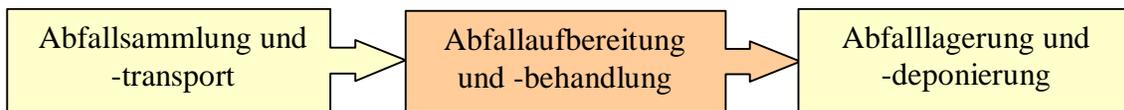


1 Aufbereitung und Behandlung von Siedlungsabfällen

1.1 Einleitung

Abfälle sind durch eine hohe stoffliche und Materialvielfalt gekennzeichnet womit deren bloße Verkipfung auf Deponien sowohl einen hohen Verlust an wertvollen Ressourcen (insbesondere Material- aber auch an Landressourcen) darstellt als auch zu hohen Belastungen der Umwelt selbst führt. Aus diesem Grunde wurde der europäischen Abfallgesetzgebung eine klare Prioritätenreihenfolge zugrunde gelegt wonach an erster Stelle beim Umgang mit erzeugten Abfällen deren stoffliche Verwertung steht. Erst wenn diese Möglichkeit ausgeschöpft ist, soll die energetische Nutzung angestrebt werden und die Ablagerung auf geordneten Deponien nur allerletztes Mittel zur sicheren Entsorgung von Abfälle sein. Das Konzept wird auch von der Idee getragen, dass eine stoff- und materialspezifische Verwertung von Abfällen immer auch eine wichtige soziale und wirtschaftliche Komponente einschließt. Die Trennung und Aufbereitung von Abfällen nach verschiedenen Materialfraktionen eröffnet ein hohes Beschäftigungspotenzial, führt zur Bildung eines eigenständigen Wirtschaftssektors und erleichtert es darüber hinaus, die Abfälle ohne größere Gefahren für die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu entsorgen. Noch immer gibt es überall auf der Welt Beispiele in denen die Existenz dieses wichtigen Beziehungsgefüges in tragischer Weise in Erscheinung tritt. So sind lebensbedrohliche Krankheiten und Epidemien bis heute vor allem auch dort an der Tagesordnung, wo Abfälle noch immer unkontrolliert in Siedlungsgebieten oder Wasserläufen verkippt werden, wo Menschen ihren Lebensunterhalt auf Halden zu bestreiten haben und wo es, aus welchen Gründen auch immer, an jeglicher Form der geordneten Lagerung und Behandlung von Abfallstoffen fehlt.

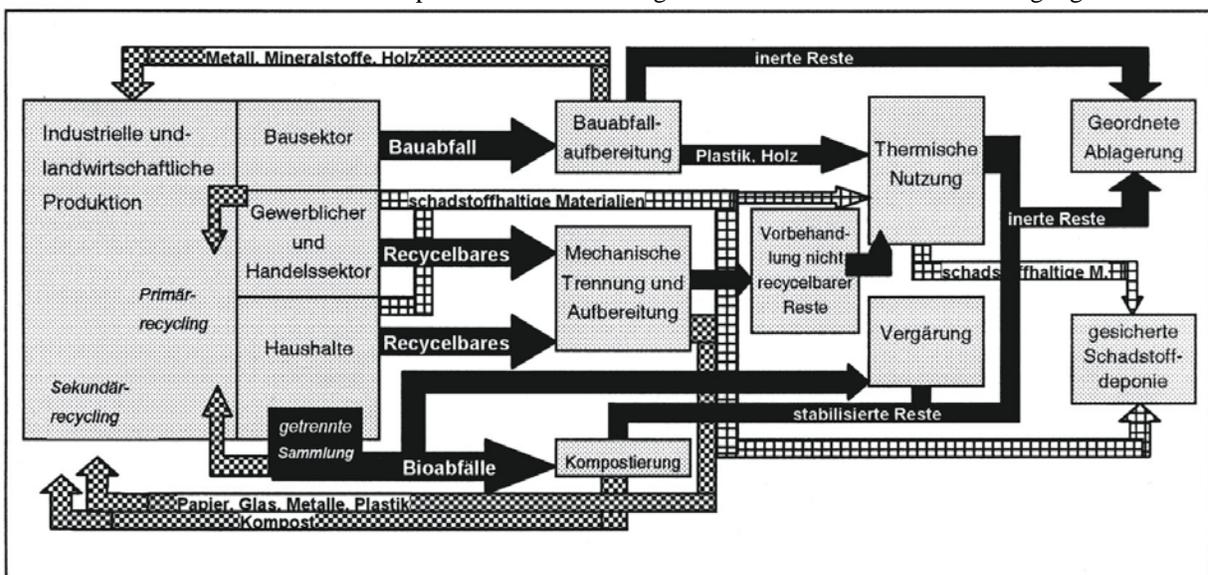
Eine zukunftsorientierte und auf Dauer erfolgreiche Strategie zur Abfallbewirtschaftung bedient sich eines *integrierten Ansatzes* um die höchstmögliche Umweltsicherheit beim Umgang mit Abfällen gewährleisten und dabei den bestmöglichen wirtschaftlichen Gewinn aus den verschiedenen Abfallbestandteilen ziehen zu können. Bei allen integrierten Ansätzen kommt ein Mix an verschiedenen Behandlungs- und Nutzungsoptionen zur Anwendung. Wie groß das verfügbare Spektrum an Optionen ist und welche davon letztlich zur Anwendung gelangen, hängt stark von den jeweils gesetzten Zielstellungen und vielen lokalspezifischen Faktoren ab. Die Zielstellungen bzw. einzuhaltenden Standards sind entweder bereits durch einen bestimmten rechtlichen Rahmen (wie z.B. dem für die Mitgliedsländer der EU) oder entsprechende nationale Gesetze festgeschrieben, sie können allerdings auch seitens der strategischen Planer und Entscheidungsträger vor Ort bestimmt werden.



