

MECHANISCH-BIOLOGISCHE BEHANDLUNG/STABILISIERUNG

EINSATZ- BZW. ANWENDUNGS-ZIELE:

Die mechanisch-biologische Behandlung (MBA) wird für gemischte Abfälle mit signifikantem Organik-/Kohlenstoffanteil angewandt, um folgende Ziele zu erreichen:

- Stabilisierung und Minderung von Risikopotenzialen in Verbindung mit einer signifikanten Masse- und Volumenreduzierung aufgrund biologischen Abbaus (damit Verringerung des zur Deponierung kommenden Anteils biologisch aktiven Abfalls) und in Verbindung damit
- die Erzeugung verschiedener Stoffströme, Gewinnung von recycelbaren Materialien und Verbesserung der Abfalleigenschaften für nachfolgende Behandlungsprozesse

CHARAKTERISIERUNG DES ALLGEMEINEN ANWENDUNGSRAHMENS

INSBESONDERE ANWENDBAR FÜR FOLGENDE ABFALLARTEN

Altglas		Leichtverpackungen		Speise- und Grünabfälle	
Papier/Pappe/Karton		Gemischte Haushaltsabfälle	X	Sperrmüll	
Altlampen		Alttextilien		Elektro(nik)altgeräte	
Altmetall		Altholz	X ¹	Bau- und Abbruchabfälle	
Altöl		Altfarben/-lacke		Altreifen	
Gefährliche Abfälle					
Produktions- bzw. branchenspezifische Abfälle	X	ohne gefährliche Bestandteile und soweit biologisch abbaubare Anteile enthalten sind			
Andere Abfallarten	X	alle biologisch abbaubaren Materialien ohne gefährliche Bestandteile			

SPEZIELLE CHARAKTERISTIKA UND ANFORDERUNGEN DER ANWENDUNG:

Notwendigkeit einer Vorbehandlung: keine

Verwertungsmöglichkeiten des Output-Materials:

Fe-/NE-Metalle werden wieder der Metallerzeugung zugeführt, heizwertreiche Fraktionen (EBS) sind energetisch verwertbar (siehe auch Datenblatt „Industrielle Mitverbrennung“). Sofern landesspezifisch rechtliche Regelungen es zulassen, können nach geeigneter Nachbehandlung wie zusätzlicher Absiebung oder weiterer Stabilisierung Reste der Rotte auch zur Deponieabdeckung und bei Standortsanierungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Beseitigungs- und Ablagerungsmöglichkeiten des Output-Materials:

Die biologisch behandelte Feinfraktion kann abgelagert oder thermisch weiterbehandelt werden.

Nachsorgebedarf:

Minderungsmaßnahmen und Nachsorge sind auf die entstehenden Emissionen (Abluft, Abwasser) anzuwenden. Auch die Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen erfordert Deponienachsorgemaßnahmen.

Besondere Schutzanforderungen:

Die Abluft mechanisch-biologischer Behandlungsanlagen und entstehende Abwässer sind zu erfassen und zu reinigen. Gleichzeitig sind technische und organisatorische Vorkehrungen zur Vermeidung und Minderung von Geruchsbelastungen zu treffen. Besondere Vorsorge sollte aufgrund der Selbstentzündlichkeit des Abfalls hinsichtlich des Brandschutzes gelten.

Potentielle Gesundheitsrisiken:

Bei offenen Behandlungsschritten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung besteht ein Risiko erhöhter Keim- und Sporenbelastungen in der Luft. Durch geeignete technische und persönliche Schutzmaßnahmen (Halbmasken) ist dieser Gefahr zu begegnen.

¹ nur in Kleinmengen, z.B. Reste ohne gefährliche Bestandteile aus der Sortierung, grundsätzlich ist eine stoffliche Verwertung oder Nutzung in speziellen Energieerzeugungsanlagen besser geeignet

EINFLUSS ÄUßERER GEGEBENHEITEN AUF DIE ART UND DEN UMFANG DER ANWENDBARKEIT:

Infrastrukturelle Gegebenheiten

MBA-Anlagen können grundsätzlich überall errichtet werden, die Standorte sollten jedoch vorzugsweise in der Nähe der Anfallstelle der entsprechenden Abfälle oder in Deponienähe liegen und über eine Anbindung an Verkehrs- bzw. Transportwege verfügen. Ein Abstand zur nächsten Wohnbebauung sollte, wie bei den meisten Behandlungsanlagen für organische Abfälle eingehalten werden, um Belästigungen durch Geruch oder Schadtiere auszuschließen.

Klimatische Gegebenheiten:

MBA-Anlagen können grundsätzlich unabhängig von klimatischen Gegebenheiten betrieben werden, allerdings ist dieser Faktor bei der technischen Auslegung mit zu berücksichtigen. Extreme Bedingungen in Bezug auf Temperatur und Luftfeuchte können die Anwendung offener Rotteverfahren für die biologische Behandlungsstufe einschränken. Vergärungsreaktoren sind bei extremen Temperaturen zu isolieren und ggfs. beheizbar zu gestalten.

Beschäftigungspotentiale:

MBA-Anlagen eröffnen Beschäftigungspotenziale sowohl für ungelerntes als auch höher qualifiziertes Personal.

