jetzt aus persönlicher Erfahrung nicht. Also das ist ja auch Teil von unserem Projekt. Das geht ja nicht nur und bauend den Ofen und gehen dann wieder im Prinzip, sondern es geht auch darum ein Mülltrennung System zu machen. Weil ohne die Mülltrennung kannst du mit dem Ofen oder den Verbrennungsöfen den wir wollen nicht beheizen. Also muss erst mal alle schön mit Papier und Papier werden und dann. Also es muss. Ja, es gibt eine bestimmte Reihenfolge, in der du den Müll leisten kannst, also überhaupt richtig brennt und deswegen muss da ein Mülltrennungssystem bestehen. Und als ich jetzt aus letzten Projekten gehört habe, hat es eigentlich ganz gut aufgenommen worden dieses System. Also du hast da halt einmal das Personal geschult und dann hat das eigentlich schon ganz gut funktioniert. Aber ich glaube, davor gab es da keine richtigen. Also vielleicht gab es hier infektiös und nicht infektiös, vielleicht geteilt, aber ich glaube so, so sagte man so ein großes Mülltrennungssystem wie wir hier in Deutschland haben. Okay, ich habe bis fünf verschiedene Arten. Ich glaube so was nicht. 15:4.2

I: Ja. Aber ihr wisst nicht, wie Sie es grade machen in Nepal? 15:46.8

IP 1: Also bei uns wird gerade alles zusammen geschmissen und offen verbrannt. 15:51.2

I: Okay. Also wirklich alle? Da gibt es dann wahrscheinlich nur einen Mistkübel und da kommt dann alles rein. Und wenn er voll ist, dann wird er verbrannt. Ja, okay. 16:03.6

IP 1: Ja! Wir bringen halt immer, wenn wir den Ofen normal bauen. Dann kommt ein. Dann führen wir eine Mülltrennung ein. Einfach, weil wir das auch brauchen, um den Ofen korrekt betreiben zu können. 16:16.4

I: Jaja. Aber interessant ist halt auch, wie es davor gehandhabt wurde. Weil ihr seid dann schon der Bonus quasi. Wisst ihr das wie das funktioniert mit dem Transport der Abfälle zur nächsten Behandlungsanlage oder auch zur Deponie? 16:36.3

IP 2: Also ich sage mal, mit jedem Projekt, das zuletzt durchgeführt wurde in Butwal, auch von unserer Regionalgruppe, bei denen war es glaube ich, wirklich so, dass das einfach hinterm Krankenhaus gelandet ist. Da gab es keine wirklichen Transporte. Wenn der Eimer voll war dann ist es da hin ausgeliefert worden. Deswegen ich ich glaube das nicht, dass es so etablierte Deponien großartig verwendet werden. Also die gibt es, die gibt es auf jeden Fall. Aber ich glaube, das meiste, vor allem, vor allem wenn es so ländliche Gegenden sind, dann landet das einfach in hinterm Krankenhaus. Da gibt es keinen großen Transport. Meine Erfahrung jetzt. 17:23.4

I: Ja. Okay, passt. Dann würden wir eh schon zum nächsten Block übergehen. Das wäre dann eh schon die Behandlungssysteme. Speziell natürlich die gefährlichen Abfälle sollten den Behandlung zugeführt werden. Neben der Verbrennung gibt es ja jetzt auch schon Autoklav-Sterilisation oder Behandlung mit Mikrowellenstrahlung oder Pyrolyse oder auch die chemische Desinfektion. Welche von diesen Behandlungsmethoden konnten sich bis jetzt in den Entwicklungsländern und Schwellenländern etablieren? 17:54.3

IP 2: Also ich muss sagen, ich kenne mich wirklich damit aus. Also das sind alles jetzt Sachen. Also man hat es schon mal gehört, aber es ist jetzt nicht immer mein Themengebiet, aber. Also Autoklaven zum Beispiel. Ähm. Ja, kostet einiges. Und dann glaube ich, ist der Hauptgedanke von von Müll Müllentsorgung. Wenn, wenn wir jetzt so im Krankenhaus leben, ist glaube ich klar, man möchte sterilisieren, aber man möchte auch einfach den Müll loswerden, möchte zum Schluss wenigstens die Asche darüber haben, dass der schon nicht rumliegt. Das ist erstmal der Hauptgedanke. Und dann sagen viele Krankenhäuser okay, für

was kaufe ich mir jetzt einem Autoklav, wenn ich da immer noch Müll habe, Und ich glaube, sterilisieren ja klar, ist eine gutes, eine gute Sache, weil du halt das infektiöse nicht mehr hast von dem Müll. Aber ich glaube, dass es sich gerade nicht so etablieren würde, sondern ich glaube das eher auch. Der Gedanke ist also, man hat sich das hier gerne vorstellt, es ist einfach möglich, Berge von Müll. Und dann glaube ich es eher. Also es ist, glaube ich, eher der Gedanke okay, wir verbrennen den. Dann ist er gleichzeitig schon nicht mehr infektiös und. Und wir haben noch wenig Asche. Würde ich jetzt mal sagen. Was sagst du da? 19:29.4

IP 1: Ja, das ist. Ich weiß nicht, wie es so überall gemacht wird. Ich weiß nur, dass es Technik ohne Grenzen macht. Und wir sind vor allem in so ein bisschen abgelegenen Gegenden unterwegs und haben damit eigentlich mit den DeMontfort Öfen bzw unserer Weiterentwicklung ganz gute ein ganz gutes System. Es hat natürlich Optimierungsbedarf. Ähm, Vorteil ist wir brauchen keine zusätzliche Energie. Wir sterilisieren und dezimieren damit den Müll. Müssen dann noch überlegen, was wir mit der Asche machen. Aber haben somit das Problem ziemlich schon mal ansatzweise gelöst. Hundertprozentig perfekt ist es natürlich nicht. Wie es in städtischeren Gegenden gemacht wird, weiß ich nicht.20:30.2

I: Ja, okay. Also würdet ihr auch sagen, die Verbrennung ist speziell für Entwicklungsländer am zukunftsträchtigsten? 20:44.3

IP 1: Die Sache ist die, durch die Verbrennung hast du halt immer irgendwelche Gase die entstehen. Es ist umwelttechnisch nicht das optimale. Ich kann das jetzt nicht sagen, was aus wissenschaftlicher Perspektive da die optimale Lösung ist. Und wenn wir da auch umwelttechnisch usw. rangehen. Ich sehe nur das Problem bei den Autoklaven, dass wir halt den Müll nicht dezimiert haben. Also wir müssen den Müll sterilisieren und wir müssen irgendwie den Müll loswerden. Wir müssen den Müll kleiner kriegen. Und da ist die Lösung halt die Verbrennung. 21:20.4

IP 2: Und also bei der Verbrennung ist es so. Also als biotechnologische Seite, wenn ich mich richtig erinnere, geht man ja glaube ich davon aus, dass man bei 121 Grad 15 Minuten ähm Sachen brennen lassen muss und dann hat man Bakterien abgetötet. Und das erreichen wir ja. Und dann mit der zusätzlichen hohen Temperatur in dem Ofen wird dann erreicht, dass man diese, diese Schadstoffe, also was auch immer an Dioxine, was da alles in der Abluft ist, dass man die. Dass man die noch abbrennt oder ausbringt, im Prinzip, wie das ja dann gehört, gesagt hat. Ähm, klar, man ist da nicht so erfolgreich, wie wenn es jetzt eben eine richtige Müllverbrennungsanlage gemacht. Das bilden wir uns auch gerne ein. Aber ich sage mal, ein erster Schritt und das ist halt, man muss halt abwägen, ist es einem lieber, man hat die rumliegen oder hat man lieber mehr was auch immer CO2 oder Dioxine in der Luft? Ist halt alles nicht ideal, aber wenn die Alternative ist, du verbrennst das einfach so, dann hat man diese Schadstoffe noch mehr in der Luft. 22:40.6

I: Ja. Da wären wir dann eh schon vielleicht auch bei den Kosten sind. Der Jonas hat mir eh schon erzählt, was das bei euch gekostet. Also so eine Verbrennung, also der DeMontfort Ofen. Habt ihr jetzt vielleicht auch herausfinden können, mit welchen Kosten man bei anderen Behandlungsanlagen rechnen muss? 22:59.2

IP 1: Also wir sind momentan auf der Suche nach etwas günstigem. Ich habe in den USA mit einer Firma geschrieben, die baut den MediBurn. Genau. Und der ist. Ich kann gerade das Angebot noch mal raussuchen. Relativ teuer und so sind auch die anderen Systeme, die wir gefunden haben und es ist halt zu teuer. 23:12.4

IP 2: Ja, also ich mein, ich glaube, ich würde jetzt mal sagen, so ein durchschnittlicher Autoklav, aber ich weiß es halt nur von früher ab. Aber ähm, ich glaube, wenn du das so klein von so einem kleinen Autoklav ausgehst, der kostet schon mal 2000 oder mehr. Ähm. Und da hast du ja in dem Moment weg. Also, ich glaube. Nach oben. Die Luft nach oben. Es ist immer da. Also, ich glaube, da kannst du unmöglich ausgeben. Ähm, ja. Kommt darauf an, wie man sich das kann. 24:06.4

IP 1: Ich finde das Angebot nicht, aber das Ding gibts auch in irgendeinem Onlineshop. Dann siehst du, was der kostet. 24:17.4

I: Okay, super. Ja, ich habe. Ich bin auch schon auf der Website ein bisschen herum geschmökert. 24:20.3

IP 1: Es gibt seine zweite Website, die den dann verkauft. 24:20.2

I: Ja. Okey. Dann werde ich mich da auch noch mal ein bisschen einlesen. Dann noch zur nächsten Frage vielleicht: Welche Ressourcen und Faktoren sind am ausschlaggebenden, um medizinische Abfälle einer ordnungsgemäßen Behandlung zuführen zu können? 24:43.2

IP 2: Ich glaube also meiner Meinung nach braucht man ein organisiertes. Erstmal braucht man ein System. Punkt. Ähm, das heißt. Ich glaub man braucht ganz viel mehr Empower. Also man muss sich entweder als keine Ahnung, als Staat oder als Region oder sogar vielleicht als Staat zusammenschließen und sagen Wir machen ein System. Ähm. Und wir. Wir entsorgen den Müll, weil ich. Ich glaube, es würde schon angenommen werden. Ähm. Weil ich meine. Die Leute sehen das ja auch und das nervt ja auch, dass der Müll da rumliegt. Aber ich weiß nicht, ob das funktioniert, wenn der Staat jetzt auf einmal so ein System einführt. Ich glaube, das muss was heißen, es muss. Aber vielleicht sollte es wirklich von den Leuten ausgehen. Also, dass man sich als keine Ahnung wo, wirklich als Staat sagt, okay, wir wollen jetzt andere Sorgen und wenn das erst mal einfach nur eine Müllverbrennungsanlage ist. Also ohne jetzt groß Trennung. Aber ich glaube, dass da Organisation dahinterstecken muss. Und weil ich glaube, klar ist es gut, wenn, wenn so ein Krankenhaus auch Selbstversorger macht. Ich glaube, das ist immer gut. Aber ich glaube, es kann ja jeder sagen, ich hab keine Ahnung. Ich baue jetzt so einen kleinen Ofen in im Hinterhof, das klappt ja nicht. 26:20.3

IP 1: Ja. Ich habe dir gerade den Link zu dem. Ofen gesendet. 26:23.03

I: Super. Danke. 26:24.0

IP 1: Ich möchte jetzt nicht sagen, was die. Faktoren dafür sind so aus technischer Sicht. Da ist die Leah die bessere Ansprechpartnerin. So dass das System funktioniert und dass das auch genutzt wird. Muss man dort erklären, warum es genutzt wird. Warum man das macht. Man muss für die die Kosten niedrig halten. Dass es sich auch. Also die Kosten und den Aufwand niedrig halten. Denn gerade in diesen Hospitals, die haben schon genug zu tun, dann muss man gucken, dass vor Ort es eine Person gibt. Die sich darum kümmern, die sich auch um die Verbrennung kümmert, die sich um die Wartung des Ofens kümmert und bei allen irgendwie die Awareness hochschrauben. Dass man das macht, dass man die Mülltrennung jetzt einführen muss, weil das ist für die meisten dort neu. Ähm. Und warum wir darauf Wert legen, dass das so gemacht wird. Es ist immer wichtig, dass man mit den zusammenarbeitet. Deshalb spricht Technik ohne Grenzen auch von Entwicklungszusammenarbeit und nicht von Entwicklungsarbeit. Der Wunsch muss vor Ort von vor Ort kommen, von den Krankenhäusern kommen und dann kann man gut mit den zusammenarbeiten und dann findet man auch eine Lösung. 27:37.4