Verschiedene Verfahren und technische Prozesse bilden die Grundlage für ein integriertes Management der gesammelten Abfälle. Dazu gehören allem voran unterschiedliche Aufbereitungs-, Recycling- sowie Behandlungsprozesse [[↗ Datenblätter' Aufbereitung, Wertstoffgewinnung, Stabilisierung, Abfallvorbehandlung](#)], die thermische Umwandlung der Abfälle mit und ohne Energiegewinnung als eine Kombination aus Verwertung und Vorbehandlung [[↗ Datenblätter' Verbrennung](#)], aber auch notwendige Lagerungsprozesse und die gesicherte Deponierung von verbleibenden Abfällen [[↗ Disposal](#)].

In einem idealen Bewirtschaftungssystem für Abfälle würden sich die verschiedenen Verfahrensmöglichkeiten und Behandlungsprozesse optimal ergänzen und im Ergebnis zu einem integrierten Abfallmanagement führen, wie es nachfolgendes Schema beispielhaft wiedergibt (Abb. 1).

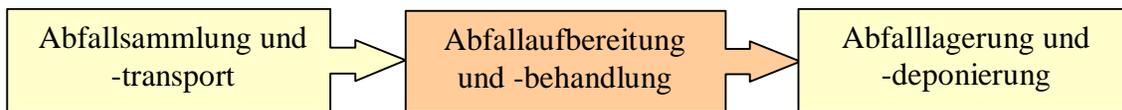
Abb. 1: Musterschema für ein optimiertes Abfallmanagement unter idealen Rahmenbedingungen



modifiziert nach Koch, T., Seeberger, J.: Ökologische Müllverwertung. 1984

1.2 Materialrückgewinnung aus Siedlungsabfällen

Abfallrecycling und die Nutzung verwertbarer Stoffe aus dem Müll sind Schlüsselemente zur Verminderung der Gesamtmenge und Behandlungsnotwendigkeit von Abfällen als Hauptzielstellungen der Abfallwirtschaft. An vorderster Stelle steht dabei die Aufgabe, verwertbare Materialien für die weitere stoffliche Verwendung aus dem Abfall zurück zu gewinnen.

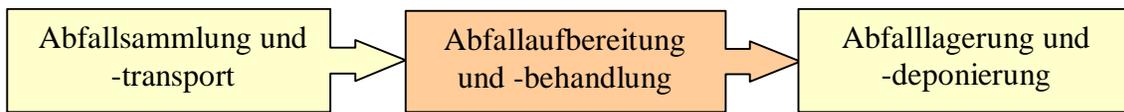


Vieles von dem was zu Abfall geworden ist hat trotz seiner Verwendung seinen stofflichen bzw. rohstofflichen Wert behalten und/oder weist Eigenschaften auf, die eine Nutzung als sekundärer Rohstoff bei der Erzeugung neuer Produkte oder die Verwendung als Substitut für knappe Materialien zulassen. Um diese Möglichkeiten nutzen zu können ist es erforderlich, diese Materialien dem restlichen Abfallstrom zu entziehen und einzeln rückzugewinnen. Für die stoffliche Wiederverwendung oder Verwertung müssen diese Stoffe letztlich auch in einer gewissen Reinheit vorliegen. Sowohl die Abtrennung der verschiedenen nutzbaren Materialien vom restlichen Abfallstrom als auch deren Rückgewinnung in Form hinreichend sauberer Stofffraktionen für die weitere industrielle Nutzung kann auf dem Wege einer **Abfallaufbereitung und -sortierung** bewirkt werden. Die Trennung/Sortierung unterschiedlicher Abfallmaterialien lässt sich einerseits direkt am Ort ihrer Entstehung, d.h. beim Abfallerzeuger, und des weiteren auch durch industrielle Vorgänge bewerkstelligen. Nicht nur die Industrie zieht durch die aus dem Abfall gewonnenen sekundären Rohstoffe einen Nutzen sondern auch der Abfallerzeuger selbst und sogar die Kommune in der er lebt. Für den Abfallerzeuger ergibt sich auf diesem Wege bei entsprechenden Rahmenbedingungen die Möglichkeit, die sonst für die Entsorgung dieser Abfälle zu zahlende Gebühren zu sparen. Die Kommune kann indes durch den entsprechend verringerten Anfall zu entsorgender Abfälle Deponieraum sparen und gegebenenfalls über den Verkauf der abgetrennten Sekundärmaterialien sogar Einnahmen tätigen.