TECHNISCHE DETAILS

ALLGEMEINER ÜBERBLICK

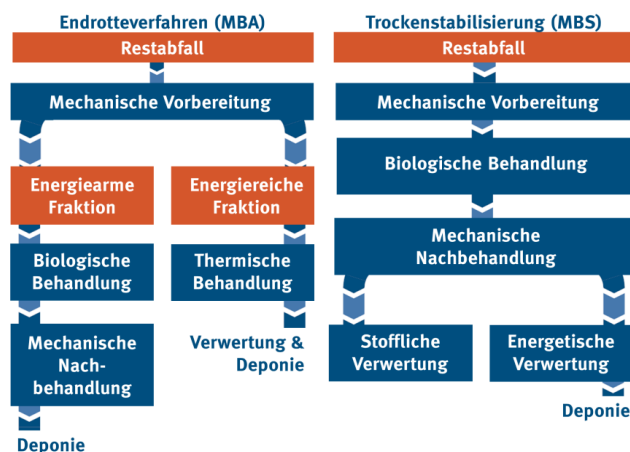
KURZ-BESCHREIBUNG

Bei der mechanisch-biologischen Behandlung werden gemischte Restabfälle durch eine Kombination von mechanischen und biologischen Prozessen so verändert, dass sie ein verringertes Reaktions- und Risikopotenzial aufweisen und somit sicher zur Ablagerung gelangen können. Das Ziel der Prozesskombination ist außerdem die Verringerung des Abfallvolumens und eine weitere Wertgewinnung durch Erzeugung von verwertbaren Materialien sowie, in einigen Fällen, Energie.

Es gibt eine Vielzahl möglicher Prozesskonfigurationen jedoch immer in der Kombination mechanischer Prozesse und einer biologischen Behandlung als Kernverfahren. Einige Verfahrenskombinationen wurden zu einer integrierten Einheit entwickelt, einschließlich der Kontrolle von Emissionen und Gerüchen in einem geschlossenen System. Die mechanisch-biologische Behandlung ist sehr flexibel gestaltbar und kann damit an sich verändernde Abfallzusammensetzungen einfacher angepasst werden bzw. auch dann leistungsfähig sein. Sie ist ein Behandlungsweg für den es keiner zusätzlichen Anforderungen an die Abfallsammlung bedarf, d.h. auch für Haushaltsabfälle ohne jegliche Vorabtrennung geeignet.

Die Hauptkonzepte der mechanisch-biologischen Behandlung unterscheiden sich in der Anordnung der Prozessschritte und dem Ziel der biologischen Behandlung. Dabei erfolgt entweder eine mechanische Aufteilung des Abfalls in eine energiereiche Fraktion zur thermischen Verwertung und eine energiearme Fraktion zur biologischen Behandlung („Endrotteverfahren“) oder eine biologische Stabilisierung des gesamten Abfalls mit nachfolgenden mechanischen Prozessschritten (Trockenstabilisierung).

Abbildung 1: vereinfachte Darstellung grundlegender Behandlungskonzepte (n. Nelles, Morascheck, Grünes)



	<p>Beim „Endrotteverfahren“ wird nur ein bestimmter Teil biologisch behandelt. Im biologischen Kernprozess gelangen die anaerobe Vergärung, die Kompostierung oder Bestandteile von beiden Technologien zur Anwendung. (<i>Verfahrensansatz MBA; mechanisch-biologische Abfallbehandlung</i>). Wird die anaerobe Vergärung eingesetzt, wird der Prozess normalerweise zur Optimierung der Biogasproduktion ausgelegt. Wenn ein aerober Behandlungsschritt die Kerntechnologie der biologischen Behandlung bildet, wird während des Rotteprozesses ein gemischter Abfall in stabiles Material zur Deponierung umgewandelt.</p> <p>Bei der Trockenstabilisierung (<i>Verfahrensansatz MBS; mechanisch-biologische Stabilisierung oder BMA</i>) wird der gesamte Abfall durch die im biologischen Behandlungsschritt freigesetzte Wärme getrocknet und das dadurch stabilisierte Material anschließend in verwertbare Materialien, ggf. Sekundärbrennstoff und Material zur Deponierung getrennt. Hauptziel ist die Erzeugung von Sekundärbrennstoff zur energetischen Verwertung.</p>
<p>GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - feste organik-/kohlenstoffreiche Abfälle ohne gefährliche Bestandteile als Input - Vorliegen eines bestimmten Standards in Bezug auf die Kontrolle und Behandlung von Emissionen und weitere Schutzmaßnahmen (möglichst in einem Regelwerk gefasst) - Energieversorgung
<p>ZU ERWARTENDE ERGEBNISSE</p>	<p>Output:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hochkalorische Grobfraktion (MBA) oder brennbares Stabilat (MBS/BMA) - stabilisiertes Rottematerial (MBA) zur Ablagerung - verwertbare Materialien (hauptsächlich Metalle) - Rest- und Störstoffe - Staub, Abwasser und Abluft <p>Qualitätsanforderung an den Output:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mechanisch-biologisch behandelte Abfälle sollten bei der Ablagerung auf Deponien einen geringen Feuchtegehalt und eine niedrige Atmungsaktivität (Anforderungen der Deponieverordnung in Deutschland AT4 < 5 mg/kg TS) aufweisen. - Das Abwasser der anaeroben Vergärung muss in geeigneter Form behandelt werden, um den Anforderungen an eine Abgabe in Oberflächengewässer zu entsprechen.
<p>BESONDERE VORTEILE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung von Volumen und Reaktionspotenzial des zur Deponierung vorgesehenen Abfalls und damit Verringerung des benötigten Deponieraumes sowie der Gasemissionen, Sickerwasserentstehung und Geruchsbildung auf Deponien - Verknüpfung von materialspezifischer Behandlung und Erzeugung verschiedener Materialfraktionen für eine anschließende Verwertung - Möglichkeit der Energiegewinnung (Nutzung des Biogases aus dem biologischen Prozess und/oder des erzeugten Sekundärbrennstoffs) - Realisierung in einfacher und wenig kapitalintensiver Form möglich
<p>SPEZIFISCHE NACHTEILE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die nicht vollständige Mineralisierung des Abfalls erfordert weitere Behandlungsmaßnahmen oder Nachsorge auf der Deponie. - nicht vollständige Ausnutzung des Energiegehaltes im Abfall
<p>ANWENDUNGSDETAILS</p>	
<p>TECHNISCHE UMSETZUNG</p>	<p>Den Kern der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung bildet der biologische Prozess, durch ihn können jedoch nur biologisch abbaubare Fraktionen behandelt werden. In Abhängigkeit vom weiteren Entsorgungsweg und der dafür notwendigen Materialqualität werden daher mechanische Prozesse von unterschiedlicher Intensität und Zielwirkung erforderlich. Diese mechanischen Prozesse gehen der biologischen Behandlung entweder voraus und separieren dabei die verwertbaren, nicht abbaubaren Stoffe von der biologisch behandelbaren Fraktion (MBA), oder sie sind dem biologischen Prozess nachgeordnet und tragen dazu bei, recycelbare und als Brennstoff verwertbare Stoffströme zu generieren (MBS).</p>