IP 2: Vielleicht noch kurz zum Technischen. Also deswegen habe ich, glaube ich, glaube ich ganz früh begonnen. Und deswegen meine ich, dass es auch so organisiert sein müsste, weil diese kleinen Öfen, die kommen. Man sagt immer, sie kommen auf 800 Grad und das tun sie auch. Aber manchmal sind sie halt nicht, etwa 800 Grad. Und dann ist eben diese perfekte oder halbe perfekte Verbrennung von oder auch von diesen. Von den toxischen Gasen ist halt 100 % nicht gewährleistet. Und wenn du das größer organisierst, dann brauchst du die richtige Müllverbrennungsanlage, in der das dann alles überwacht werden kann. Oder hast du überall Thermometer drin und da kann man es irgendwie nachfeuern. Also das war auch von der Guideline gefordert, dass das vielleicht elektrisch oder so noch noch beheizbar ist, dass man sagt, der Ofen ist jetzt halt nur bei 700 Grad, dann fahre ich jetzt einfach ein bisschen nach. Das ist ja bei 800 Grad ist. Und dass wir jetzt auch die Schadgase abtrennen können. Und deswegen, ich glaube, je mehr Leute sich zusammenschließen, desto besser kann dann die

Anlage werden, weil ja im Prinzip mehr mehr Leute da sind, die es wollen und mehr Ressourcen, sondern auch einfach da sind. 29:09.4

I: Ähm, wie kommt er eigentlich zu den Projekten? Kontaktieren die euch? Die ihr dann auswählt? 29:17.3

IP 2: Also das ist unterschiedlich. Technik ohne Grenzen macht da verschiedenste Projekte. Ähm und es kommt dann so, dann hat man ein Projekt und die kennen dann jemanden oder kennen, die sind ja auch irgendwie vernetzt, die Projektpartner. Und dann kommt man über das Projekt zum nächsten Projekt und dann wird halt guckt man, ob man das als Projektgruppe gleich noch ein zweites Projekt macht. Dann gibt es bei Technik ohne Grenzen die Arbeitskreise in der Regel. Wenn jetzt jemand einen Ofen baut, dann kommt er mit ein, zwei Projekten vielleicht wieder oder weiß, da ist er nicht. Healthpost Die haben auch Interesse, die haben jetzt gesehen, dass es so ist. Und so kommen dann immer mehr Projekte an den Hauptverein und die an den AK Waste. Und der verbreitet dann den oder der sucht eine Projektgruppe, die sich darum kümmern kann. Also es funktioniert meistens so und man guckt auch immer, dass man, wenn man jetzt schon irgendwie nach Nepal fliegt, dass man dann ein bisschen die Fühler ausstreckt und guckt, ob da noch irgendwo Interesse gibt, ob es dann weitere Projekte gibt. Wir arbeiten auch teilweise mit anderen NGOs zusammen, zum Beispiel wie es bei uns jetzt gekommen ist, als die Schweizer Organisation auf uns aufmerksam geworden und hat gesagt, wir bräuchten da eure Lösung. Guckt mal, was sie tun können und haben dann so den Kontakt hergestellt. Also gibt es nicht einen Weg. Das ist alles. Auf verschiedenen Wegen kommen die Projekte und auf verschiedenen Wegen und wir prüfen halt auch immer, ist es sinnvoll, dort jetzt das Projekt umzusetzen. Genau 31:04.5

I: Okay verstehe. Weil ich habe mir gerade gedacht, wenn euch die Guideline in Nepal jetzt so Probleme macht, ist das voll blöd, weil in anderen Ländern könntet ihr den Ofen ja noch bauen, wo keine Guideline ist, zum Beispiel in Afrika wo noch keine großen Regulierungen sind. Was ihr eh auch macht. 31:20.8

IP 1: Ja. Grundsätzlich geht es ja auch darum Technologie-offen an die Projekte anzugehen und wenn wir jetzt sehen, der Ofen wie wir es normalerweise machen, der geht jetzt nicht, dann suchen wir nach einer anderen Lösung. Und wenn wir die andere Lösung finden, dann überlegen wir auch ob wir die andere Lösung in anderen Fällen auch einsetzen. Wenn wir eben dadurch eine bessere Lösung finden, ist das ja auch schon mal was 31:51.2

I: Das stimmt natürlich. Wir haben die letzten zwei Fragen eigentlich eh schon fertig durchbesprochen. Dann würde ich gleich zur Abschlussfrage kommen. Welche Maßnahmen würdet ihr persönlich als erstes setzen, um den Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- oder Schwellenländer zu verbessern? 32:08.4

IP 1: Was wir jetzt machen ist halt so ein kleiner Ansatz. Wir gehen zu den lokalen, wir arbeiten mit den einzelnen Krankenhäusern zusammen. Wie Leah schon gesagt hat, ist das eine Lösung für mehrere Krankenhäuser vielleicht auch nicht nur für infektiösen Müll sondern für den kompletten Müll wie mit großen Müllverbrennungsanlagen die Lösung. Da sehe ich nicht so wirklich, da kann ich aber nichts dran tun. Das ist ein bisschen zu groß für mich. Ich weiß auch nicht ob das so einfach wäre, man braucht da Leute vor Ort die viel aktiver sind, die müssen sich gut vernetzen. Das sind riesige Projekte dann. Wir versuchen das halt im Kleinen zu lösen. Für die einzelnen Krankenhäuser zu lösen mit eben in dem wir versuchen einen kleinen Ofen hinzubauen, der dann das Problem äh und auch noch ein Mülltrennungssystem dazu. Und lösen so das Problem für ein Krankenhaus. Vor allem ist es dann bei abgelegenen Krankenhäusern der Fall, also ich weiß, dass wir schon Verbrennungsöfen gebaut haben wo man nicht gut mit dem Auto hin kann. Und da ist es halt von Vorteil, weil da kann man den Müll nicht wegtransportieren. Wenn du jetzt das komplette Müllproblem angehen willst, da bin ich jetzt überfragt. 33:46.2

IP 2: Ja ich glaube auch eben, also so ein Großprojekt muss auf jeden Fall von dem jeweiligen Land ausgehen. Da können wir nicht sagen okay wir bauen das jetzt daher und dann sollen

es auch alle akzeptieren. Ich glaub echt, dass so kleine Müllverbrennungsöfen vor allem für so ländliche Regionen, ein ländliches Krankenhaus oder Healthpost. Das ist glaub ich ein recht guter Ansatz. Das wichtigste auch und ich glaube das haben wir gemerkt. Das eine Krankenhaus hat so einen und plötzlich fragt das zweite an, was im Dorf nebenan ist und dann fängt auch das Dritte an, vom anderen dort nebenan. Und man merkt da ist ein Wille und die wollen das auch und ich glaube Einsicht ist der erste Schritt. So viele Leute und die sehen, dass es ein Problem ist, vor allem in Krankenhäusern und da ist glaub ich und ja die wollen es auch. Und genau dann brauchst du auf jeden Fall Unterstützung von staatlicher Seite und wie Adrian schon gesagt hat, da können wir dann nicht mehr groß was machen. Aber das allgemeine Müllproblem, da weiß ich auch nichts, da müssen sich glaub ich richtige Profis damit auseinandersetzen. 35:15.5

I: Ja wahrscheinlich ist wirklich der erste Schritt eine Regulierung wahrscheinlich einzuführen, damit das grundsätzlich mal adressiert wird. 35:24.8

IP 2: Es ist halt so, wenn du ein Müllsystem einführst, wir sehen es ja in Deutschland, dann zahlst du Steuern. Und wenn du eh schon wenig oder kein Geld hast und dann noch deine Kinder versorgen musst und dann hast du noch Familie eben, dann ist das Geld noch mehr wert in Prinzip. Vor allem wenn du viel Armut hast, ist es schwer Leute davon zu überzeugen, weil die sagen „es funktioniert ja jetzt schon, ich meine mich stört der Müll nicht, es liegt halt da und es ist nicht mein Ding, aber ich muss kein Geld dafür zahlen“. Und ist glaub ich ein großer Punkt, warum das nicht durchgesetzt werden kann oder könnte. Und dann muss man halt schauen, ob man das Geld von wo anders bekommt. 36:17.5

IP 1: Ich glaube auch nicht, dass eine Regulierung jetzt die Lösung ist. Ich glaube es wäre viel besser wenn man jetzt nicht sagen würde wir haben jetzt eine Guideline, wir haben gesetzliche Vorgaben. Wenn man von staatlicher Seite einfach hingehen würde und große Verbrennungsanlagen bauen würde und dann die Lösung so präsentieren würde. Also so wie es jetzt ist zum Beispiel in Nepal mit der Guideline, für uns macht es das schwerer eine Lösung zu finden. Und im Zweifel scheitert das ganze Projekt und wir haben keine Lösung, weil wir nicht einen Ofen finden, den wir finanzieren könne. Und den die dann auch dort irgendwie betreiben können, weil er zu komplex ist und am Ende bauen wir halt, also im Worst-Case Szenario bauen wir keinen Ofen hin und es wird weiter offen verbrannt. Und damit hast du halt eine Technologie ganz ausgeschlossen. 37:22.3

IP 2: Genau Und hält halt auch auf irgendwie einer sehr kleinen Stelle die Leute davon ab. Also ich kann verstehen, welcher Gedanke hinter der Guideline steckt aber die Umsetzung ist halt nicht ideal. 37:38.4

I: Ja aber anscheinend hat das ja bis jetzt auch noch niemand kontrolliert oder so, wenn es die Guideline jetzt eigentlich schon seit 2014 gibt. 37:50.1

IP 1: Also ja wir stolpern jetzt da gerade drüber, weil wir wollten den, also unsere Projektpartner wollten den Ofen auf staatlichen Grund bauen und sind deshalb zur Lokalregierung gegangen und die kamen dann mit der Guideline. 38:02.8

I: Okay. Und jetzt habt ihr selber quasi darauf aufmerksam gemacht quasi. Okay verstehe, das sind alles Probleme, das ist wie ein Bommer-Rang, egal wo man anfängt ein neues Problem kommt zurück und dann natürlich die Kosten noch. Das größte Problem. 38:27.3

IP 1: Natürlich wäre es schön, wenn wir jetzt überall so einen MediBurn hinstellen würden. Ich habe jetzt nur deren Marketing gesehen. Aber die machen gute Werte, es ist ein schönes System, haben auch Ersatzteile. Dann braucht man nur mehr jemanden kompetenten vor Ort der den warten kann, aber den findet man ja irgendwie. Aber das sind halt 37.000 USD das kannst du halt nicht für ein kleines Krankenhaus machen und das funktioniert hat nicht. Also wenn du irgendwie im Rahmen deiner Arbeit einen MediBurn auf günstig findest, das wäre die Lösung. 39:07.8

I: Ja ich bin tatsächlich auch über den MediBurn gestolpert. Der ist leider schon sehr präsent. Weil ich habe mir auch versucht ein wenig die Kosten anzusehen, bzw. möchte ich gern auf die Kosten eingehen auch im Vergleich zu Autoklav und Mikrowellenstrahlung. Aber ja es einfach alles sehr teuer. Vor allem so High-Tech-Anlagen.39:33.4

IP 2: Ja genau. Es ist halt einfach kein Ding was man sich einfach mal so kauft. Genau wie du gesagt hast, deshalb gibt es wahrscheinlich auch wenig Anbieter. Und hohe Preise. 39:45.2

IP 1: Ja genau. Wir gehen ja bei unserem Ofen immer so von 9000€ aus, bzw. das sind Vor-Pandemie Preise. Ich denke im anderen Interview wird er dir eine aktuellere Zahl liefern können. 39:58.3

I: Ja die ist schon um einiges höher leider schon hahah 40:01.2

IP 1: Ja, das ist halt schon happig aber wir finanzieren das. Ich habe jetzt wenig Hoffnung, dass wir diese 37.000 USD finanziert bekommen. 40:15.3

I: Ja für ein kleines Krankenhaus wahrscheinlich schwer. Die Frage ist ob es sich vom Müllvolumen was produziert wird, auszahlt. 40:32.4

IP 1: Ja genau, für uns auf keinen Fall! Wir haben ja den Mark 8 und den Mark 9 und wir bauen ja schon die kleinere Version. Wenn du brauchst, ja auch eine gewisse Menge Müll um den effektiv betreiben zu können. Der MediBurn ist halt dann gut, wenn du Militärstützpunkte aufbaust oder so Notfallkrankenhäuser. Ich glaube so Ärzte ohne Grenzen, mit denen werben die. Da bringt das halt was, wenn du jetzt schnell wo ein Krankenhaus bauen möchtest, dann schaffst du ja auch jede Menge teures Equipment durch die Gegend. Aber bevor sich da jemand den MediBurn kauft, kauft man lieber was fürs Krankenhaus. 41:16.4

I: Ja auf jeden Fall. 41:17.7

IP 1: Und da würde ich sagen ist das Geld auch besser angelegt. Aber das Müllproblem ist halt dadurch nicht gelöst. 41:28.8

I: Ja das stimmt. Ja man müsste wahrscheinlich ein Sharing machen, dass mehrere Krankenhäuser den Ofen nutzen können. 41:39.2

IP 1: Ja genau, so ist bei uns auch gerade die Überlegung, eigentlich wollten wir den Ofen dann an mehreren Healthposts bauen. Aber jetzt wo wir gerade nach einer teureren Lösung suchen, dass wir das ein bisschen zusammenfassen unsere Geschichten. Aber dafür brauchen wir zuerst eine Lösung bevor wir über sowas nachdenken. 42:00.3

I: Ja klar. Danke euch beiden sehr spannend auf jeden Fall! Ich lasse euch gerne meine Arbeit nachher zukommen, vielleicht hilft es euch.(43:42.8)

Wörter: 5912

Interview Protokoll

Interviewerin	Datum	Dauer	Zeitpunkt
Katharina Mitsch	19.05.2022	ca. 35min	09:00

Ort und Umstände

Aufgrund des Wohnortes (Deutschland) des Interviewpartners wurde das Interview per Videokonferenz der Plattform „Zoom“ durchgeführt, beide Teilnehmerinnen waren in ihrem Zuhause.