Als üblicherweise getrennt erfasste Wertstoffe aus dem Haushalts- und Gewerbebereich besteht für die stoffliche Weiterverwertung ein spezieller Aufbereitungsbedarf insbesondere für die Stoffgruppen:

- Altpapier
- Altglas und
- (Leicht-) Verpackungsmaterial.

Verschiedenartige Aufbereitungsprozesse und Verfahrenskombinationen kommen dabei zur Anwendung. Hauptzielstellung eines jeden Aufbereitungsvorganges ist die Erzeugung von Stofffraktionen, die direkt dem Recycling zugeführt werden können. Aufgabenschwerpunkt bildet in diesem Zusammenhang die Herausnahme von Verunreinigungen und anderen Stoffen, die das Recycling behindern oder unmöglich machen würden. Hierbei wird wiederum auf Sortier- und Trenntechniken zurückgegriffen. Mit welcher Intensität die Aufbereitung letztlich erfolgt, hängt von der Zielqualität der Recyclingfraktion ab (z.B. Aufspaltung in verschiedene Papiersorten mit unterschiedlichen Anteilen an Fremdpapieren), diese wiederum bestimmt sich durch die Nachfrage des Marktes, die Preissituation und die Profiterwartung aus dem Absatz verschiedener Stofffraktionen.



Eine Benennung und Beschreibung aller Verfahren- und Verfahrenskombinationen zur Aufbereitung der gesammelten Abfallstoffe ist an dieser Stelle nicht möglich. Drei grundsätzlich anzutreffende Verfahrenskonfigurationen sollen im Folgenden beispielhaft die Breite technischer Optionen zur Aufbereitung von recycelbaren Abfällen wiedergeben.

- Die *"Einfache Verfahrenskonfiguration"* wird von einem sehr geringen Automatisierungsgrad und wenig technischen Hilfsmitteln geprägt, dafür bietet sie eine Vielzahl potenzieller Beschäftigungsmöglichkeiten.
- Die *"fortgeschrittene Konfiguration"* verfügt bereits über einen höheren Automatisierungsgrad und höhere Maschinenausstattung als das vorangegangene Schema, damit sinkt auch der Personalaufwand im Verhältnis.
- Die *"hochtechnisierte Konfiguration"* vereint insbesondere jene Prozesse und Techniken die speziell mit dem Ziel einer weitestgehend automatisierten Aufbereitung entwickelt und zum Einsatz gebracht wurden. Häufig handelt es sich dabei um speziell an die Lokalspezifika angepasste Lösungen welche nicht zu den gleichen Konditionen auf andere Gebiete übertragen werden können und deren Funktionalität und Zuverlässigkeit unter anderen Bedingungen noch nachzuweisen sind.

Altpapier

Um ein gut und hochwertig nutzbares Ausgangsmaterial zu erhalten muss Altpapier aus Haushaltungen möglichst schon vor Ort separiert und in jedem Fall von anderen Abfallströmen, insbesondere feuchten, öligen und/oder biologischen Abfällen getrennt abgefahren werden. Die einfachste Möglichkeit der Sammlung besteht in der Sammlung von graphischem und nicht graphischem Altpapier in gemischter Form. Die Sammlung getrennt nach graphischem und nicht graphischem Altpapier ist bislang indes noch nicht sehr weit verbreitet, sie stellt aber den besten Weg dar, um gesammeltes Altpapier zu Höchstpreisen vermarkten zu können und gleichzeitig ein sehr hochwertiges Papierrecycling zu ermöglichen.

Als ein sehr geeignetes Verfahren für die Altpapiersammlung von Haushalten hat sich das Bring-schema mit zentral aufgestellten Depotcontainern (**↗ siehe Datenblatt "Depotcontainer", Datenblatt No. WC/C-04 DEC**) erwiesen. Dabei tragen spezielle Modifizierungen der Einwurföffnung dazu bei, den Anteil anderer unerwünschter Stoffe und potenzieller Verunreinigungen im Sammelgut zu verringern. Ebenfalls möglich ist die Sammlung im Holsystem über verschiedene Sammelbehältnisse (**↗ siehe Datenblatt "Mobile Abfallbehälter", Datenblatt No WC/C-03 WAC**), oder aber die Abholung von am Straßenrand bereitgelegten Altpapierbündeln. Die Sammlung in Bündeln oder über speziell gekennzeichnete Depotcontainer ist besonders für eine getrennte Erfassung von graphischem und nicht graphischem Altpapier geeignet.

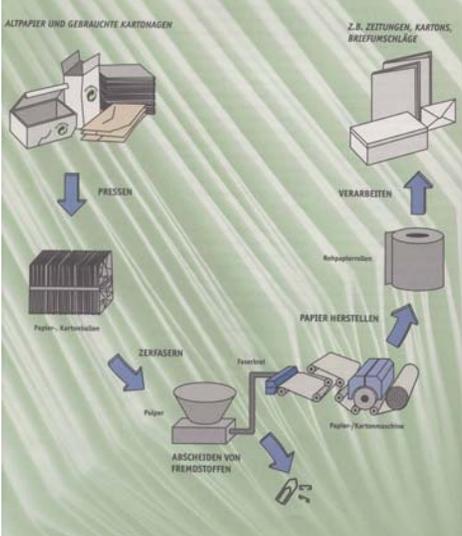
Zusammen mit dem von gewerblichen Anfallstellen abgefahrenen Altpapier erfolgt in Sortier-einrichtungen die Aufbereitung nach Sorten der europäischen Altpapiersortenliste, wobei die vier bedeutendsten sind:

- Gemischtes Altpapier (1.02)
- Kaufhausaltpapier (1.04)
- De-inkingpapier (1.11)
- Zeitungen (2.01)

Eine genaue Spezifizierung für diesen und anderen Altpapiersorten/-qualitäten enthält die Europäische Altpapiersortenliste (European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board).