FORTSETZUNG
TECHNISCHE
UMSETZUNG

- **Mechanische Behandlung**

Diese besteht normalerweise aus verschiedenen mechanischen Prozessen, welche dazu dienen, die physikalischen und brennstofftechnischen Eigenschaften des Abfallinputs und dessen Zusammensetzung so zu verändern, dass nachfolgende Prozesse und Möglichkeiten der Verwertung verbessert werden.

Die technische Minimalausstattung für eine effiziente Behandlung umfasst folgende Installationen: -Lager- und Beschickungseinrichtungen

- Entfernung von Stör- und Fremdstoffen
- Vorzerkleinerung

In Fällen der mechanischen Behandlung vor der biologischen Stufe, d.h. beim Verfahrensansatz MBA wird wie folgt vorgegangen:

1) Lager und Beschickung

Flachbunker bzw. Tiefbunker nehmen den angelieferten Abfall auf. Im Flachbunker können sperrige Störstoffe mit Hilfe von Radlader oder speziellen Greifern grob entfernt werden. Unabhängig davon kann der angelieferte Abfall hier ohne große Probleme kontrolliert werden. Dabei lassen sich auch problematische Lieferungen von der Behandlung ausschließen. In Flachbunkern ist des Weiteren die getrennte Lagerung verschiedener Fraktionen (z.B. trockene gewerbliche Abfälle, Sperrmüll, nasse Haushaltsabfälle) einfacher realisierbar. Sie sind kostengünstiger als Tiefbunker, erfordern aber einen größeren Flächenbedarf.

Im Tiefbunker kann der angelieferte Abfall leicht gemischt werden. Andererseits ist jedoch das Aussortieren von Störstoffen relativ schwierig. Tiefbunker eignen sich besonders zur Aufnahme nasser Haushaltsabfälle Für trockene Abfälle stellt der Flachbunker die bessere Option dar. Im Allgemeinen sind Flachbunker daher bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung die Vorzugslösung.

2) Abtrennung von Fremd- und Störstoffen

Im Falle des Betriebs von Flachbunkern sind störende sperrige Materialien leicht mit speziellen Greifern (Greifbagger) oder Radladern zu entfernen. Andere Störstoffe (wie Akkus, große Kunststofffolien) werden i.d.R. an der Fördereinrichtung oder am Fließband entfernt. Bei trockenen sperrigen und gewerblichen Abfällen wird auch die manuelle Auslese in belüfteten Kabinen praktiziert. Aufgrund der potenziellen Gesundheitsrisiken ist diese Vorgehensweise nicht für nasse Haushaltsabfälle geeignet. Hier ist die maschinelle Abtrennung (z.B. mit Greifbagger) erforderlich.

3) Zerkleinerung

Neben der Erzeugung eines homogenen Abfallgemisches wird bei diesem Schritt die Reaktionsoberfläche vergrößert und noch verpackte Materialien werden für die nachfolgenden Prozessschritte verfügbar gemacht. Weil die Vorzerkleinerung der energieintensivste Schritt in der mechanischen Behandlung ist, wird diese nur in ausgewählten Fällen angewandt. Sperrige und gewerbliche Abfälle müssen jedoch immer vorzerkleinert werden.

Für die Vorzerkleinerung (bis zu einer Größe zwischen 250–500 mm) werden Schneideinrichtungen (z.B. Rotorscheren), Schredder und Brecher genutzt. Die Hauptzerkleinerung (100–250 mm) erfolgt mit Rotorscheren, Schreddern und Kaskadenmühlen. Feinzerkleinerungen (< 25 mm) werden durch Kutter oder Hammermühlen durchgeführt.