Daten zur Befragten (IP)

Jonas Hocheder – Mitglied bei *Technik ohne Grenzen*

Die interviewte Person ist männlich, studiert und arbeitet freiwillig für die Organisation *Technik Ohne Grenzen*. Im Zuge der Projekte war er im Frühjahr 2022 für mehrere Wochen in Simbabwe und hat geholfen einen Verbrennungsofen für ein Krankenhaus zu planen. Er hatte ebenfalls die Gelegenheit mehrere Krankenhäuser in Simbabwe zu besuchen und hat sich mit dem Umgang der medizinischen Abfälle dort befasst. Zusätzlich hat er schon mehrere Projektarbeiten und eine Bachelorarbeit speziell zum Thema der Behandlung medizinischer Abfälle geschrieben.

Anmerkungen

Mit Hilfe des Interviews konnte die Forschungsfrage hinreichend beantwortet werden sowie viele Erfahrungen speziell vor Ort (Simbabwe) geteilt werden. Einige Antworten basieren auf persönlichen Meinungen aber sind dennoch fachlich relevant. Teilweise wurden vom Interviewer im Zuge des Gespräches Zwischenfragen gestellt, welche nicht im Leitfaden enthalten sind.

I: In den letzten Jahren steigt weltweit die Menge der medizinischen Abfälle an. Besonders in Entwicklungs- und Schwellenländer ist das problematisch, da eine sachgerechte Abfalltrennung und Abfallentsorgung oft nicht gegeben ist und dies negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen zu Folge hat. Welchen persönlichen Zugang hast du zu diesem Thema? 00:55.08

IP: Ich habe vor einem Jahr eine Semesterarbeit in der Hochschule München geschrieben, in der es drum ging einen Müllverbrennungsofen bzw. in der es generell darum ging die Müllentsorgung in Simbabwe zu designen, nachdem das Krankenhaus den Ofen, den sie benutzt haben. Einer ist eingestürzt den anderen durften sie nicht mehr verwenden EIGENTLICH...hat natürlich keinen interessiert aber in der Theorie durften sie ihn nicht mehr verwenden und da das Krankenhaus von den dominikanischen Schwestern gebaut wurde und noch immer betreut wird, hat das ganze so seinen über Deutschland seinen Weg zur Hochschule gefunden und wir haben unsere Semesterarbeit abgeschlossen und zwei. Also einer von meinem Kommilitonen und ich haben uns gedacht es wäre ja schade wenn das in der Schublade verschwindet und haben uns gedacht wir wollen das ganze durchsetzen und schauen, dass das dann durchgeführt wird. Und sind dann da bei der deutschen Organisation Technik Ohne Grenzen eingestiegen, von denen wir auch einiges von den Infos und den Bauplänen bekommen haben. Ähm das ist ein ehrenamtlicher Verein hauptsächlich aus Studenten die so kleinere Entwicklungsprojekte durchführen und sind dann so dieses Jahr ca. vor einem Monat für dreieinhalb Wochen nach Simbabwe geflogen und waren dann da vor Ort in dem Krankenhaus, St. Theresa Krankenhaus und haben mit denen einmal den Ofen gebaut und auch das Wastemanagement ein bisschen angeschaut und geschaut, dass die Mülltrennung läuft und dass ein bisschen das Verständnis dafür vorankommt damit die den Ofen auch richtig verwenden können, denn man kann nicht alles reinschmeißen man muss ein wenig trennen...damit man den richtig verwenden kann muss die Mülltrennung laufen. Das war so der zweite Teil. Am Ende von dem Projekt sind wir noch in den Norden in ein zweites Krankenhaus, das auch von den Schwestern, was gerade ordentlich ausgebaut wird, das war zuerst nur ein kleines Tuberkulose-Krankenhaus und das haben sie jetzt groß angebaut mit mehreren Flügeln und im neusten Anbau musste der alte Ofen und noch ein paar andere Sachen platt gemacht werden und da haben sie gemeint ob wir uns das kurz anschauen könnten und unsere Meinung dazugeben wo dann der neue hinkommt und was und wie und wo und das heißt wie haben dann noch ein zweites Krankenhaus gesehen und ein bisschen reinschnuppern wie das bei denen so läuft. Und ja das sind so meine Erfahrungen zu dem Thema...Ahja und davor habe ich meine Bachelorarbeit zu dem Thema drübergeschrieben, über den Ofen den TOEG baut und habe da auch viel recherchiert und habe geschaut was gibt es da zu dem Thema. Nicht viel hahahahah..genau die neusten Sachen die ich da gefunden habe war so von 2012/2014 oder so neue Sachen habe ich gar nicht gefunden. 04:17.8

I: Ja die vor Ort Einblicke sind einfach am besten, weil dann sieht man was Sache ist. Ja gut...04:27.0

IP: Ja genau zumindest da mal gesehen, wie es läuft...ahja genau und im Provinzkrankenhaus, als wir von der Midlands Province, als wir da Medikamente geholt haben und da haben wir uns gedacht ah wenn wir schon hier sind schauen wir uns da auch gleich mal um und haben dann da auch in den Ofen reingeschaut den die da so hatten 04:45.2.

I: Und was habt ihr für Unterschiede feststellen können von dem Ofen, wenn ihr die drei sagen wir mal gesehen habt, von diesen drei Krankenhäusern 04:52.4

IP: Also die Öfen, die davor da waren...ähm also es wird natürlich alles verbrannt für den Müll. Es gibt in den Krankenhäusern Autoklaven für Sachen wie Kleidung also für die OP-Kleidung zum Beispiel gibt es Autoklaven, damit die wiederverwendet werden können, das willst du ja eigentlich nicht verbrennen, das sind nicht so Einmal-Klamotten. Aber der Müll generell wird natürlich überall verbrannt. Im Provinzkrankenhaus, die hatten so einen schönen riesigen. Der war sicher irgendwie 20 Meter Schornstein oder so die hatten einen riesigen Ofen, der

eigentlich mit einer Benzineinspritzung läuft damit er ordentlich Temperaturen hat ähm natürlich trotzdem nur eine Kammer also das heißt da wird dann nichts nach, da wird nichts gefiltert und keine Nachbrennung stattfinden. Die Benzineinspritzung war auch kaputt, da hat sich auch keiner darum gekümmert, das heißt die Lösung dafür war man kippt Benzin mit einen Eimer rein ähm was natürlich konstant hohe Temperaturen zu halten komplett verfehlt hat, denn wenn du den Eimer reinkippst hast du kurz sehr viel Hitze, dann brennt halt alles aber sobald das Benzin verbrannt ist, ist die Hitze auch wieder weg und dann ...ja also mittelmäßig...das heißt die hatten einen sehr großen Ofen der auch schon ganz schön in die Jahre gekommen ist und auch nicht mehr gewartet wurde seitdem er damals kaputt gegangen ist. 06:21.4

I: Ja das sind auch meine Erfahrungen was ich in den Case Studies lese, dass eigentlich eh viele einen Ofen haben aber viele kaputt sind, nicht richtig funktionieren, zu wenig Temperatur, es passt dann nicht obwohl es eigentlich vorhanden wäre, sagen wir so. Nagut dann gehen wir mal zur nächsten Frage. Was sind deiner Meinung nach die größten Problemfelder bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländer? 06:49.1

IP: Hmm ich glaube es sind zwei Punkte. Zum einem mal das Geld einfach, also wenn nicht genug Geld da ist, dann ist die Müllentsorgung einfach, wo man schön sparen kann. Was gleich mit den zweiten Punkt zusammenfällt ist einfach die Fehlende das fehlende Wissen, dass das ein Problem ist. Also jedem ist klar, dass man den medizinischen Müll nicht einfach vergraben kann, also zumindest bei meiner Erfahrung. Also denen ist klar, dass man so blutige Lumpen nicht einfach so wie die Plastikflaschen nicht einfach so in die Seite werfen kann. Aber was für Probleme es gibt wenn man den Müll verbrennt, also medizinische Abfälle also es gibt ja einige Probleme wenn man PVC verbrennt, dass diese Dioxine und Furane sind halt die großen Sachen die man gar nicht haben will, weil die sich einfach ansammeln und einen Haufen schlechter Krankheiten verursachen, also da gibt es mehrere Studien inzwischen was da alles schief gehen kann und das ist ja auch der Grund warum in europäischen Ländern inzwischen eigentlich gar nicht mehr verbrannt werden, weil einfach ein Haufen schlechter Chemikalien entstehen die du nicht haben willst. Und dieses Wissen, dass wenn man den medizinischen Müll verbrennt, dass dann ein Haufen neuer Probleme erschafft, das fehlt irgendwie komplett, also für die meisten Leute, mit denen ich dort geredet habe, ist die Müllverbrennung ja super, der Müll ist danach weg. Also 95% bis 99% vom Volumen verschwindet, ist ja super, er ist nicht mehr ansteckend, er ist ja weg ähm das heißt Problem gelöst und dass man dadurch halt einfach seine ganze Umgebung verpestet mit nur mehr als nur dem normalen Rauch von einem Feuer also schon mehr unangenehmeren Dingen, das fehlt irgendwie. Also wenn die Leute wissen würden, dass sie sich selber damit schaden und alle die um sie herumleben dadurch, dass sie das einfach so verbrennen, dann wird sich da sehr viel mehr tun. Weil Geld an sich ist nicht das Problem, denn wenn man da einen neuen Ofen hinbaut und der ist superhübsch, dann ist der nach ein paar Jahren auch wieder im Arsch, wenn man sich nicht darum kümmert. Und damit sich darum gekümmert wird muss halt erstmal das Bewusstsein da sein, dass es da ein Problem gibt, was man angehen muss, also ich glaube es ist die Kombi, zu einem ist nicht genug Geld da um damit man alleine auf die Idee kommen würde und zum Zweiten nicht das Verständnis da, dass es wirklich ein relevantes Problem ist. 09:24.4

I: Da hast du wahrscheinlich recht 09:27.6

IP: Ja das ist meine Vermutung. 09:29.7

I: Ja sicher sogar. Ähm... Welche positiven sowie auch negativen Entwicklungen haben Sie in den letzten Jahren im Umgang mit medizinischen Abfällen wahrnehmen können? 09:38.5

IP: Hmm positiv ähm je nach Land tut sich da was, also wir hatten jetzt dieses Jahr oder Ende letzten Jahres kam da auch aus Nepal die Meldung, dass da keinen neuen Öfen zugelassen werden, die manuelle Verbrennung nehmen, also einfach reinschmeißt. Das heißt die haben neue sehr viel härtere Regelungen gemacht was so ein Ofen können muss. Zweikammern, Nachbrenner, der extra geheizt wird, also genau das was du von Verbrennungsöfen haben

willst in Prinzip damit sie gut funktionieren...ähm das heißt es gibt ja schon lange die Vorgaben von WHO und Co. Was man tun sollte und anscheinend gibt es in einigen Ländern auch inzwischen den Willen auch da ein bisschen strenger drauf zu schauen ähm das heißt das geht voran. Natürlich ist dann die Frage, dann hast du die Erkenntnis schon mal fest aber dann fehlt natürlich erstmal noch das Geld haha...aber es ist zumindest ein Schritt in die richtige Richtung. Ähm....negative Entwicklungen...weiß ich selber nicht sooo....Also ich hab jetzt das eine Projekt vor Ort gemacht, das heißt ich habe jetzt nicht so die Jahre lange Arbeit in dem Feld...Genau also positiv hätte ich jetzt mal die Änderung in Nepal angebracht, also es ändert sich schon was..sehr langsam aber es wurde erst 2004 das erste Mal in einem Paper festgeschrieben, dass die Müllverbrennung eigentlich eher eine Übergangslösung sein sollte. Jetzt haben wir es 17 Jahre später und so langsam ist das angekommen. 11:27.8