Die Sortengruppe "Gemischtes Altpapier" enthält nach der Sortierung verschiedene Papier- und Pappequalitäten mit einem Maximalanteil von 40 % Zeitungen. Auf der Grundlage dieses Standards ist es möglich die Sortierungsintensität und -reinheit der aktuellen Nachfrage und Preislage am Markt anzupassen. Angaben zur Marktpreissituation im letzten Jahrzehnt finden sich im Datenblatt zur Altpapiersortierung. **↗ siehe Datenblatt "Sortierung und Aufbereitung von Altpapier", Datenblatt No WTR-01 WPS**. Einen nicht unbedeutenden Einfluss darauf welche Sortengruppen bei der Sortierung erzeugt werden haben auch die Abnehmerstrukturen des Umfeldes (z.B. Vorhandensein von Erzeugern bestimmter Papierqualitäten).

In Europa liegen die Kosten für die Erfassung von Altpapier und dessen Bereitstellung für das Papierrecycling in etwa in einem Bereich von 60 bis 150 Euro pro Mg.



(Bildquelle: DSD AG)

Altglas

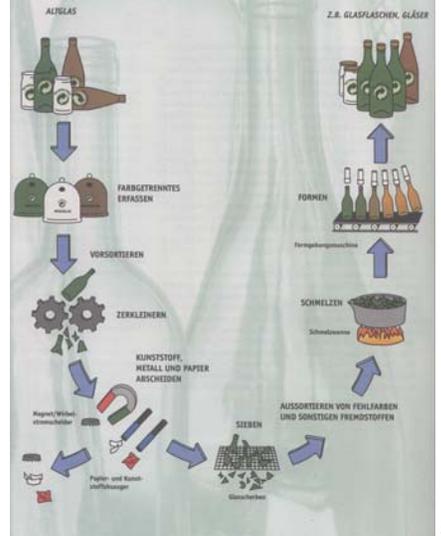
Um ein hochwertiges und wirtschaftlich interessantes Recycling von Altglas aus Haushalten zu erleichtern ist eine Sammlung am Anfallort getrennt nach Glasfärbung von großem Vorteil. Für die farbliche Trennung ist die Unterteilung in grün, braun (oder gemischt bunt) sowie weiß bzw. Transparent gebräuchlich. Für jede dieser Färbungen sollte ein eigener Sammelbehälter bereitgestellt werden. So nur einfache Verwertungswege oder geringere Qualitätsanforderungen für das Altglas bestehen, ist aber auch eine komplett farblich gemischte Erfassung möglich. Allerdings sollten bei der Altglassammlung von Haushaltungen Glassorten die nicht zum Verpackungsbereich gehören (z.B. Flachglas, Sicherheitsglas u.a.) konsequent ausgeschlossen werden. Solche Glasabfälle können im Zusammenhang mit anderen Erfassungsvarianten, z.B. Sammlung von Sperrmüll, über Rücknahmestellen) gesammelt werden.

Als sehr geeignete Verfahren für die Altglassammlung von Haushalten haben sich das Bring-schema mit zentral aufgestellten Depotcontainern (**↗ siehe Datenblatt "Depotcontainer", Datenblatt No. WC/C-04 DEC**) bzw. größerdimensionierten mobilen Abfallbehältern (1,1 m³) erwiesen (**↗ siehe Datenblatt "Mobile Abfallbehälter", Datenblatt No WC/C-03 WAC**). Spezielle Modifizierungen der Einwurföffnungen tragen dazu bei, den Anteil anderer unerwünschter Stoffe und potenzieller Verunreinigungen im Sammelgut zu verringern.

Als gegenwärtiger Standard ist die farblich getrennte Aufbereitung des Altglases anzusehen. Vorher bestand der Ansatz darin, aus dem gemischt erfassten Glas helles, also transparentes Glas wegen seiner besseren Vermarktbarkeit heraus zu sortieren. Das verbleibende Gemisch an grün- und braungefärbtem Glas wurde dann ohne weitere Trennung in der glasproduzierenden Industrie eingesetzt. Dieser Ansatz wird in dem zur Altglasaufbereitung bereitgestellten Datenblatt als einfache Verfahrenskonfiguration vorgestellt. In moderneren Wirtschaften ist diese Vorgehensweise inzwischen weitestgehend aufgegeben worden, es dominieren stattdessen fast völlig automatisierte Prozesse.