Die mechanische Vorbehandlung kann weiterhin folgende Schritte beinhalten:

4.1 Eisenmetallabscheidung

Große Metallteile werden bereits im Lagerbereich abgetrennt, kleine Teile können hingegen im Abfall verbleiben. Die kleinen Eisenteile können durch Überbandmagneten aus dem darunter durchlaufenden und ausreichend verteilten Materialstrom abgeschieden werden. Weil Eisenmetalle sehr leicht abgetrennt und verwertet werden können, gehört deren Abscheidung zu den häufigen Bestandteilen einer MBA.

FORTSETZUNG
TECHNISCHE
UMSETZUNG

4.2) Nichteisenmetallabscheidung

Weiterhin möglich ist die Abtrennung von Nichteisenmetallen, insbesondere im Stoffstrom < 80 mm. Für verwertbare Nichteisenmetalle können hohe Erlöse erzielt werden.

5.1) Abtrennung des Überkorns durch Siebung

Wenn wesentliche Anteile an Kunststoffen und Holz im Abfall enthalten sind, erfolgt häufig die Abtrennung zusammen mit Papier/Pappe in einer Siebtrommel. Die Siebung bei einer Korngröße von 100 bis 150 mm erzeugt eine hochkalorische Fraktion im Siebüberlauf (Papier/Pappe, Kunststoffe, Holz). Im Siebdurchgang sind die biologisch abbaubaren Materialien konzentriert. Für sperrige Abfälle findet die Siebtrommel keine Anwendung. Wird aus dem Siebüberlauf Sekundärbrennstoff erzeugt, wird dieser anschließend zerkleinert und eventuell konditioniert und kompaktiert.

5.2) Abtrennung von Leicht- und Schwerfraktion durch Klassierung

Bei der Klassierung, zum Beispiel mittels Windsichter, werden aus der hochkalorischen Fraktion Glas und Steine entfernt. Dieses Verfahren ist jedoch weniger häufig als die Siebung.

6) Abtrennung durch Sortierung

Wo der trockene Abfall (insbesondere gewerblicher und sperriger Abfall sowie Abfall aus dem Baubereich) hohe Anteile an verwertbaren Materialien enthält, kann eine manuelle Sortierung stattfinden. Die Sortierschritte erfolgen meist im Anschluss an eine Vorsiebung. Windsichtungen sind eine wertvolle Unterstützung bei der Trennung des Abfallgemisches und der Erzeugung von Ersatzbrennstoffen.

7) Weitere Zerkleinerung

Im Falle der Nutzung der hochkalorischen Fraktion als Brennstoff z.B. in der Mitverbrennung (siehe auch Datenblatt „Industrielle Mitverbrennung“) ist oft eine weitere Zerkleinerung erforderlich. Vorzugsweise kommen Schnellläufer zur Anwendung. Mit diesem Zerkleinerer ist eine Korngröße von 60–80 mm erzielbar. Ist eine weiterführende Zerkleinerung notwendig, muss der Abfall erst pelletiert werden, was mit hohem technischem Aufwand verbunden ist.

8) Ballenpressen

Für eine optimierte Lagerung und einen besseren Transport wird das abgetrennte Material (meist Kunststoffe und Papier) oft in Ballen gepresst.

Beim **Verfahrensansatz MBS** wird nach der biologischen Stabilisierung mechanisch meist nur das Metall und mineralische Grobstoffe abgeschieden. Vor dem biologischen Prozess kann es notwendig sein, eine Abtrennung der Störstoffe und eine Vorzerkleinerung durchzuführen

- **Biologische Behandlung**

Für die biologische Behandlungsstufe kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Gewöhnlich sind dies die Intensivrotte/Kompostierung oder die anaerobe Vergärung. Details hierzu sind in separaten Datenblättern enthalten (siehe Datenblätter „Kompostierung“ und „Anaerobe Vergärung“).

Nachfolgend werden nur die Besonderheiten der genannten Verfahren bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung dargestellt werden. Für den **Verfahrensansatz MBA** betrifft dies:

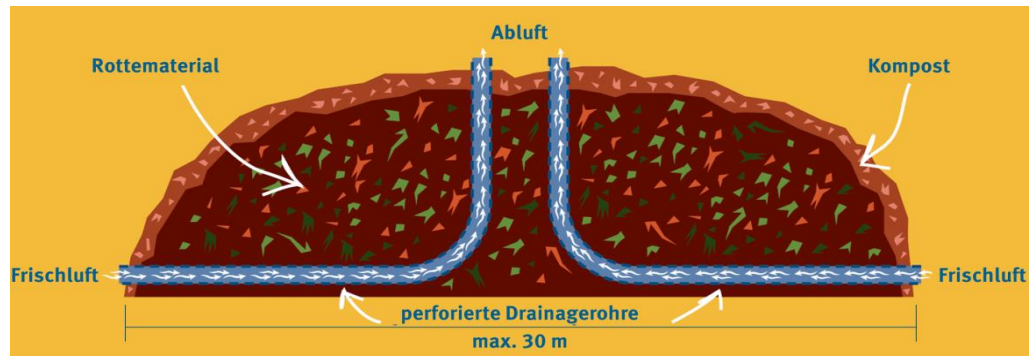
- Rotteverfahren

Wie beim Kompostieren können statische und dynamische Methoden zur Rotte des Abfalls eingesetzt werden. Statische Methoden sind die einfachsten Methoden der Rotte. In diesem Fall wird der Abfall während des biologischen Abbaus nicht bewegt. Dazu wird der homogenisierte Abfall zu einfachen Rottehaufen, Dreiecksmieten oder Trapezmiete aufgesetzt. Die Miete ist auf einem undurchlässigen Untergrund zu errichten damit das Grundwasser nicht kontaminiert wird.