I: Ja da hast du recht, wenigstens tut sich da etwas hahah...11:32.3

IP: Langsam aber sicher 11:34.9

I: Dann würden wir auch schon zum zweiten Themenblock kommen, ähm was sind die Hauptgründe warum medizinische Abfälle in den letzten Jahren so stark ansteigen, speziell in Entwicklungsländer vielleicht? 11:46.3

IP: Kann ich jetzt auch nur vermuten äh da kann ich dir keine fundierten Gründe geben, wie gesagt ich bin ja auch letztes Jahr habe ich mich mehr mit dem Thema befasst. Die einzige Vermutung jetzt die ich hätte ist das Bevölkerung immer weiter steigt immer weiter steigt...ähm und vielleicht auch die Versorgung besser geworden ist, also es gibt einfach mehr Krankenhäuser, weil wenn die einmal gebaut werden, dann bleiben sie in der Regel. Also das St. Theresa Krankenhaus ist 30 Jahre alt oder sowas...die verschwinden normalerweise dann nicht. Also ich denke je besser die Versorgung desto mehr Müll hat man dann auch. Aber wie gesagt da kann ich jetzt keine belastbaren Ideen bringen 12:41.2

I: Also du warst ja jetzt eigentlich während Corona dort, hast du da irgendwas mitbekommen ist das es gestiegen ist oder dass mehr Abfälle da entstehen? 12:51.4

IP: Hmm also während Corona, also auch in Simbabwe wurde getestet, also das alleine ist schon Müll, den es vorher nicht unbedingt gab. Ähm was ich recht faszinierend fand ist, dass zumindest im St. Theresa Krankenhaus seit Corona die Patientenzahlen zurückgegangen sind. Aber das lag meiner Meinung eher daran, dass sie vor sehr kurzem angefangen haben, die Patienten für die Behandlungen zahlen zu lassen. Also davor war das rein über Spenden und rein über Unterstützung aus Europa. Und ich habe da die starke Vermutung, dass sich die Leute in der Nähe noch nicht mit dem Gedanken angefreundet haben jetzt auf einmal für Medikamente zahlen zu müssen wenn sie es davor kostenlos bekommen haben. Das deswegen jetzt sehr wenig Patienten da sind. Weil in dem anderen Krankenhaus, war ganz voll, da war richtig viel los. 13:47.4

I: Geld leider immer einer der Hauptgründe 13:51.8

IP: Ja vor allem in Simbabwe das ist einfach ein armes Land.13:57.0

I: Welche Rolle spielt die Regierung bzw. die Politik bei der Entsorgung der medizinischen Abfälle? 14:02.2

IP: Ähm sehr wichtig wie man in Nepal sieht, weil die müssen die Richtung vorgeben..Ähm ansonsten ist es halt trotzdem meistens so, dass man die billigsten Lösungen nimmt...ähm und ich hab schon das Gefühl, dass vor allem solche Entwicklungen von oben vorgegeben werden müssen. Also es ist schön, dass einzelne Krankenhäuser für sich selber, weil sie das Wissen haben oder weil sie sich das angelesen haben, entscheiden, dass sie eine gescheite Müllentsorgung haben wollen, aber das flächendeckend machen zu wollen und darum geht es ja bei solchen Sachen eigentlich, denn es hilft ja nicht wenn ein Krankenhaus das richtig macht, sondern es müssen alle richtig machen, da braucht man einfach die Vorgaben von oben und die können nur über die Regierung kommen. Und wenn die Regierung wie in Nepal entscheidet, he alle neuen Krankenhäuser oder alle neuen Öfen müssen diesen Richtlinien

folgen, dann müssen sie diesen Richtlinien folgen, sonst können sie ihren Müll nicht losbringen. Und ja dann...also ja ich finde nur so kann man da sinnvoll auch längerfristig Veränderungen bekommen, wenn das die gesetzlichen Rahmen sind, dann muss man sich innerhalb von dem Rahmen bewegen. Also ich hätte schon gesagt, dass Regierung und Politik da eine große Rolle spielen, einfach als Richtungsweiser. 15:19.2

I: Ja das passt jetzt eh auch zur nächsten Frage: Wer finanziert die Entsorgung und Behandlung der medizinischen Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern? Weil ihr habt durch Spenden die Öfen gebaut, also privat?! 15:33.3

IP: Genau also unser Ofen wurde komplett vom Kloster Strahlfeld gesponsort. Dass ist das deutsche Kloster. Ja finanziert wird viel durch die Leute die das Krankenhaus bauen und wer baut Krankenhäuser in Entwicklungs- und Schwellenländer, viel irgendwelche Hilfsorganisationen, also die unterstützen zumindest sehr stark. Es auch im Norden das Krankenhaus ausbauen, sind auch hauptsächlich Spenden..Ähm also ja hauptsächlich Spendengelder 16:03.4

I: Okay also eigentlich hat da dann die Regierung wieder wenig zu tun damit, dass sie sagt der Staat hilft ihnen? 16:10.5

IP: Also sie könnten es finanzieren, wenn sie als hoch genug in der Priorität einschätzen, aber ich meine die haben auch genügend andere Probleme, die sie mit Geld bekämpfen sollen und Korruption ist dann obendrauf noch also... 16:23.4

I: Ja stimmt...ähm welche Standards hast du wahrnehmen können, nach denen die medizinischen Abfälle getrennt werden? 16:34.0

IP: Also in beiden Krankenhäusern, die ich gesehen habe, gab es davor auch schon die Trennung zwischen infektiösen Müll und nicht-infektiösen Müll. Das wurde mal mehr mal weniger konsequent durchgezogen, aber zumindest so grundlegend die Idee war da..Ähm...ich weiß jetzt aber nicht wie viel das damit zusammenhängt, dass beide Krankenhäuser eben von Schwestern geleitet wurden und die auch viel international unterwegs waren und jede von den Dominikaner Schwestern die da länger im Orden ist, ist irgendwann mal in Deutschland auf Besuch. Also ich weiß nicht wie viel das jetzt mit den Schwestern zu tun hat und wieviel das grundsätzlich ist aber ich hätte schon gesagt, dass zumindest zwischen den infektiösen und den nicht infektiösen Müll die Idee da ist. Aber die Umsetzung ist dann wieder was anderes. Aber grundsätzlich alles was Blut dran hat wird gesondert gesammelt. Also die Grundidee ist da und auch in den Köpfen, dass man da auch ein bisschen anders damit umgehen soll. Sharp-Waste ist auch immer in einem extra Behälter also Nadeln und in die Richtung 17:45.4

I: Aber hast du das Sehen können wie sie den infektiösen Müll trennen oder ist das dann in einer roten Plastiktüte und haben sie das gekennzeichnet oder ist das einfach so linker und rechter Mistkübel? 17:58.6

IP: Das kommt drauf an. Als wir angekommen sind waren da einfach Mülleimer und im Maternity ward, gab es eine große rote Tonne, wo Zeug reingekippt wurde, weil sie während den Behandlungen ihr Zeug in Metall-Schüsseln lagern, die lagen halt direkt unter dem Behandlungsbett, da haben sie alles reingeschmissen und die Metall-Schüssel dann in die große rote Tonne entleert. In den anderen Bereichen waren halt einfach Mülleimer da, in den Dressing-Rooms wo Wunden behandelt wurden war ein Mülleimer in den ist alles reingeflogen, was in den Dressingroom produziert wurde. Und dann dadurch, dass ein Großteil an Bandagen und anderes infektiösen Zeug ist war das dann halt ein Mülleimer mit infektiösem Müll. Da jeder voller Mülleimer genommen wurde und in den Ofen gekippt wurde hat das nicht viel Unterschied gemacht aber zumindest die Mülleimer mit dem infektiösen Zeug, da haben die Putzkräfte sich zumindest schon Handschuhe angezogen wenn sie den in die Hand genommen haben, also die hatten auch am Schirm, dass das nicht gesund ist, wenn man daran ankommt oder so. Also Mülltrennung ist ...Trennung ist vorhanden, die Idee ist vorhanden, mit der Umsetzung durften wir uns dann auseinander setzen 19:28.9

I: Also wie funktioniert der Transport der Abfälle von den Gesundheitseinrichtungen zur nächsten zur Deponie oder Behandlungsanlage falls nicht vor Ort? 19:38.4

IP: Per Hand, also im St. Theresa Krankenhaus haben wir uns mehr damit beschäftigt, da sind einfach die Generalhands und die Putzkräfte der Generalhands, die gehen durch und schnappen sich den Mülleimer tragen ihn zum Ofen und haben ihn reingekippt und sobald der Ofen voll war, wird's angezündet. 19:57.2

I: Und was passiert mit der Asche dann? 20:03.8

IP: Die blieb im Ofen und hat sich angestaut, also ich habe bis heute noch nicht herausgefunden, ob sie überhaupt was mit der Asche machen, also der Ofen wird immer voller. Also in der Theorie gibt es hinten Platten, die man aufmachen kann, um die Asche zu entfernen aber als ich gefragt habe, wo sie ihre Asche hintun, ähm hab ich keine Antwort bekommen also egal wann und wen ich gefragt hab. Also ich habe das Gefühl, dass sie die nicht entfernt haben.20:31.8

I: Vielleicht ein Grund wieso sie immer kaputt gehen nach einer Zeit 20:34.6

IP: So sah es auch aus. Also der Ofen hat so 1,5 Meter Höhe, also das Volumen dieser Brennkammer und sicher 1 Meter war damit schon voll mit Asche also da hat schon länger keiner was rausgetan. Aber ja Transport per Hand als wir abgekommen sind, hatten sie auch eine starke Knappheit an Müllbeuteln, das heißt die Mülleimer sind einfach...also das waren so Treteimer, die drinnen nochmal so einen Eimer hatten, also da hattest du draußen so ein Blech von dem Mülleimer und innen drinnen nochmal so einen Plastikeimer, wo das Zeug reingeworfen wurde. Das heißt der Plastikeimer wurde genommen, ausgeleert und wieder zurückgestellt.21:21.9

I: Okay verstehe...21:24.9

IP: Und ja bei den großen Tonnen, die rote Tonne bei Materinty wurde sogar sauber gemacht, bevor sie wieder zurückgestellt wurde. 21:33.5

I: Na immerhin. Okay super danke...Dann sind wir eh schon bei den Behandlungsmethoden, ich weiß nicht, wie gut du dich da auskennst aber schau halt.21:42.1

IP: Relativ gut sogar. Ich habe da viel recherchiert auch für die Projektarbeit 21:50.0

I: Okay sehr gut... speziell die gefährlichen Abfälle sollten einer Behandlung zugeführt werden. Neben der Verbrennung gibt es schon Alternativen wie Autoklav Sterilisation, die Behandlung mit Mikrowellenstrahlung, die Pyrolyse sowie die chemische Desinfektion. Welche von diesen Behandlungsmethoden konnten sich in den Entwicklungs- und Schwellenländern etablieren bis jetzt? 22:08.5

IP: Von dem was ich gesehen habe die Autoklaven auf jeden Fall, auch St. Theresa als sehr ländliches Krankenhaus hatte einen Autoklaven. Der leider kaputt war momentan, aber da haben sie sich zumindest darum gekümmert, dass er repariert wird, weil die den eben für ihre OP-Kleidung und alles was wiederverwendet wird auch für das OP-Besteck und äh..obwohl das haben sie teilweise chemisch desinfiziert, da hatten sie eine Tonne wo sie mit Wasser gefüllt und ich weiß nicht mehr genau was sie dazu reingefüllt haben und da haben sie dann ihr Besteck reingeschmissen. Ähm das war sogar chemisch ansonst Autoklav eben für so Stoffe. Die auch teilweise im größeren Stil, also die haben auch jedes Krankenhaus hat so einen, also als der in St. Theresa kaputt war mussten sie in ein anderes Krankenhaus fahren, um ihre OP-Kittel dort zu desinfizieren. Also die sind schon weiterverbreitet, aber hauptsächlich im kleinen Stil für so wiederverwendbare Sachen, um damit auch so alles also auch den Müll zu desinfizieren, das habe ich noch nicht gesehen. Es wird einfach verbrannt, weil es am einfachsten ist und damit auch das Volumen reduziert. Aber grundsätzlich gibt es die Autoklaven schon überall inzwischen und ein bisschen chemische Desinfektion habe ich auch gesehen, aber immer hauptsächlich für Wiederverwendbares, alles was weg muss wird verbrannt. 23:41.1

I: Spannend eigentlich. Welche von den bereits erwähnten Behandlungsverfahren ist speziell für Entwicklungsländer am zukunftsträchtigsten denkst du? 23:49.5