Diese automatisierten Aufbereitungsverfahren unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Anzahl der installierten Linien zur Ausschleusung unerwünschter inerte Bestandteile wie Steine, Keramik u.a. sowie zur Verbesserung der farblichen Reinheit. Bei einlinigen Prozessanordnungen werden die unerwünschten Bestandteile in nur einem Siebschritt abgetrennt, mehrlinige Anlagen verwenden verschiedene Siebschritte mit Größenunterteilungen von z.B. <15 mm, 15-30 mm, 30-60 mm und >60 mm (**↗ siehe Datenblatt "Altglassortierung u. -aufbereitung", Datenblatt No. WTR-02 WGP**).

Die Glasindustrie zieht aus dem Glasrecycling insbesondere zweierlei Nutzen; durch den Ersatz von Primärrohstoffen und geringeren spezifischen Energiebedarf beim Einschmelzen des Glasbruches. Eine hohe farbliche und stoffliche Reinheit sind jedoch ebenso wie eine Trennung der verschiedenen Glasarten (Verpackungsglas/Flachglas) dringende Voraussetzungen hierfür. Rücknahmesysteme für gebrauchtes Glas können eine saubere und mengenmäßig ausreichende Erfassung sehr unterstützen. In Deutschland liegen die Kosten für die Erfassung von Altglas und dessen Bereitstellung zum Recycling in der Glasindustrie in etwa in einem Bereich von 50 bis 100 Euro pro Mg.



(Bildquelle: DSD AG)

Verpackungsabfälle

Leichtgewichtige Verpackungsmaterialien die in Haushaltungen anfallen werden üblicherweise in gemischter Form gesammelt und in Säcken (↗ siehe Datenblatt "Abfallsäcke", Datenblatt No. [WC/C-05 BAG](#)) oder Depotcontainersystemen (↗ siehe Datenblatt "Depotcontainer", Datenblatt No. [WC/C-04 DEC](#)) zur Abfuhr bereitgestellt. Die getrennte Sammlung von metallischen Verpackungsmaterialien wird nur in Ausnahmefällen praktiziert. Je nach Marktlage und Verfügbarkeit von Sortiereinrichtungen erfolgt die Trennung des Materialgemisches in folgende Fraktionen:

Weißblech	Aluminium	Getränkkartons (Tetrapacks)	Verbunde von Papier und Pappen	bunte Plastefolien	weiße Folien
andere Folien	Kunststoffhohlkörper	großdimensionierte Kunststoffprodukte	Mischkunststoffe	andere Metalle	andere Stoffe inkl. nicht verwertbare Mater.

Die angewandten Sortiertechnologien können sehr verschieden sein (Deutschland betreibt z.B. über 2000 Anlagen zur Abfallsortierung). Einerseits können sehr einfache Prozesskonfigurationen bei denen u.a. auch ein hoher Anteil an manueller Sortierarbeit anfällt, genutzt werden. Der Stand der Sortiertechnik wird jedoch zunehmend von einer höheren Automatisierung geprägt, so nutzen fast Dreiviertel aller in Deutschland laufenden Sortieranlagen Nahinfrarottechnik (NIR) für die automatische Materialerkennung bei der Sortierung. Diese Technology ermöglicht es zum Beispiel verschiedene Kunststoffarten anhand der Polymerstrukturen automatisch zu unterscheiden und dementsprechende Trennschritte folgen zu lassen. Auf Grundlage dieser Technik kann derzeit bereits die Trennung von PE, PP, PET und PS durchgeführt werden. Ebenfalls mit NIR möglich ist die farbliche Glassortierung. NIR Module sind mittels des Infrarotlichtes in der Lage die Position der verschiedenen Materialsorten auf dem Sortierband zu erkennen. Diese Daten werden an eine Verarbeitungseinheit gegeben welche dann die Ausschleusung der verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen des Sortierbandes z.B. durch Ausblasdüsen oder Schieber steuert. Als eine der umfassendsten Sortieranlagen die mit dieser Technology arbeitet gilt die sogenannte "Sortec"-Anlage in Hannover/Deutschland. ↗ siehe Datenblatt "Verpackungsaufbereitung und -sortierung", Datenblatt No. [WT/R-03_PWP](#))

Rücknahmesysteme die z.B. über Lizenzentgelte auf in Verkehr gebrachte Verpackungsmaterialien finanziert werden (Bsp. deutsches System "Der grüne Punkt") haben sich als effektive Ausgangspunkte für eine getrennte Erfassung, Sortierung und Verwertung von Verpackungstoffen erwiesen. Dies gilt insbesondere dort, wo durch eine Getrenntsammlung verschiedener Verpackungen an der Anfallstelle der nachträgliche technische Sortieraufwand gering gehalten werden kann bzw. aus Finanzierungsgründen gering gehalten werden muss. Inzwischen ist die automatische Sortiertechnik jedoch soweit fortgeschritten, dass selbst auch bei fehlender vorheriger Getrenntsammlung durch die Haushalte der Verpackungsmix durch automatisierte Vorgänge soweit getrennt werden kann, das ausreichend verwertbare Fraktionen im Sinne der Verwertungsziele generiert werden können. Bei ausgewählten Abfallstoffen wie bspw. Altpapier würde dieses Vorgehen allerdings auch einen deutlichen Verlust an Qualität dieser Stoffe bedeuten oder aber eine Eignung für das Recycling teilweise sogar ausschließen.