**FORTSETZUNG
TECHNISCHE
UMSETZUNG**

Im einfachsten Fall und bei weniger hohen Anforderungen an eine Abluftbehandlung als in Ländern wie Deutschland inzwischen üblich, lässt sich die biologische Rotte so bereits mittels Kaminzugverfahren nach Spillmann/Collins realisieren. In diesem Verfahren werden perforierte Drainagerohre in die Miete eingebracht. Durch die biologische Selbsterhitzung des Rottematerials wird ein Luftstrom erzeugt, welcher das Rottematerial mit Sauerstoff versorgt. Eine Abdeckmembran regelt den Feuchtgehalt des Materials. Möglich sind bis zu 2,5 m hohe Trapezmieten.

Abbildung 2: Kaminzugverfahren nach Spillmann/Collins



Rottesysteme ohne Bewegung des Abfalls und ohne technische Unterstützung zur Belüftung und Bewässerung werden in Deutschland aber z.B. nur für die passiv belüftete Nachrotte (offene Nachrotte auf Deponieflächen) genutzt.

Für die Hauptrotte werden stattdessen Verfahren mit aktiver Belüftung unter Kontrolle des Wasser- und Sauerstoffgehaltes und mit Ablufterfassung eingesetzt.

Rotteboxen und -container

Eine andere statische Methode sind Rotteboxen und -container. Die Boxen können aus verstärktem Beton oder Stahl hergestellt sein. Sie haben einen beweglichen perforierten Boden und arbeiten im Batch-Betrieb. Die Boxen werden mit Luft über den perforierten Boden versorgt, die Abluft wird oben abgesaugt und anschließend behandelt. Die Rotteboxen erfordern eine gründliche mechanische Vorbehandlung. Die Intensivrotte ist nach 8–10 Tagen abgeschlossen. Die Technologie ist einfach und langlebig.

Dynamische oder quasi-dynamische Methoden, wie Rottetrommel, Tunnelreaktoren und regelmäßige umgesetzte Mieten, können ebenso eingesetzt werden. Details hierzu enthält das Datenblatt zu Kompostierungsverfahren (siehe Datenblatt „Kompostierung“)

Intensive Rottetechnologien sind hervorragend beim Verfahrensansatz MBS zu implementieren. Sie werden zur biologischen Trocknung und Sterilisierung des gesamten Inputstromes angewandt und erzeugen auf diesem Weg einen Output, welcher weitgehend für die thermische Behandlung und für Verbrennungsprozesse geeignet ist. Zum Zweck der Trocknung werden die biologischen Eigenschaften des Abfalls genutzt. Dazu werden die technischen Systeme meist mit unsortiertem, jedoch homogenisiertem Abfall komplett befüllt. Sickerwasser und Abluft werden gefasst und letzteres gereinigt. Angesichts des unsortierten Inputs und den hohen Emissionsraten sowie des Sickerwasseraufkommens in der ersten Phase der Behandlung ist der Prozess vollständig zu kapseln.

Aufgrund des durch die biologische Trocknung reduzierten Feuchtegehalts und durch die nachträgliche Abtrennung nicht brennbarer Materialien ist die thermische Behandlung des Outputmaterials relativ gut möglich. Der Heizwert des so erzeugten Sekundärbrennstoffs reicht bis in den Bereich zwischen 12–16 MJ/kg, was eine industrielle Mitverbrennung ermöglicht

Eine andere Möglichkeit der Realisierung der biologischen Stufe nach dem Verfahrensansatz MBA ist die Anaerobe Vergärung. Bei der anaeroben Vergärung findet der biologische Abbau unter Sauerstoffabschluss in einem geschlossenen Reaktor statt.

**FORTSETZUNG
TECHNISCHE
UMSETZUNG**

Es kann zwischen trockener und nasser Vergärung unterschieden werden. Nähere Beschreibungen hierzu enthält ein separates Datenblatt. (siehe Datenblatt „Anaerobe Vergärung“)

Im Folgenden sollen die spezifischen Vergärungstechnologien beschrieben werden, wie sie in der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung eingesetzt werden. Wenn eine anaerobe Vergärung in eine MBA integriert ist, wird der Prozess i.d.R. zur Optimierung der Biogasproduktion ausgelegt. In einigen Fällen wird die Optimierung nach Biogasproduktion und Sekundärbrennstoffherstellung ausgelegt. Aufgrund der Inhomogenität des zu vergärenden Materials (Sedimente auf der einen und Faserstoffe auf der anderen Seite) bildet die einstufige Trockenvergärung häufig die bevorzugte Behandlungsmethode

Abbildung 3: Verfahrensschema einstufige Trockenvergärung (Komponentenanordnung nach Linde-KCA)



Die Vorteile der Trockenvergärung sind:

- geringer Wasserbedarf,
- durch den höheren Trockengehalt sind sedimentierende Komponenten im Vergleich zur Nassvergärung besser zu integrieren