IP: Ich denk Autoklav, weil erstens haben sie schon Erfahrungen damit, das heißt es gibt Leute vor Ort oder zumindest irgendwo die so etwas reparieren könnten. Ähm...Verbrennung ist halt einfach langfristig muss man davon weg, kurzfristig äh wirds...also mittelfristig wird es erst noch dableiben. Ähm aber nur vielleicht hoffentlich mit den Standards die man braucht um die Furane und Dioxine zu verhindern, also ich denke mal das wird so der kurzfristige Trend sein, so wie auch in Nepal wo man nur mehr Öfen zulässt die zwei Brennkammern haben, wo die zweite Brennkammer extra befeuert wird, wo man dann vielleicht hoffentlich eine Abgasreinigung hat, also das wird schätzte ich mal der erste Schritt sein, eben weil die Krankenhäuser sich um den eigenen Müll kümmern müssen und vor Ort es nicht die besten oder größten Müllentsorgungsmöglichkeiten gibt. Und längerfristig hätte ich erst mal Autoklav gesagt, weil es die eben schon gibt und die Leute sich damit auskennen und wenn dann die allgemeine Müllentsorgung auf einem Stand ist, wo man sagt, gut Krankenhausabfälle die nicht mehr infektiös sind können wir einfach in die Standardmüllentsorgung geben, ähm sei es eine Abfallhalde oder städtische Verbrennung oder so dann muss man es ja nur mehr desinfizieren und kann es dann normal entsorgen. Das erfordert allerdings die Existenz einer städtischen Müllentsorgung wo der Müll dann hinkommen kann und das ist auch eher nicht so die Sache, weil oft der Müll einfach irgendwo in der Straße oder auf einer freien Fläche verbrannt wird. Also wenn die Städte ihren Müll nicht unter Kontrolle kriegen, dann müssen sich die Krankenhäuser halt selber darum kümmern, dann werden das halt eher so kleinere Öfen. 25:55.9

I: Mit welchen Kosten muss man bei der Anschaffung einer Behandlungsanlage rechnen? 26:02.4

IP: Äh das weiß ich nicht, also ich kann nur sagen bei uns die De Montford Öfen, die wir bauen, die sind schon sehr klein und sehr primitiv, die sind so einfach wie du einen Ofen machen kannst, ohne komplett jedes Prinzip über Board zu werfen. Also weißt du wie so ein DeMontford Ofen funktioniert? 26:24.8

I: Ja ich habe es mir angesehen auf eurer Website 26:27.5

IP: Genau ja, du hast zwei Kammer und du hoffst, dass die Flammen von der ersten Kammer in die zweite Kammer hinein gehen und dass in der zweiten Kammer deine Abgase nochmal ein bisschen verbrannt werden, damit du möglichst verhinderst, dass Furane und Dioxine entstehen. Also es ist wirklich die einfachste Möglichkeit sowas zu bauen. Damit es auch einfach zu Warten ist. So ein Abgasreinigungssystem, das ist schon...da musst du Teile austauschen, das ist schon ein größerer Aufwand. Genau der kostet inzwischen je nachdem wo du ihn baust, wir hatten in Oktober ein Projekt in Kamerun das hat 12.000€ gekostet für Fundament, Dach, Wasteyard und den Ofen. Ähm das war bis jetzt das teuerste Projekt, bis wir kamen hahah...Simbabwe ist ein sehr teures Land zu bauen und die Baufirmen wollen auch noch...also normalerweise bauen wir nicht mit Firmen, weil es auch viel teurer wird, aber das Kloster wollte unbedingt eine Firma haben damit, falls was kaputt ist, die das wieder richten kann. Also unser Projekt hat 20.000€ gekostet für das gleiche. Und davor also mit Abstand teuerste Projekt waren 12.000€. 27:41.7

I: Okay ja das ist ja fast dann doppelt so viel 27:44.2

IP: Ich hätte jetzt mal gesagt, dass so 10.000€ für nicht nur den Ofen, sondern auch das komplette drum herum auch und für die Flüge von uns die sind da natürlich auch drinnen...obwohl bei uns nicht, bei Kamerun glaub ich schon, bei uns kommen die noch on top. 28:02.2

I: Ja okay arg, aber glaubst du die Ressourcen sind so teuer geworden in den letzten Jahren, dass es auch so extrem ist? 28:09.7

IP: Ja es ist echt viel teurer geworden...Aber das ist nur für den DeMontford Verbrennungsofen, also das kleinste der Kleinen, wenn man jetzt so einen wirklich größer aus Metall, da ist man dann schnell bei 50.000 oder mehr. Autoklav, Mikrowelle oder Pyrolyse weiß ich nicht, da kenn ich mich nicht aus. 28:32.2

I: Macht nichts..ähm.. Welche Ressourcen und Faktoren sind am ausschlaggebendsten, um medizinische Abfälle einer ordnungsgemäßen Behandlung zuführen zu können? 28:41.3

IP: Hätte ich jetzt ähnlich behauptet oder beantwortet wie die größten Problemfelder ganz am Anfang ähm....zu einem muss das Krankenhaus bereit sein das Geld dafür zubringen also vor allem wenn man es Ordnungsgemäß machen will braucht man für den Ofen Treibstoff, also entweder Gas oder Benzin. Und man muss die Abgasreinigung im Stand halten und das sind einfach konstant laufende Kosten die man gewillt sein muss zu bringen...ähm das heißt, man braucht Geld und zu einem den Willen im Krankenhaus das man den Müll gescheit trennt und sich auch darum zu kümmern dass es funktioniert, also da muss wirklich jeder mithelfen, auch die Schwestern oder die Ärzte sind ja die die den Müll am Anfang erstmal produzieren und dann auch trennen müssen ähm...das heißt hätte ich wie die Anfangsfrage beantwortet du brauchst das Wissen und die Erkenntnis, dass es ein Problem ist und du brauchst das Geld dass du es angehen kannst. 29:51.8

I: Das haben wir auch vorher schon kurz angeschnitten, aber welche Auswirkung hat die unsachgemäße Behandlung von medizinischen Abfällen auf die Menschen und die Umwelt? Vielleicht hast du da auch was gesehen oder auch erlebt? 30:04.9

IP: Ähm ja also erlebt, wenn man es einfach so in den Ofen reinschmeißt und verbrennt, dann entstehen Dioxine, Furane und ein Haufen Schwermetalle, die in die Umwelt gehen. Wenn man es wirklich nur mit einem Streichholz anzündet und im Ofen einfach vor sich hin brennen lässt, produziert man einen ganzen Haufen von den Dingen, weil die entstehen bei 250 bis 400 Grad, wenn man es jetzt in einem großen Ofen macht der gescheit brennt, also in St. Josef im zweiten Krankenhaus, die haben einen Ofen der wird unten mit Holzfeuer beheizt und oben wird der Müll reingeschmissen, das heißt der Müll verbrennt zumindest hoffentlich bei Temperaturen bei über 800 Grad über den Durchschnitt, das Problem was du dann hast, dann wird dein Abgas halt im Rohr kalt und im Rohr geht es dann auf 400 oder 250 Grad runter und da entstehen dann die Dioxine und Furane, also wirklich helfen tut dir das auch nicht. Du verlagerst dein Problem halt von der Endkammer ins Rohr, es ist weniger aber immer noch schlecht...also das sind die Auswirkungen, die ich direkt gesehen habe ist sowie der Müll gerade in Simbabwe verbrennt wird und ich glaube überall in Simbabwe, weil selbst das Provinz Krankenhaus hatte keinen Nachbrenner oder irgendwas, das war auch eine große Brennkammer, kriegst du halt genau das was du nicht haben willst, nämlich große Ansammlungen von Dioxinen und Furanen die du dann auf deine Felder und Bevölkerung verteilst....ähm ja was passieren kann wenn du ihn sonst nicht verbrennst oder verbrennen kannst sondern einfach in die Umwelt schmeißt, dann kommt halt jeder hin, die WHO hat da recht viel darüber geschrieben was da alles schief gehen kann. Da gibt es einen guten Bericht von ihnen, was ich am interessantesten fand, wenn Teile wieder gesammelt werden und Krankenhäuser wieder verkauft werden, also Nadeln oder so Spritzen von der Müllhalde wieder eingesammelt werden, um sie wieder in Umlauf zu bringen, das ist natürlich der Supergau. Dann hast du irgendwie so 40 % Chance zumindest irgendwelche ansteckenden Krankheiten weiterzubringen, ich glaub so 60 oder 40 % auf Aids hatten sie mal getestet, das ist dann halt superschlecht, das ist dann genau der Grund, warum man es verbrennt, damit sowas nicht passieren kann. 32:24.7

I: Ja das habe ich auch gelesen, ich glaube es sind 60 % Hepatitis und 40 % Aids. Ja verrückt...32:32.7

IP: Ja was ich direkt gesehen habe ist eben es wird schlecht verbrannt und du wirst deine Chemikalien haben, die du nicht haben willst, das ist so der Hauptpunkt. Also die medizinischen Abfälle wurden schon konsequent verbrennt, die Frage ist halt nur wie, die Antwort schlecht 32:53.5

I: Das wird wahrscheinlich eh ein Outcome der Arbeit sein, es läuft nicht so gut.33:00.9

IP: Da hat sich aber auch seit 2004 leider nichts mehr geändert haha 33:03.5

I: Obwohl das mit Nepal ist jetzt neu, also kommt vielleicht demnächst noch etwas, also mal schauen vielleicht ist das jetzt eine Wende. 33:12.9

IP: Also wahrscheinlich 2004 war es noch überall schlecht und inzwischen ist es nur mehr in den Ländern schlecht die halt wirklich hart zu kämpfen habe und die ein bisschen was haben, haben sich gemauert. Ich glaube da hast du dann den größeren Einblick, denn ich kenne mich direkt nur mit. Also Nepal, weil ich da viel gehört habe von TEOG also es ist sehr viel in Nepal passiert, es sind 12 Projekte gewesen und Simbabwe, weil ich da selbst vor Ort war 33:39.4

I: Ja in Asien sind schon ein wenig weiter mit Regulierungen das muss man schon sagen, die Frage ist dann wieder, wie es umgesetzt wird und wie es kontrolliert wird, aber ja...ein Schritt nach dem Andern.33:50.8

IP: Ja aber wenn das Krankenhaus Angst hat, dass es komplett geschlossen wird nur weil sie das mit dem Müll falsch machen, dann ist da schon nochmal mehr Motivation dahinter 33:59.8

I: Ja stimmt, ja gut dann die letzten zwei Fragen noch. Welchen Einfluss hat das gewählte Behandlungsverfahren auf die anschließende Deponierung? 34:06.7

IP: Ja verbrennen hat halt den Vorteil, dass du wie gesagt 95 -99 % des Volumens reduzierst. Das heißt du hast nur mehr sehr wenig nachher was du noch entsorgen musst. Nachteil davon ist du sollst es wirklich nicht in eine Grube schmeißen, denn auch in Asche sind noch Schwermetalle drinnen, sind noch Dioxine und Furane drinnen, die du nicht im Grundwasser haben willst, also überhaupt nicht. Meistens wird es leider nur in eine Grube im Boden geschmissen, einfach weil die Grube wasserfest zu machen ist dann nochmal Kosten, die auch bei TEOG noch nicht mit eingerechnet sind, also da wird meistens irgendein vorhandenes Loch hergenommen, da bin gerade am Versuchen ein bisschen anzustoßen, dass wir uns da was überlegen, weil man will es nicht in einem Loch im Boden haben. Ähm wir hatten eben in St. Theresa das Glück, dass sie zwei Plazenta-Gruben direkt in der Nähe der neunten Ofen Location hatten, da haben wir dann eben gefragt ob wir eben eine davon. Die waren unbenutzt, weil sie nicht eingezäunt waren, können wir nicht eine davon als Asche Grube nutzen, da haben wir dann das OK bekommen und jetzt wird das eben in eine von den Plazenta-Gruben reingeschmissen, die eben auch wasserdicht sein müssen. In St. Josef hatten sie große auch betonierte Gruben, mit einem Decken drauf, wo sie auch eine für Asche hatten, da war inzwischen anscheinend fast voll, aber so sollte es man handhaben, man sollte was wasserfestes haben wo man die Asche entsorgen kann. Wenn du es anders regelst, z.B. den Müll im Autoklaven desinfizierst, dann kannst du es theoretisch direkt auf der Müllhalde deponieren...sollte man dann so machen, dass man nicht mehr rankommt, damit nichts wiederverwendet wird. Genau. 36:05.4

I: Dann Abschlussfrage: Welche Maßnahmen würdest du persönlich als erstes setzen, um den Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- oder Schwellenländer zu verbessern? 36:14.6