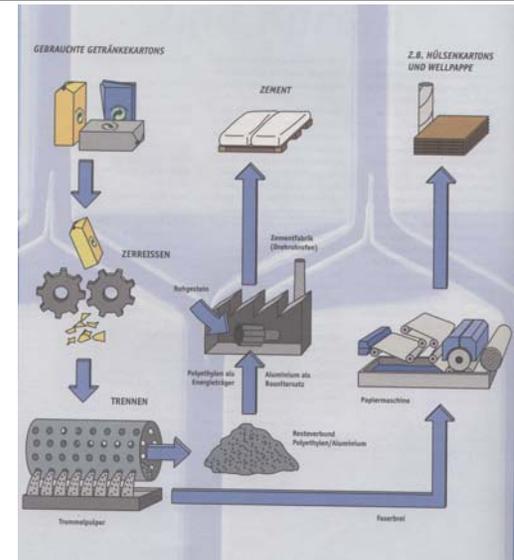
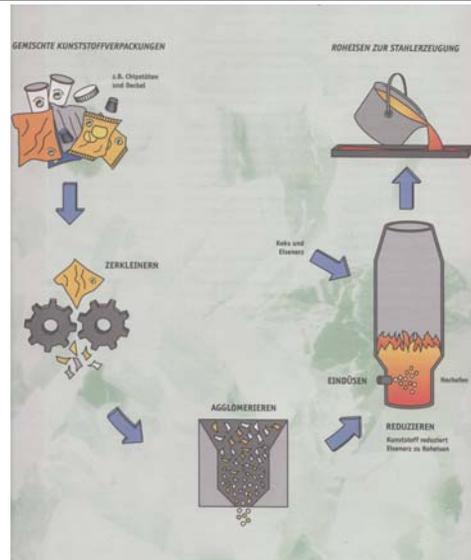
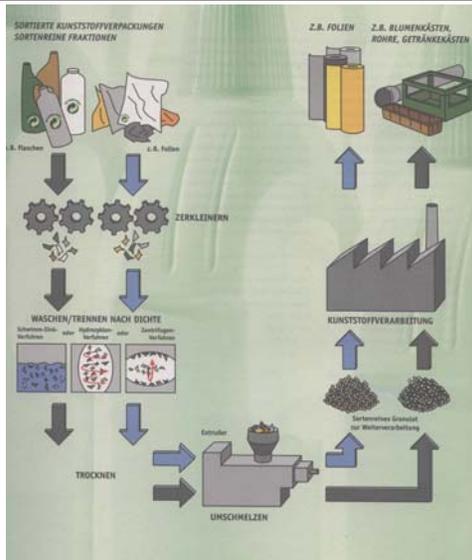
Kunststoff

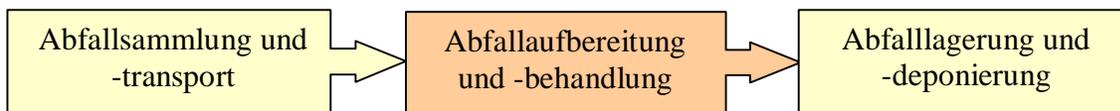
Die aus dem Abfallstrom gewonnenen Kunststoffe können und werden zu einem Großteil direkt für den stofflichen Wiedereinsatz in der Kunststoffindustrie aufbereitet (in Deutschland waren dies in 2001 etwa 37% der Erfassungsmenge). Es kann auch die rohstoffliche Nutzung als Zuschlagstoff oder Reduktionsmittel (in D 8%) oder die energetische Verwertung (in D 14%) erfolgen. Sortenreine Kunststoffe finden nahezu vollständig Absatz als Recyclate in der Herstellung neuer Kunststoffprodukte (in D 52% in 2002) oder als Zuschlagsstoff. (in D 48% in 2002). Die Bereitstellung der Kunststoffe für die Industrie einschließlich der gesamten Erfassungskette verursacht Kosten im Größenordnungsbereich von ca. 200 EUR per t. Für den direkten Wiedereinsatz müssen die Kunststoffe gesäubert, eingeschmolzen und zu Regranulaten aufbereitet werden. Ein Möglichkeit um alte, verbrauchte Kunststoffflaschen zur Produktion neuer Kunststoffflaschen zu nutzen ist der URRC-Prozess. Folienherst., Rohrproduzenten und die Hochofenind. sind ebenfalls potenzielle Nutzer solcher Regranulate. Bei der rohstofflichen Nutzung erfolgt die Rückaufspaltung des Kunststoffes in Rohöl und Rohgas die dann eine weitere Verwendung finden. Speziell für gemischte Kunststofffraktionen kann von dieser Art des Herangehens Gebrauch gemacht werden. Ein Beispiel ist die Methanolproduktion über die Pyrolyse von gemischtem Kunststoff. Für die energetische Nutzung kommen Zementwerke und die Stahlindustrie in Frage. Als Zuschlagstoff mit in den Verbrennungsprozess gegeben, dienen die Kunststoffe einerseits als zusätzlicher Brennstoff, teilweise wirken sie auch als Reduktionsmittel oder Katalysator.