Die Behandlung von Restabfällen durch die anaerobe Vergärung stellt bestimmte Anforderungen an die Ausstattung, an das Personal und an die Anlagenplanung. Korrosionsfördernde (z.B. Chlor, Schwefel, Säuren) und abrasive Materialien (z.B. Mineralien, Metalle) erzeugen einen hohen Verschleiß. Die typischen Probleme der Behandlung von Restabfällen durch die anaerobe Vergärung können durch folgende technische Lösungen minimiert werden:

- Eindüsung von Biogas anstelle von Rührwerken zur Ummwälzung im Vergärungsreaktor führt zur Minimierung der Schwimmschichtbildung und vermeidet Umwicklungen am Rührwerk
- Vorherige Abscheidung und Entfernung von schweren Komponenten (sedimentierende Materialien) und Leichtstoffen (Textilien, Folien zur Vermeidung von Ummantelungen, Verstopfungen und Schwimmschichtbildung),
- Einstellung des Trockensubstanzgehaltes auf 20-40 % vor der Vergärung oder
- Waschen der Feinfraktion nach der mechanischen Vorbehandlung mit dem Ziel der Entfernung von Leichtstoffen, Sand und anderen abrasiven Materialien (z.B. Glas); das restliche Material, welches überwiegend aus biologisch abbaubaren Substanzen besteht, kann im Nassverfahren vergoren werden.

Der Vergärungsprozess ist im Mittel nach ca. 18–21 Tagen abgeschlossen. Danach wird der Output in einer Presse entwässert. Die festen Rückstände werden in einer Kompostierung weiterbehandelt und anschließend deponiert, das Abwasser ist einer weiteren Behandlung zu unterziehen.

Die Abluft aus MBA- und MBS-Anlagen soll grundsätzlich erfasst und behandelt werden. Entsprechend der eingesetzten Verfahren, Luftmengen und gesetzlichen Vorgaben können dafür Biofilter in Kombination mit thermischen Verfahren wie die regenerative thermische Oxidation in Frage kommen. Vorteil thermischer Verfahren ist die weitgehende Reduzierung organischer Verbindungen. Nachteilig sind der Energiebedarf (insbesondere wenn die Anlage selbst kein Biogas erzeugt) und teilweise noch hohe Unterhaltungsaufwand der Technik.

<p>STOFFFLUSS UND -MENGEN</p>	<p>Input:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 % Gemischter Siedlungsabfall - Wasser (wenn Vergärung als biologische Stufe eingesetzt wird) <p>Output (ausgehend von der durchschnittlichen Abfallzusammensetzung in Europa):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2–5 % Störstoffe - 2–4 % Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle) - 30–45 % Sekundärbrennstoff - 40–65 % Feinfraktion zur biologischen Behandlung <ul style="list-style-type: none"> davon: 10–25% Masseverlust durch biologischen Abbau, bis zu 20% Austrag als Wasser 5% Umwandlung zu Biogas 30–50% verbleiben als Rest zur Deponierung. <p>Der veränderte Verfahrensablauf der Abtrennung und der biologischen Aktivität beim MBS-Verfahren verbessert die Verwertbarkeit von nicht biologisch abbaubaren Materialien und führt zu einer Reduzierung der zu deponierenden Mengen</p>																
<p>ANWENDUNGS-BEREICH</p>	<p>Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen werden bislang in folgenden Dimensionen errichtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - minimaler Durchsatz (mit einfachen Rottemethoden): 25.000 Mg/a - minimaler Durchsatz (mit anaerober Vergärung): 60.000 Mg/a - obere Durchsatzmengen: ca. 300.000 Mg/a 																
<p>ZUSAMMENHÄNGE U. KOMBINIERBARKEIT MIT ANDEREN TECHNIKEN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung ist ein der Abfallablagerung vorgeschalteter Behandlungsschritt. Gleichwohl damit keine speziellen Anforderungen an die Abfallsammlung verbunden sind und Kriterien für eine sichere Ablagerung der Abfälle durch die Behandlung besser erfüllt werden, ist anzustreben, dass Verfahren so zu gestalten, dass ein hoher Teil der im Abfall enthaltenen Wertstoffe und Energie im Zuge des Verfahrens für eine weitere Nutzung verfügbar gemacht wird. 																
<p>ORIENTIERUNGSWERTE FÜR DIE ANWENDUNG: RESSOURCENEINSATZ</p>																	
<p>ENERGIEBILANZ</p>	<p>Der durchschnittliche Energiebedarf liegt zwischen 20–70 kWh/Mg, wobei der größte Anteil mit ca. 10–30 kWh/Mg auf die mechanische Vorbehandlung entfällt.</p> <p>Tabelle 1: Vergleich des Energieverbrauchs von verschiedenen Prozessvarianten (Quelle Nagel, Nachhaltige Verfahrenstechnik, 2015)</p> <table border="1" data-bbox="400 1375 1425 1518"> <thead> <tr> <th>Verbrauch</th> <th>MBA (Rotte)</th> <th>MBA (Vergärung)</th> <th>MBS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strom</td> <td>45 kWh/Mg</td> <td>65 kWh/Mg</td> <td>100 kWh/Mg</td> </tr> <tr> <td>Wärme</td> <td>0</td> <td>Eigenversorgung über Gasertrag</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Gas (davon für RTO)</td> <td>41 (39) kWh/Mg</td> <td>58 (45) kWh/Mg</td> <td>25 (25) kWh/Mg</td> </tr> </tbody> </table> <p>MBA mit einer Vergärungsstufe erzeugen ca. 70–170 m³ Biogas pro Mg Abfall zur Vergärung.</p>	Verbrauch	MBA (Rotte)	MBA (Vergärung)	MBS	Strom	45 kWh/Mg	65 kWh/Mg	100 kWh/Mg	Wärme	0	Eigenversorgung über Gasertrag	0	Gas (davon für RTO)	41 (39) kWh/Mg	58 (45) kWh/Mg	25 (25) kWh/Mg
Verbrauch	MBA (Rotte)	MBA (Vergärung)	MBS														
Strom	45 kWh/Mg	65 kWh/Mg	100 kWh/Mg														
Wärme	0	Eigenversorgung über Gasertrag	0														
Gas (davon für RTO)	41 (39) kWh/Mg	58 (45) kWh/Mg	25 (25) kWh/Mg														
<p>CO₂-RELEVANZ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Studien zur Bestimmung von Umweltbelastungen unterstellen, dass die Ablagerung von stabilisiertem Abfall nur etwa 10 % des Deponiegases und 10 % des Deponiesickerwassers im Vergleich zu unbehandelten Abfällen erzeugt. - Die Nutzung geschlossener Systeme für die biologische Behandlungsstufe hilft bei der Emissionsminderung und Vermeidung des Austritts von Treibhausgasen in die Atmosphäre. 																
<p>HILFSMITTEL / ZUSATZSTOFFE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - keine anderen als die genannten 																