IP: Ich glaube das erste was man machen muss, ist einfach den Leuten erklären, vor allem den Krankenschwestern und den Leuten, die im medizinischen Bereich arbeiten, dazu bringen, dass sie merken es ist ein Problem, es hilft uns nur begrenzt, wenn unsere Patienten wieder heilen und dann gehen sie nach Hause und essen ihren Mais den sie selbst angebaut haben und zwar 100 Meter neben dem Ofen, der die ganzen Schwermetalle durch die Gegend pustet. Ähm das ist glaub, ja das muss mit in die Ausbildung rein, oder im Krankenhaus irgendwo erklärt werden, dass man ein bisschen die Awareness, also auf Deutsch ähhh... Bewusstsein schafft, wir haben hier ein Problem was wir angehen müssen. Weil solange das nicht ist, werden die Öfen einfach nicht in Stand gehalten, weil es kostet und es ist Geld was man auch für neue Medikamente nutzen könnte und da ist die Priorität einfach woanders. Also

ich fand das auch echt ein bisschen Schade als wir da ins Provinz Krankenhaus gegangen sind, echt ein sehr großes Krankenhaus und dann hatten die auch ein tolles Gebäude, wo sie zwei Boiler hatten, die komplett kaputt waren, die sind einfach geplatzt, Vermutung viel zu viel Druck, also viel zu viel Hitze damit sie mehr heißes Wasser haben. Dann sind einfach die Boiler hochgegangen, da sind einfach die Metallkessel aufgerissen, teilweise an den Nieten. Und ja der Ofen, hübscher Ofen, bisschen altmodisches Design, wie gesagt nur eine Brennkammer, hätte eigentlich eine Benzineinspritzung, wo man nicht mal was tun müsste, die wäre automatisch gelaufen, aber die Leitung war defekt und es hat sich einfach wahrscheinlich seit EINIGEN Jahren niemand mehr darum gekümmert und dann ist der ganze Ofen für nichts. Also der Effekt ist gut, sie haben noch immer einen sehr hohen Schornstein, also es wird zumindest weit gestreut aber abgesehen von der Streuung, ist der Effekt derselbe, ob du es im Ofen verbrennst oder in der Grube, gibt sich dann auch nicht mehr so viel...ist halt Schade 38:34.7

I: Ja sehr spannend. Danke, dass du deine Erfahrungen mit mir geteilt hast! Wirklich sehr spannend und sehr toll was ihr machts 38:44.5

Wörter: 5529

Interview Protokoll

Interviewerin	Datum	Dauer	Zeitpunkt
Katharina Mitsch	10.06.2022	ca. 40min	14:00

Ort und Umstände

Aufgrund des Wohnortes (Deutschland) des Interviewpartners wurde das Interview per Videokonferenz der Plattform „Microsoft Teams“ durchgeführt.

Daten zum Befragten (IP)

Michael Köberlein - GIZ

Michael Köberlein arbeitet aktuell bei der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit und betreut das Globalvorhaben *Sanitation for Millions*, wo es speziell um ein nachhaltiges und sicheres Hygienekonzept geht. Im Vordergrund steht der Umgang mit medizinischen Abfällen, der thematisiert wird. Er konnte praktische Erfahrungen in Nepal, Uganda und in Pakistan sammeln. Während seines Studiums war er für eine NGO tätig und hat seine Diplomarbeit zum Thema Abfallwirtschaft in Indien geschrieben, in welcher medizinische Abfälle auch thematisiert wurden.

Anmerkungen

Mit Hilfe des Interviews konnte die Forschungsfrage hinreichend beantwortet werden sowie viele Erfahrungen speziell vor Ort geteilt werden. Seine Expertise besonders über das Management von Krankenhäusern in Entwicklungsländern ist durch jahrelange vor Ort Erfahrungen geprägt. Teilweise wurden vom Interviewer im Zuge des Gesprächs Zwischenfragen gestellt, welche nicht im Leitfaden enthalten sind.

IP: Zuerst einmal vielen Dank! Über Umwege sind Sie ja jetzt zu mir gekommen, weil man weiß, dass ich genau mit diesem Thema in Vergangenheit viel zu tun hatte und jetzt auch noch indirekt. Ich habe damals meine Masterarbeit also Diplomarbeit auch über das Thema Abfallwirtschaft in Indien geschrieben, da war das Thema Krankenhausabfälle nur eines von vielen Themen, aber dadurch, dass ich damals bei einer NGO gearbeitet habe, war das ein ganz zentrales Thema und habe da eben aus der Praxis viel mitbekommen. Und jetzt arbeite ich für das Globalvorhaben *Sanitation for Millions* und wir haben einen Nachhaltigkeitsansatz und bei dem Thema Hygiene beschäftigen wir uns auch mit dem Thema Hygieneabfälle oder bei dem Thema *Wash in Healthcare facilities* beschäftigen wir uns auch mit dem Thema Hospital Waste Management weil das ja eine der Grundvoraussetzungen ist um den Indikator Safe Hygiene zu erreichen und kann dann natürlich für Pakistan Auskunft geben aber auch so von meinem Wissensschatz auch von anderen Ländern zum Beispiel Nepal, Uganda momentan passiert 02:03.0

I: Ja perfekt, bevor wir jetzt starten, vielleicht noch die Frage darf ich das Interview aufnehmen? 02:08.7

IP: Ich habe da keine Probleme damit, da ich weiß mit den Notizen ist das immer bisschen schwierig hahah 02:15.1

I: Ja genau, perfekt danke! Jetzt haben sie eh schon Ihren persönlichen Zugang ein wenig erläutert den Sie haben. Dann würde ich gleich mit der ersten Frage starten: Was sind Ihrer Meinung nach die größten Problemfelder bei der Entsorgung medizinischer Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländer? 02:32.3

IP: Also ich würde jetzt sagen, es ist für Länder unterschiedlich, weil Länder einen unterschiedlichen Stand haben. Also Grundvoraussetzung ist natürlich immer, dass man Regulativen oder einen rechtlichen Rahmen hat, also, dass es auch Policies zum Thema Health Care Waste (HCW) Management gibt. Also das ist jetzt zum Beispiel der Fall dass dass ich jetzt aus Ländern wo ich jetzt gearbeitet habe, also in manchen Länder sind die vorhanden werden aber dann standardgemäß umgesetzt und in anderen Länder gibt es noch nicht mal diesen Rahmen, also da werden Krankenhausabfälle oder HCW auch generell unter dem Thema Solid Waste also feste Abfallstoffe oder Abfallwirtschaft äh mit dazugefügt und jetzt fehlt da die Spezifizierung, also das wäre für mich der erste Punkt also die rechtlichen oder legalen regulativen Rahmenbedingungen sind sehr wichtig, damit man mal definiert hat, was meint man mit HCW, ähm...welche Abfälle fallen da runter, weil es gibt ja wirklich auch Krankenhausabfälle die wie Solid Waste oder Municipal Waste behandelt werden können. Also über die normalen Entsorgungsschiene laufen können, aber es gibt auch hazardous Waste, also risikobehaftete Abfallstoffe und die brauchen dann natürlich eine besondere Behandlung bzw. eine besondere Entsorgung. Hier ist genau der Punkt wo erstmal die Legislative also die Gesetzgebung ansetzen muss um das zu regeln, wer ist dafür verantwortlich, wie soll das laufen, welche Abfallstoffe definieren wir jetzt als gefährlich oder als gesundheitsgefährdend, je nach dem das läuft auch..also die Definition ist nicht immer gleich in den Ländern. Aber vor allem auch die Sicht auf die menschliche Gesundheit, dass die da immer mit dabei ist, also das ist jetzt mein zweiter Punkt, also das man teilweise Gesetzgebung hat und teilweise eben auch ein System aufgebaut hat aber eben hier zwei Dinge vergisst, dass ist einerseits die Orientierung auf die Menschen, die sich mit diesen Abfallstoffen auseinander setzten müssen, dass man da auch so eine Art Safe Cards oder Occupational Risk Management macht, also das ist oft schwach definiert oder wird nicht umgesetzt. Das zweite halt auch das es Enforcement Mechanismen gibt also die Gesetzgebung alleine reicht halt nicht, sondern man muss das Operationalisieren und auf die Ebene von einzelnen Kliniken und Krankenhäusern oder Gesundheitszentren bringen, denn da ist das größte Problem, dass ich sehe, dass die Umsetzung dann von dem was die Rahmenbedingungen sind, dann auf die einzelnen Institutionen, das funktioniert oft nicht, was unterschiedliche Gründe hat 05:37.7

I: Haben Sie in den letzten Jahren positive sowie auch negative Entwicklungen im Umgang mit medizinischen Abfällen wahrnehmen können? 05:50.1

IP: Also in meinem Kontext würde ich eher von positiven Entwicklungen sprechen, erstens das Problembewusstsein ist gewachsen und vor allem hat die Corona Pandemie dazu beigetragen sich mit den Thema Infektionsschutz auseinanderzusetzen und hier ist natürlich eine Querverbindung zu medizinischen oder Krankenhausabfällen und auch die Gefahr mit dem Infektionsschutz und da haben sich auch viele Länder auch nochmal viel expliziter damit auseinander gesetzt und versucht Rahmenbedingungen oder Umsetzungsstrukturen aufzubauen um diesen Problem Herr zu werden. Also es hat sich eher was Bewusstsein ist und den Umsetzungsansatz haben sich verbessert. Zum Beispiel in Pakistan hat man ein neues Infektionsschutzgesetz aufgelegt wo das Thema Krankenhausabfälle ganz klar auch mit aufgenommen wurde in einem Kapitel. 06:50.0

I: Okay super. Apropos Corona, wahrscheinlich einer der vielen Gründe, warum die medizinischen Abfälle in den letzten Jahren stark gestiegen sind, gab es davor auch schon Gründe, warum in Entwicklungsländer die Abfälle steigen? 07:03.6

IP: Ja gut also ich meine die These würde ich nicht 1:1 so übernehmen, es ist.. ja wie gesagt wie definiert man die Abfälle, früher hat man sie einfach nicht berechnet, weil sie über den Municipal waste entsorgt wurden und dann eben in einer anderen Kategorie aufgenommen wurden aber das Aufkommen hat sich ja nur über die Maße gesteigert die sich jetzt auch äh äh die Anzahl der Menschen die jetzt auf medizinische Dienstleistung angewiesen sind gesteigert hat bzw. Menschen die sich das halt leisten können, das ist ja in Entwicklungsländer ja auch noch eine Frage, weil viele Menschen können sich ja gar keine teuren Behandlungen in den Krankenhäusern leisten, weil es oft privatwirtschaftlich geregelt wird und damit die Zugänge teilweise versperrt sind, aber generell ist durch die steigende Zahl sag mal von den Gesetzgebungen, die auch wirklich separat dieses Thema medizinische oder Krankenhausabfälle ausweist natürlich die Zahlen gestiegen, weil man einfach bessere Daten hat, das hat jetzt nichts mit dem Aufkommen zu tun, sondern die Daten Lage hat sich gebessert und das ist natürlich auch ein Fortschritt. Das zweite was ich natürlich gebessert hat, ist natürlich vor Corona die WHO im Bereich Wash and Healthcare Facilities eine ganz große Initiative gestartet hat, das ist ein zentrales Thema eben auch Entwicklungsländer es gab auch eine Resolution bei der UN-Generalversammlung äh nicht UN sondern WHO Generalversammlung und dieses Thema wurde auf die Agenda gesetzt und als eines dieser Indikatoren ist natürlich sichere äh also Safe Healthcare Wastemanagement als einer der Indikatoren. Damit hat es natürlich auch in diesem Exkurs, auch Bezug nehmen auf den SDGs Exkurs hier nochmal eine ganz andere Aufmerksamkeit bekommen und viele Länder, also es gibt weltweit jetzt über 40 Länder die diese Resolution..Entwicklungsländer die sich dieser Resolution angeschlossen haben und dieses Thema eben durch diese WHO Initiative aufgreifen. 09:23.7

I: Ja dann weitergehend eh zu den Regierungen, sie haben ja bereits erwähnt, dass sie die Regulationen zu Verfügung stellen, welche Rolle spielt die Regierung bzw. Politik noch in den Ländern? 09:37.2

IP: Ja gut...ich mein äh das Thema Gesundheit ist per-se erstmal eine staatliche Aufgabe. Gesundheit für seine Bürger oder Wohlbefinden für seine Bürger zu sorgen und hier gibt es dann in jedem Land Gesundheitsministerin bzw. heruntergebrochen dann auch sowas wie Gesundheitsämter je nach Land und je nach Organisationsstruktur und äh vieles was in der Vergangenheit lief ging vor allem auf zwei Schienen einerseits öffentliches Gesundheitswesen also wie kann man es schaffen, dass das öffentliche Gesundheitswesen also public health auf Englisch, wie kann man schauen, dass das funktioniert. Das zweite da geht's natürlich um Krankenhausinfrastruktur. Und die wird ja wenigstens, wenn staatlich geführte Krankenhäuser sind mit Mitteln des Staates oder mit Steuermittel bestückt. Und hier gab es dann zwei Dinge, einerseits den Mitteln waren je nach Entwicklungsstand der Länder also je weniger Wirtschaftliche Potenz desto weniger Mittel stehen bereit, das war eines der großen Probleme.