Getränkkartons (TetraPaks)

Auch Getränkekartons bilden für das Recycling einen geeigneten Ausgangsstoff. Dazu müssen die Kartons erst zerkleinert und dann in einem Pulper aufgelöst werden. Durch den Quellungsprozess lösen sich dabei die Papierfasern auch von der PE- und Aluminiumfolie in den Kartons. Der Faserbrei wird gereinigt und ist danach zur Papierherstellung wieder einsetzbar.

Die so gewonnenen Sekundärfasern sind für hochwertige Produktgruppen gut geeignet, es können sowohl Kartonage- und Pappartikel als auch Kraftpapiere, Haushalts- und Hygienepapiere daraus hergestellt werden. Das ebenfalls gewonnen Polyethylene und Aluminium bilden erneut Ausgangsstoffe bei der Kunststoff- bzw. Aluminiumproduktion. Das Aluminium kann ferner als Bauxitersatz in der Zementproduktion Verwendung finden wobei es den Kalzinierungsprozess unterstützt.





Eine Art von Recyclingprozess, der nämlich auf die Nutzung des getrennt gesammelten biologischen Abfalls zur Erzeugung von Humus abzielt, ist die **Kompostierung** [WTR-05 COM]. Kompostierungsprozesse können allerdings auch in der biologischen Stufe einer mechanisch-biologischen Behandlung gemischter Haushaltsabfälle zur Anwendung kommen. Hier haben sie die Aufgabe die biologisch aktiven Bestandteile des Abfallgemisches soweit abzubauen, dass ein stabilisiertes, ablagerungsfähiges Material entsteht. Zur Kompostierung lassen sich sehr einfache Prozesskonfigurationen wie die der Kompostierung in offenen Mieten nutzen, gleichwohl gibt es auch technisch sehr fortentwickelte und insbesondere durch geschlossenen Kompostierbehälter beschleunigte Verfahren. Um einen Kompost zu erzeugen welcher die heute weithin anerkannten und geforderten Kriterien in Bezug auf Qualität und Umweltsicherheit bei der landwirtschaftlichen Verwendung einhält, ist eine Getrenntsammlung biologischer Abfälle von allen anderen Abfallstoffen –auch als getrennte Bioabfallsammlung bekannt– unabdingbar. Warum diese besondere Forderung erhoben werden muss, verdeutlichen u.a. die Daten der nachfolgenden Tabellendarstellungen. Demnach können Abfallkomposte mit der erforderlichen Güte und Umweltsicherheit nur mit Inputmengen aus der Bioabfallsammlung, nicht jedoch aus gemischten Abfällen zuverlässig erzeugt werden.

Tab. 1: Mittlere Schwermetallkonzentrationen in verschiedenen Kompostierungsschemen

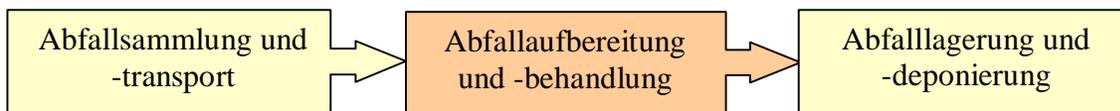
Schwermetall	Kompost aus getrennt erfasstem Bioabfall Bsp. für Europa/Nordamerika	Kompost aus gemischt erfassten Haushaltsabfällen Bsp. für die Niederlande	Empfohlener Standard für Ent- wicklungsländer
Arsen	0	0	10
Cadmium	1.2	7.3	3
Chrom	27	164.0	50
Kupfer	15	608.0	80
Blei	86	835.0	150
Quecksilber	0.9	2.9	1
Nickel	17.0	173.0	50
Zink	287.0	1567.0	300

Tab. 2: Globale Standards für Kompostprodukte aus Abfällen (zum Stand April 1996)

Land	As	Cd	Cr (mg/kg Trockensubstanz)	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
USA (S)	41	39	1200	1500	300	17	420	2800
Kanada (MO)	13	2.6	210	128	83	0.83	32	315
<i>Ontario (SSMO)</i>	10	3	50	60	150	0.15	60	500
Österreich (MO)	--	4	150	400	500	4	100	1000
Belgien (SSMO)	--	1	70	90	120	0.7	20	280
Dänemark	--	1.2	--	--	120	1.2	45	--
Frankreich (MO)	--	8	--	--	800	8	200	--
Deutschland*	--	1.5	100	100	150	1	50	400
Schweiz	--	3	150	150	150	3	50	--
Spanien	--	40	750	1750	1200	25	400	4000

(S) bezieht sich auf Klärschlamm, (MO) auf gemischte organische Abfälle, (SSMO) auf getrennt gesammelte Bioabfälle, Source Figure tab 7/8: World Bank, 1997

* Richtlinie der Bundesgütegemeinschaft Kompost



Das Erreichen und die Einhaltung der erforderlichen Güte und Umweltsicherheit kann durch die Festlegung von Qualitätsstandards und die Einführung eines Überwachungs- und Zertifizierungssystems erheblich unterstützt werden. Die Implementierung derartiger Mechanismen ist eine in Deutschland und anderen Ländern der Welt gängige Praxis.

Als besonders bekanntes und in vielen Fällen zum Vorbild gewordenes System gilt das deutsche Gütesicherungs- und Überwachungsverfahren nach RAL. Einen kurzen Überblick wie dieses System speziell im Bereich der Kompostierung umgesetzt ist, geben nachfolgende Informationsboxen.