PERSONALBEDARF	Der Bedarf an Personal hängt vorwiegend von der Kapazität der Anlage ab. Der durchschnittliche Bedarf ist ähnlich dem bei Kompostierungsanlagen (siehe Datenblatt „ <u>Kompostierung</u> “). Eine integrierte manuelle Sortierung erfordert naturgemäß einen großen Arbeitskräftebedarf. Speziell geschultes Personal ist insbesondere bei komplexer Prozessgestaltung erforderlich.
FLÄCHENBEDARF	Der Mindestflächenbedarf ist abhängig von der Anlagenkapazität. Der zusätzliche Flächenbedarf kann sehr gering sein, wenn die Behandlung Teil der Deponierung ist, wobei nur der für die Mietenkompostierung oder Rottefelder benötigte Platz notwendig wird. Entsprechend können die Angaben zum Flächenbedarf bei der Kompostierung und anaeroben Vergärung genutzt werden (siehe Datenblätter „ <u>Kompostierung</u> “ und „ <u>Anaerobe Vergärung</u> “).
ORIENTIERUNGSWERTE FÜR DIE ANWENDUNG: KOSTEN	
INVESTITIONSKOSTEN	<p>Die Investition umfassen in der Hauptsache die folgende Kostenpositionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kosten für Grundstücksakquisition und -erschließung: in Abhängigkeit von den lokalen Bedingungen und der geplanten Kapazität, (deutlich geringer, wenn die Behandlung auf einer Deponie durchgeführt wird) - Ausstattung (recherchiertes Preisniveau zum Jahr 2008) <ul style="list-style-type: none"> mechanische Stufe: <ul style="list-style-type: none"> - Bauten inkl. Bunker: 40 EUR/(Mg*a) - stationäre Maschinen: 20–80 EUR/(Mg*a) - mobile Ausrüstung: 5–10 EUR/(Mg*a) biologische Stufe: <ul style="list-style-type: none"> <u>Rotteverfahren:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Bauteile: 70–90 EUR/(Mg*a) - stationäre Maschinen: 110–140 EUR/(Mg*a) <u>Vergärung:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Bauteile: 50–60 EUR/(Mg*a) - Stationäre Maschinen: 130–180 EUR/(Mg*a) <p>Überschlägige Schätzungen der Kapitalkosten für eine komplette MBA-Anlage liegen in Europa in einem Bereich zwischen 12 Mio. EUR für eine Anlage mit Kapazität von 50,000 Mg/a und 40 Mio. EUR. für eine Anlage mit einer Kapazität von 220,000 Mg/a. Sehr einfach ausgelegte MBA Prozesse auf Deponien lassen sich in weniger kapitalintensiven Ländern auch in einer Größenordnung von 15–20 EUR pro Mg Input realisieren².</p>
BETRIEBSKOSTEN	<p>Laufende Kosten fallen an für:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal (in Abhängigkeit vom lokalen Arbeitsmarkt) - Energieverbrauch, Versicherungen u. ä. - Reparatur und Wartung - für jedes Bauteil ungefähr 1 % der Investkosten - Maschinen und Elektronik: 3–6 % der Investkosten - Mobile Ausstattung (z.B. Radlader): 8–15 % der Investitionskosten; <p>Bei MBA-Anlagen mit anaerober Vergärung bewirkt die höhere Abnutzung höhere Wartungskosten im Vergleich zur Bioabfallvergärung. Beispielhaft ist eine Gesamtsituation (netto) für ein Anlagenbeispiel mit 150.000 Mg Jahresdurchsatz in folgender Tabelle dargestellt.</p>