Und das zweite, wenn man jetzt natürlich HCW Management geht, dass das natürlich nicht unbedingt die erste Priorität dann hatte, wenn man nicht die medizinische Infrastruktur oder medizinische Dienstleistung besprochen hat, also es geht wirklich um die medizinische Betreuung aber nicht eben um die Infrastruktur, wie wir sie eben kennen, Einrichtungen so zu organisieren, dass sie dann auch nachhaltig funktionieren, sprich für Sauberkeit und Hygiene uns so weiter gesorgt wird. Das ist in der Prioritätensetzung in vielen Ländern, sag ich jetzt mal um es leicht übertrieben zu sagen, wird es vernachlässigt 11:23.1

I: Ja ja.. Wer finanziert die Entsorgung und Behandlung der medizinischen Abfälle in Entwicklungs- und Schwellenländern? 11:30.6

IP: Also auch hier gibt es unterschiedliche Regelungen, also generell läuft das Thema Abfallentsorgung natürlich über staatliche Institutionen äh.. und die werden dann auch über staatliche Institutionen finanziert, aber wenn man das dann runter bricht auf die einzelnen Kliniken dort gibt es ein Budget für Arbeit oder dieses Thema und es gibt viele private Träger, es gibt kirchliche Träger und so weiter und dann sind natürlich diese Träger verantwortlich innerhalb dieser Kliniken oder Gesundheitseinrichtungen die Infrastruktur aufzubauen. 12:09.5

I: Hmm...gibt es Standards, nach denen die medizinischen Abfälle in den Gesundheitseinrichtungen getrennt werden? Wenn sie zum Beispiel schon in Pakistan waren, haben sie da schon etwas gesehen auch? 12:20.4

IP: Jaja das ist gesetzlich schon geregelt. Hier muss man vielleicht noch dazu sagen viele der Entwicklungsländer orientieren sich an den Standards, die die WHO vorgibt, also das spielt die WHO eine wichtige Rolle, also es ist kein neues Thema in den 90er Jahren war das Thema schon ganz relevant schon mal ähh medizinische Abfälle wie man damit umgeht und da hat die WHO weltweit die Länder auch beraten und gibt eben auch Instrumente oder Leitlinien als Vorgabe an die sich die meisten Länder auch halten. Also wenn es um Gesetzgebung und um den Rahmen geht, ist in vielen Länder schon auch WHO Standard schon eingeführt, allerdings wenn es dann um die Umsetzung geht, dann hängt es wieder von dem einzelnen Government System ab also wie gut funktioniert das System mit den verschiedenen Akteuren, wo werden die Vorgaben eingehalten, wo werden sie nicht eingehalten und das dann sozusagen gar nicht so einfach nachzuhalten, denn es gibt in Ländern unterschiedliche Beobachtungen, das hängt dann sehr von den einzelnen Akteuren ab wie gut sie die Umsetzung machen, was aber vorab fehlt ist der Kontrollmechanismus, wenn die Dinge nicht gut funktionieren was dann?! So ein bisschen die Kontrollmechanismen, das ist glaub ich ein weltweites Phänomen, dass die gestärkt werden müssen um dann eben auch diese Richtlinien, diese Vorgaben, das gesetzliche Rahmenwerk dann umsetzen zu können, dafür fehlen dann oft entweder die Kapazitäten oder wirklich auch diese Enforcement Mechanismen. Also das ist so eines der großen Probleme und deshalb kann es sein, dass es in einem Distrikt wunderbar funktioniert, weil gewisse Akteure Gesundheitsamt einfach zuständig ist, die Leute das wirklich ernst nehmen und wirklich machen und im Nachbar Distrikt funktioniert es nicht weil eben die Behörde nicht liefert, aber die Frage wer die Behörden dann steuert, die ist dann ähm eben mit den Enforcement Mechanismen dann letztendlich gemeint, das hier so ein bisschen das Zusammenspiel mit den verschiedenen Akteuren nicht immer gut funktioniert. 14:30.1

I: Glauben Sie grundsätzlich, wenn es Vorgaben von der Regierung gibt, dass ein Trennsystem ect. oder der ganze Umgang dann besser funktioniert, weil man schon etwas mehr Respekt davor hat, dass die Regierung dahintersteht? Weil zum Beispiel die WHO sagt ja auch, wenn ein Krankenhaus als Vorbildwirkung vorangeht, wenn keine Regulierung vorhanden ist, dass sie das dann als Ansatz nehmen können eine Regulierung einzuführen. Aber kann das auch funktionieren? 14:54.4

IP: Naja gut ich meine das ist ja auch unser GIZ Ansatz, so ein bisschen Rolemodels zu machen, das haben wir jetzt auch in Uganda gemacht mit Experten zusammen das drittgrößte Krankenhaus in Uganda nach Standards der WHO auszustatten, weil das war auch ein bisschen Irrwitz in der deutschen GIZ, denn ich meine es gab eine Klinikpartnerschaft und die

ist vor allem darauf angezielt die Länder auch mal mit Hightech also mit hochqualitativen medizinischen Geräten auszustatten. Aber dann haben wir eben im Austausch festgestellt, du gehst in die Krankenhäuser und sie haben hochtechnologische Geräte, Kernspintomografie können sie alles machen aber das Thema Wash oder Krankenhausabfälle managen, das funktioniert nicht. 15:46.1

I: Ja es ist dann eh schwierig, vor allem wie es nachher dann funktioniert 15:50.2

IP: Ja das war für uns dann auch mal in Zusammenarbeit mit der ugandischen Regierung wichtig eben zu zeigen man muss auch auf die Basics schauen und nicht immer nur Hightech einführen, die sicherlich auch wichtig ist, um eine gewisse Dienstleistung oder Gesundheitsschutz anzubieten, aber gerade, wenn die Basics nicht da sind, also wenn sich um kein sichere Hygiene gesorgt wird, dann gibt es ein generelles Problem. 16:16.4

I: Ja es ist immer schwierig, wo beginnt man eigentlich.16:19.2

IP: Genau! Aber gut es ist eben auch wichtig das Bewusstsein dafür und da finde ich schon was die Arbeit der WHO bewirkt und die Länder gewillt sind es auch zu verbessern, ja es fehlt natürlich manchmal Finanzierung wirklich, um die Systeme dann auch auf so einen Stand zu bringen, dass sie wirklich dann WHO Richtlinien WHO Standards einhalten können. Also das Thema Finanzierung ist ein Problem, es gibt auch technische Herausforderungen, weil ähh...die hochrisikobehafteten Krankenhausabfälle benötigen ja eine spezielle ähm ein spezielles System also Abholsystem, Transportsystem und so weiter und das kostet auch wieder Geld, um das aufzubauen und dann wirklich diese Versorgungslinien auch nachzuhalten. Und dann gibt es natürlich auch wenn man in die ganz großen Krankenhäuser geht auch wirklich ganz problembehaftete Abfälle wie zum Beispiel radioaktive Abfälle, das bedarf wieder einen ganz anderen Ansatz und das dann alles so zusammenzubringen also Finanzierung, dann die technischen Herausforderungen und die Endlagerung oder die Entsorgung ein ganz wichtiges Thema, weil es geht ja nicht nur darum wie es innerhalb der Klinik oder der Gesundheitseinrichtung die zurückkommen, sondern was passiert dann danach mit den Abfällen und hier hat dann jedes Land noch sein eigenes System. Also die größte Problematik ist wirklich mit radioaktiven Abfällen, weil da kein Land so eine richtige Lösung hat und es wird dann auch „unter den Teppich gekehrt“ weil darüber wir ungern geredet wie man damit umgeht, das findet man auch in Studien oder in irgendwelchen wissenschaftlichen Abhandlungen nur ganz schwer, weil sich da eben keiner ran traut, was man so sagen darf und natürlich gibt es dann auch noch in größeren Kliniken die Behandlung vor Ort also so Incinerators also so Müllverbrennungsanlagen hat und hierfür gibt es ja auch Standards oder WHO Richtlinien und die werden dann halt, also das ist ein ganz großen Problem, dass wenn es um diese Incineration geht eben auf billig Technologie setzt und damit dann die Probleme, sag mal..also gewisse Probleme nicht löst, sondern eher dann noch neue Probleme schafft. Einerseits für die Menschen, die diese Öfen bedienen müssen, aber auch Umgekehrt wenn man weiß, dass manche Erreger nur bei bestimmten Temperaturen absterben, dann ist auch die Gefahr da, dass die die.... Infektionsrisiken äh beseitigen nicht zu 100% funktioniert. 19:08.3

I: Ja es ist irrsinnig spannend, weil ich habe schon mit Technik ohne Grenzen gesprochen, die Bauen so Verbrennungsöfen für ländliche Spitäler und sie haben jetzt auch gesagt in Nepal gab es eine neue Regulierung, dass sie keinen mehr von ihren Öfen bauen dürfen, der eigentlich sehr gut geheizt hätte und dass sie meisten Dioxine auch verbrannt werden und alles aber jetzt müssen sie einen maschinellen Ofen hinstellen und das geht dann auf die Kosten, weil alles automatisch betrieben werden muss und da sind sie auch am Verzweifeln...ja es ist schwierig 19:41.9

IP: Ja Hitze ist eben genau der Punkt, dass du Öfen hast die eine gewissen also ..äh ..in den Richtlinien Indikatoren wie Heizwert also bis zu welcher Temperatur müssen sie heizen können oder verbrennen können um wirklich davon auszugehen, dass die Krankheitserreger alle abgestorben sind. Und da ist es eben auch für so eine Organisation wichtig zu wissen,

okay ich mein auch es gibt eine kostengünstige und sag mal technologisch angepasste Öfen haben aber sie haben halt das Problem nicht zu 100% gelöst 20:10.7

I: Ja das stimmt, 100% wird nie möglich sein irgendwie, denn es kommt ja dann doch immer...20:17.6

IP: Das funktioniert schon, ich meine mit Hitze kann man viel machen und dann muss man halt die Technologie haben, es ist ja bei uns auch so, das hat sich im Laufe der Jahrzehnte entwickelt, dass man sich hier auch überlegt hat, wie geht man damit um. Was man halt nicht beseitigen kann mit Hitze ist Radioaktivität zum Beispiel und es gibt Sachen die haben andere Probleme, also wenn man jetzt die ganzen Nadeln oder so Sachen nimmt, ja gut da kann man natürlich über Hitze infektionsfrei machen aber so diese Sharps, wie es so schön heißt, die sind ja dann auch noch vorhanden und das heißt es sind noch andere Risiken vorhanden, über die sich Menschen verletzen können oder die Gesundheit beeinträchtigt werden kann und darum muss das System halt allumfassend sein. 21:10.0

I: Ja...ähm zur nächsten Frage vielleicht: Wie funktioniert der Transport der Abfälle von den Gesundheitseinrichtungen zur nächsten Behandlungsanlage bzw. zur Deponie falls keine Behandlungsanlage vorhanden? 21:21.4

IP: Gut, da kann ich nur von der Theorie sprechen, da ich das noch nie nachgeprüft habe und noch nie sozusagen ein Thema war, um das mal näher zu betrachten. Also offiziell werden natürlich aus den Krankenhäusern dann...also wenn es nicht vor Ort behandelt oder verbrannt oder entsorgt wird, kommen Fahrzeuge, die im Auftrag von Gesundheitsämtern oder Ministerien, also in Pakistan ist es das Department of Health, das ist auf Bundesstaatebene die das dann organisieren, in anderen Ländern wird es dann zentral gemacht vom Gesundheitsministerium die dann so ein System aufbauen, wie es halt in der Richtlinie oder Gesetzgebung vorgegeben ist, bestimmte Abfälle abgeholt werden und dann zur Einrichtung oder zu zu diposal site gebracht werden, wie es eben der Gesetzgeber vorgibt. Und ich meine, wie gut es funktioniert, das kann ich nicht sagen, es gibt Vorgaben es ist da, wie man sich daranhält oder wie es läuft da habe ich keinen Einblick. 22:27.3

I: Okay..ja wie Sie eh schon erwähnt haben, die gefährlichen Abfälle sollten speziell einer Behandlung zugeführt werden. Neben der Verbrennung gibt es schon Alternativen wie Autoklav Sterilisation, die Behandlung mit Mikrowellenstrahlung, die Pyrolyse sowie die chemische Desinfektion. Welche von diesen Behandlungsmethoden konnten sich in den Entwicklungs- und Schwellenländern durchsetzen von diesen Alternativen? 22:49.9