² GTZ-Sektorvorhaben Mechanisch-biologische Abfallbehandlung

	Tabelle 2: Betriebskosten EUR/Mg (Quelle: Morgenstern: Restabfallentsorgung in Deutschland, Econum GmbH)		
	Kostenposition	Vollkosten EUR/Mg	davon variabler Teil EUR/Mg
	Personal	6	
	Wartung/Instandhaltung	9	5
	Energie, Kraftstoffe	7	7
	Versicherungen und Sonstiges	6	
	Entsorgung, Transport EBS (bei 50% v. Input)	30	30
	Entsorgung, Transport Deponat (bei 20% v. Input)	5	5
	Entsorgung, Transport Sonstiges (bei 7% v. Input)	5	5
	Entsorgung, Transport Metalle (bei 3% v. Input)	-3	-3
Abschreibungen und Zinsen	25		
Summe	90	48	
MÖGLICHKEIT VON EINNAHMEN	- durch Verkauf von verwertbaren Materialien, insbesondere Metallen; unsicher sind hingegen Erlöse aus dem Absatz von Sekundärbrennstoffen		
MASSE-SPEZIFISCHE GESAMTKOSTEN	- Im Bereich von 40–120 EUR/Mg für die Behandlung (ohne Kosten für die anschließende Ablagerung sowie Verwertung der Sekundärbrennstoffe). Dem stehen geringere Gesamtsorgungsvolumina auf Deponien und dadurch eingesparte Kosten sowie eine längere Nutzbarkeit der vorhandenen Deponiekapazitäten auch als ökonomischer Vorteil gegenüber.		
SONSTIGE DETAILS			
MARKTÜBERSICHT			
REFERENZANWENDUNGEN	<p>Die Technologie der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten in Europa stark entwickelt. Heute sind in Europa weit über 100 derartige Anlagen zur Behandlung von Restabfällen in Betrieb. In Deutschland werden allein etwa 50 Anlagen mit Kapazitäten >20.000 Mg/a betrieben. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt im Bereich von 100.000 Mg/a, aber es existieren auch Anlagen mit einem Durchsatz von bis zu 300.000 Mg/a. Fast jedes große Entsorgungsunternehmen nutzt in mehr oder weniger großem Umfang diesen Verfahrensweg oder ist am Betrieb solcher Anlagen beteiligt.</p> <p>Als Beispielbetriebe sind zu nennen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MEAB mbH, Schöneiche www.meab.de - Zweckverband Abfallwirtschaft Saale-Orla, Pößneck www.zaso-online.de - MBA Lübeck www.entsorgung.luebeck.de/ueber_uns/unsere_anlagen/mba.html - MBA Neumünster GmbH, Neumünster www.mba-nms.de - WEV GmbH, Großpösna www.e-wev.de <p>Großanwendungen bei denen deutsches Know-how oder Technik Eingang gefunden hat, finden sich auch in anderen EU- Ländern, so in Italien, Bulgarien, Portugal, Frankreich, Finnland oder Kroatien.</p>		
ANERKANNTE HERSTELLER UND DIENSTLEISTER <i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i>	<p>Anlagentechnik für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung wurde in Deutschland in der Vergangenheit von einem breiten Herstellerspektrum angeboten. Inzwischen hat sich der Anbieterkreis verkleinert und viele Firmen haben sich auf die Bereitstellung spezieller Verfahrenskomponenten spezialisiert. Dazu gehören u.a.:</p> <p>Zerkleinerungsaggregate: HAMMEL Recyclingtechnik GmbH, Bad Salzungen www.hammel.de</p> <p>Klassierer und Trenntechnik: EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel www.mogensen.de</p>		

Spaleck – Förder- und Separiertechnik

www.spaleck.de

Metallabscheider:

Steinert Elektromagnetbau GmbH, Köln

www.steinertglobal.com

IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim

www.imro-maschinenbau.de

Wagner Magnete GmbH & Co. KG Spann- und Umwelttechnik, Heimertingen

www.wagner-magnete.de

Abluftbehandlungssysteme

LTB Lufttechnik Bayreuth GmbH & Co. KG, Goldkronach

www.ltb.de

- Dürr Systems GmbH Environmental and Energy Systems, Stuttgart

www.durr-cleantechnology.com/de

Die Gesamtanlagenplanung von Anlagen wird häufig von spezialisierten Planungsbüros oder dem Anlagenbetreiber selbst vorgenommen. Einige Beispiele aus diesem Bereich sind die Firmen:

- Strabag Umwelthanlagen GmbH, Dresden

www.strabag-umwelthanlagen.com

- Komptech Vertriebsgesellschaft Deutschland mbH, Oelde

www.komptech.de

- HAASE Energietechnik AG, Neumünster

www.bmf-haase.de

- Herhof GmbH (Tochtergesellschaft der Helector S.A).

www.herhof.com

- AMB Anlagen Maschinen Bau GmbH, Oschersleben

www.amb-group.de

Für einfachere biologische Trocknungssysteme bieten bspw. Anlagen und Komponenten an:

- CONVAERO GmbH

www.convaero.com

- W.L. Gore & Associates GmbH

www.gore.com/de_de/

ANMERKUNGEN UND WEITERE REFERENZDOKUMENTE

Relevante Organisationen und Anlaufstelle für weitere Informationen über die mechanisch-biologische Abfallbehandlung und ihre Umsetzung sind:

- Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung:

www.asa-ev.de

- Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfälle:

www.ans-ev.de

- Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V.:

www.bgs-ev.de

- Fachverband Biogas e.V.

www.biogas.org