IP: Alle diese Technologien werden angewandt und hier hängt es dann wieder ab von A) wer ist der Träger des Krankenhauses, also die privaten Krankenhäuser, die natürlich über größere Budgets verfügen, sie statten teilweise ihre Krankenhäuser genauso aus wie in Deutschland oder Österreich und es gibt natürlich andere, die staatlichen, die dieses Budget nicht haben und dann hängt es immer davon ab wie groß sind die Kliniken, handelt es sich um eine ambulante Gesundheitseinrichtung oder eine stationäre, also das wird dann unterschiedlich gehandhabt wie man mit den Sachen umgeht aber die Technologien sind grundsätzlich alle vorhanden und es ist eine Kostenfrage ob sie dann auch angewandt werden oder genutzt werden. 23:31.3

I: Welche von den diesen Technologien würden Sie speziell für Entwicklungsländer am zukunftsträchtigsten und warum? 23:40.3

IP: Also ich glaube das muss man technologieunabhängig machen, sondern es geht eher darum welches Problem will man lösen. Also ich meine wo sind die Probleme und welchen Lösungsansatz hat man, man kann ja Dinge eben, je nachdem wie man Systeme aufbaut, eben vor Ort, also in der Klinik selbst schon lösen, also da braucht man natürlich alle Technologien, die ich sag mal für die anfallenden Abfälle relevant sind oder man kann eben diese Sammelstationen machen, wo man einzeln jetzt zum Beispiel Sachen hingebracht werden und dann durch verschiedene Methoden dann desinfiziert werden oder die Abfälle dann auf so ein Niveau gebracht werden, dass sie nicht mehr gefährlich sind. Also das würde

ich wirklich Technologie unabhängig sehen, sondern es ist eher Problem orientiert, wie kriegt man das Problem in den Griff und welches System funktioniert am besten und das ist Technologie unabhängig.24:38.8

I: Hmm ja weil wenn man bei der Verbrennung jetzt die infektiösen Abfälle eigentlich zuführt, kann ja auch mehr Furane oder Dioxine produziert werden, deswegen wäre eine Vorbehandlung eigentlich ja schon wichtig...24:52.5

IP: Ja klar, dass sind ja dann auch wieder Standards, wie man an den WHO Standards sieht, ist ganz klar, ich meine da warum die ja auch teilweise höhere Temperaturen haben müssen, um genau diese gefährlichen Gase zu vermeiden und umgekehrt, ist ja auch die Vorgabe und darum wird es ja so teuer eben gewisse Filter einzubauen, damit eben aus Umweltsicht neuen Umweltschaden verursacht wird. Aber hier ist genau ein großes Problem, weil die Technologie in den meisten Ländern nicht ausgereift ist und man dann eben auch Abfälle vermischt, dann ist viel Staub dabei , dann muss man Brennstoffe hinzufügen, die dann auch wieder Geld kosten, da ist hier ich sag mal die finale Kette von den medizinischen oder Krankenhausabfällen sieht, da ist ein großes Problem A) technologisch oder auch vom System her, weil man oft nicht bis zum Ende gedacht hat und was die eventuellen Sekundärprobleme sind. 26:01.9

I: Hmm, weil wir ja vorher auch schon über die Kosten gesprochen haben, wissen Sie zufällig mit welchen Kosten man bei der Anschaffung einer Behandlungsanlage rechnen muss? 26:12.0

IP: Also das hängt von der Größe ab, von der Qualität und vom Hersteller. Auf dem Markt gib es natürlich Spezialisten, die natürlich solche Geräte herstellen und wie es ist, also je höher die Qualität, je teurer wird es auch. Ich weiß nicht, ob es in den Entwicklungsländer so low-cost Produkte gibt, da bin ich informiert. 26:36.3

I: Ja danke...ähm..26:39.0

IP: Es gibt vielleicht hier, als Vorreiter zu sehen, da habe ich keinen Einblick, dass man zum Beispiel in China diese ganzen Geräte produziert und ich weiß nicht was die dann für Standards haben und welche Kosten und das wäre mal einen Vergleich wert, was kostet bei uns so eine „Anlage“ und wer ist der Hersteller und welche Standards und was ist die Alternative dazu, da bin ich nicht informiert 27:06.2

I: Ja ich habe versucht mich da im chinesischen Web herumzutreiben bei Alibaba zum Beispiel, da kann man eigentlich alles online kaufen und da sind schon Differenzen, ein Wahnsinn eigentlich, man weiß halt nicht wie die zustande kommen und man weiß auch nicht was die Anlage dann kann, man sieht halt nicht wie die produziert wird, es steht halt da, aber ob es dann so passt, weiß man halt auch nicht 27:29.1

IP: Das ist letztendlich dann der Punkt, ich meine was nutzt eine billige Anlage, wenn sie den Standards nicht entspricht bzw. dann der Betrieb und die Instandhaltung nicht funktionier, weil wenn dann was kaputt ist... 27:40.1

I: Ja ja das stimmt und dann muss es auch jemand wieder reparieren 27:42.8#

IP: Genau! 27:44.0

I: Welche Ressourcen und Faktoren sind am ausschlaggebendsten, um medizinische Abfälle einer ordnungsgemäßen Behandlung zuführen zu können? 27:52.2

IP: Also welche Ressourcen? 27:55.2

I: Ja also die wichtigste Ressource wahrscheinlich Geld? 27:58.3

IP: Ja klar, ich sag mal ohne Finanzierung passiert mal gar nichts, weil wir haben ja schon darüber geredet, weil eine Infrastruktur die kostet Geld und Qualitätsstandards die kosten auch Geld, das ist schon hier eine große Herausforderung, wie kann man so ein hochqualitatives System finanzieren, in der Regel in den Entwicklungsländer funktioniert das

nur wenn der Staat Subventionen dazu beiträgt, weil über die Beiträge der Bevölkerung oder der Nutzer oder Leute die Krankenversicherung die natürlich gewisse Kosten abdecken, ist das eig. In den meisten Länder nicht möglich. Ich meine ich kenn es ja aus meiner Erfahrung in Indien, wenn man in diese natürlich modernen hochqualitativen Krankenhäuser geht, da zahlt man natürlich auch gemäß für eine Behandlung, dass diese Kosten dann auch schon miteingerechnet sind. Aber wenn man dann zu einem staatlichen geht, die dann eben nur ein Drittel der Kosten hat, da reicht dann letztendlich die Revenues also die Einnahmen nicht mehr, um so ein System aufzubauen also da sind Subventionen notwendig. 29:07.9

I: Welchen Einfluss hat das gewählte Behandlungsverfahren auf die anschließende Deponierung? Speziell würde mich da jetzt eigentlich auch interessieren, wenn vor Ort behandelt wird mit einem Incinerator zum Beispiel was mit der Asche dann passiert, weil da haben ich auch noch nicht so viel herausfinden können. 29:26.2

IP: Ja gut das hängt auch wieder vom Land also das ist von Land zu Land unterschiedlich ob man in der Stadt oder am Land ist, am Land, wenn da jetzt keine metallischen Produkte dabei sind, also wenn das getrennt wird zum Beispiel die Nadeln und so weiter über einen anderen Entsorgungsweg, dann wird die Asche oft genutzt als so eine Art Düngemittel oder sie wird in den Municipal ähh also äh über den kommunalen Abfall also in die kommunale Abfallwirtschaft wieder eingespeist. 29:54.6

I: Okay, ja danke! Dann wären wir eigentlich eh schon bei der Abschlussfrage. Welche Maßnahmen würden Sie persönlich als erstes setzen, um den Umgang mit medizinischen Abfällen in Entwicklungs- oder Schwellenländer zu verbessern? 30:06.6

IP: Also die erste Maßnahme die ich aus meiner Erfahrung treffen würde oder es ist eigentlich ein Bündel aus Maßnahmen also A) die Menschen die in den Kliniken sind also die Hospital Manager also die Ärzte sind Mediziner, die eben zum Thema Krankenhausabfälle nicht nur zu sensibilisieren sondern auch auszubilden was da wirklich zu tun ist, man hat ja die Expertise oft nicht in den Kliniken, weil es von den Medizinern oder Public Heath Leuten, Ingenieuren gemacht wird also Menschen mit medizinischen Hintergrund gemacht wird, die aber gar nicht verstehen wie so ein technisches Problem zu lösen ist. Also hier ist eben Ausbildung grad von dem zuständigen Personal und den Kliniken wichtig das ist ein Punkt. Und natürlich auch, dass man Monitoring Mechanismen in den Kliniken aufbaut, die wirklich dann auch greifen, dass man nachvollziehen kann, dass A) die Abfälle getrennt werden B) richtig getrennt werden und C) in den verschiedenen Entsorgungssystemen dann dort landen, wo sie hinsollen. Also Entsorgungssysteme. 31:11.7

I: Mir fällt jetzt noch eine Frage ein zur chemischen Desinfektion, weil da habe ich auch noch nicht so viel ausfindig machen können, ja die wird eingesetzt meistens für Sharps eben, aber was passiert anschließend dann mit dem Gefäß, wo sie es desinfizieren? 31:29.3

IP: Ja gut ich meine, ein Ansatz ist ja aus der Perspektive Infektionsschutz, dass die Krankheitserreger abgetötet werden aber dann hat man natürlich immer noch ein Produkt also Sharps die sozusagen andere Gefährdungen haben, also ich meine Papier ähh...also muss man dann schauen in vielen Entwicklungsländer werden weil es ja Metalle sind, wenn man sie sammelt ja auch einen Wert haben und dann läuft es oft in den informellen Sektor und wird dann dort sozusagen wieder zu Geld gemacht, also das ist auch von Klinik zu Klinik von Land zu Land unterschiedlich, je nachdem wie die zuständigen Leute damit umgehen, viele von den Menschen, die dann an den Öfen, also in der letzten Ecke von einer Klinik arbeiten, die nutzen natürlich die Chance und holen die Metalle raus und verkaufen die, weil sie damit eine Zusatzeinnahme machen ohne das Bewusstsein zu haben, dass ein gewisses Risiko damit verbunden ist. 32:34.8

I: Ja ich glaube früher war ja ein Problem, dass sie wieder zurück an die Krankenhäuser verkauft wurden, wenn es irgendwie extern angesammelt wurde und dann eben auch eine Infektionsgefahr bestanden hat, wenn das eben nicht gescheit desinfiziert wurde. 32:46.4

IP: Ja wobei das Thema Beschaffung in den Kliniken, vor allem in den staatlichen Krankenhäusern funktioniert es in der Regel gut. Also dieser Kreislauf, dass es wieder zurück geliefert wurde, würde ich eher als Ausnahme sehen. Das kann sicherlich im Einzelfall vorkommen, aber es gibt ja auch ein Beschaffungssystem in den Ländern und wenn ich jetzt Südasien sehe, so Nepal, Indien, Pakistan die haben das alle, also da findet eher weniger statt. Ich meine, wie es dann in manchen Ländern in Afrika ist da habe ich keine Ahnung, da kann nichts dazu... da bin ich nicht sprechfähig aber die Rückführung ist in der Regel nicht der Fall, da sind auch so Sachen wie Nadeln und Spitzen auch nicht teuer genug bei der Beschaffung, das sind dann so Kosten die die Klinik sozusagen nicht belasten, da gibt es andere Dinge, die wesentlich teurer sind. Das ist in der Regel nicht der Fall, im Einzelfall kann es sein, aber generell würde ich eher sagen das ist nicht der Fall. 33:46.0

I: Ja das war eh schon länger her, aber ich habe das mal gelesen, ich glaube das war noch in den 2000. 33:51.7

IP: Ja es gibt immer wieder so Anekdoten und sicherlich auch Fälle, wo das so der Fall ist, aber da muss man sich dann auch überlegen okay ich meine wie funktioniert das Beschaffungssystem, was sind die Kosten dahinter und wie viel...oder wer prüft das ich meine es gibt ja auch in den Kliniken Menschen, die sogenannte Hygienemanager, die das auch prüfen und ich meine da gibt es dann auch Kontrollmechanismen, dass es in der Regel nicht vorkommt. Aber natürlich, wenn man Geld damit verdienen kann, ist die Gefahr für Korruption immer da hahah 34:24.1

I: Ja das stimmt, vor allem wo das Geld gebraucht wird. 34:28.7

IP: Genau und dass ist dann wieder eine Sache beim Thema Gesundheit Medizin, da spielt Geld eine Rolle und auch in den Entwicklungsländern lassen sich die Menschen was kosten und demgemäß ist da auch ein ökonomisches System was man immer mitbetrachten muss 34:48.8

I: Ja das stimmt..Ja vielen Dank für Ihre Einblicke, es war wirklich sehr aufschlussreich für mich...34:57.4

....*Small Talk bis 39:07.4*

Wörteranzahl: 4874