Im Jahr 1991 wurden in Deutschland ein Qualitätsstandard, ein Qualitäts- bzw. Gütekennzeichen und das RAL Qualitätsmonitoring zur Gütesicherung von Kompostprodukten aus getrennt gesammeltem Bioabfall aus Haushaltungen und dem Garten- und Landschaftsbau eingeführt. Als Prüf- und Vergabestelle für das Gütekennzeichen fungiert die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK). Die Bundesgütegemeinschaft ist seitens des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL) als Organisation die sich mit dem Monitoring und der Kontrolle von Qualitätskomposten in Deutschland beschäftigt offiziell anerkannt. Im Jahr 2000 wurde auch ein analoger Gütesicherungsmechanismus für Gärprodukte eingeführt. Im November 2007 haben sich die Mitglieder der Bundesgütegemeinschaft Kompost zusätzlich auf verbindliche Standards zur Prozessqualität ihrer Produktionsanlagen geeinigt. Damit werden die bekannten Anforderungen an die Qualität von Komposten und Gärprodukten um Standards für den Anlagenbetrieb ergänzt. Das RAL Gütezeichen steht nunmehr nicht allein für eine hohe Qualität der Produkte, sondern auch für eine gute fachliche Praxis des Anlagenbetriebs.

Gütesicherungssystem für Biokomposte RAL- GZ 251

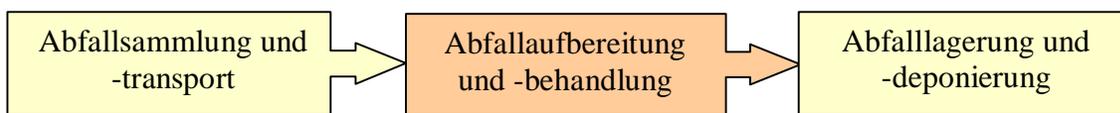
Der Standard RAL-GZ 251 umfasst die Regelungen der BGK bezüglich der Qualitätskriterien und ihrer Gewährleistung für Kompostprodukte. Es handelt sich hierbei um eine freiwillige Selbstverpflichtung der Kompostierwerke zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen, umweltfreundlichen Kompostierung. Viele der in der RAL-GZ 251 verankerten Grundprinzipien finden sich auch an anderer Stelle in der deutschen Rechtssprechung und Regulierungssituation für biogenen Abfallstoffe wieder (z.B. Bioabfallverordnung - BioAbfV).

Gütesicherungssystem für Gärprodukte RAL- GZ 256/1

Seit dem August 2000 wurden mit dem Standard RAL-GZ 256/1 die Regularien der BGK auch im Hinblick auf die Qualität und Gütesicherung von festen und flüssigen Gärprodukten festgeschrieben. Es handelt sich dabei ebenfalls um eine freiwillige Selbstverpflichtung der vergärenden Industrie.

Mit den genannten Qualitäts- und Gütesicherungssystemen obliegen den Kompostierwerken und Vergärungsanlagen eine Reihe von Pflichten in Bezug auf die regelmäßige Produktanalyse und ihre Verifizierung durch unabhängige Dritte. Die Aktivitäten und Feststellungen der BGK werden seitens der Entscheidungsträger offiziell anerkannt. Auch die Gesetzgebung billigt den Bioabfällen welche einem ständigen Monitoring durch unabhängige externe Instanzen unterliegenden bereits den Status eines "wahrscheinlichen Produktes" und nicht mehr nur den von Abfall zu. Nach neuesten Initiativen auf der Ebene der gesamten EU steht die endgültige Anerkennung des Status als Produkt in unmittelbarer Aussicht. Firmen die in der Bundesgütegemeinschaft Kompost Mitglieder sind und sich den entsprechenden Pflichten zur freiwilligen Selbstkontrolle unterordnen sind in erheblichem Umfang von intensiveren Kontrollmaßnahmen staatlicher Behörden und Organe befreit (statt 24 Kontrollbeprobungen im Jahr nur max. 12) und haben geringere Auflagen was die Berichterstattung an diese Stellen betrifft.

[Quelle: European Compost network]



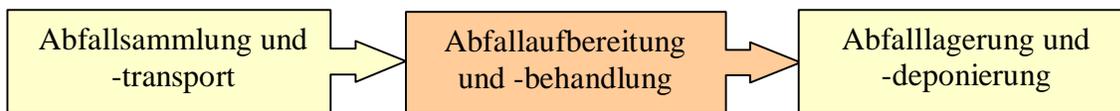
1.3 Abfallbehandlung und Abfallvorbehandlung zur sicheren Deponierung

Die *Abfallbehandlung* ist ein weiterer notwendiger Schritt um eine maximale Wertstoffrückgewinnung zu erreichen und die Zielstellung, Abfallwirtschaft nachhaltig und umweltverträglich zu gestalten, realisieren zu können. Maßnahmen zur Abfallbehandlung sollten grundsätzlich darauf ausgerichtet sein, die verwertbaren Bestandteile im erzeugten Abfall aus dem zur Ablagerung vorgesehenen, nicht nutzbaren Stoffstrom abzutrennen und so aufzubereiten, dass der höchstmögliche Nutzen aus deren rohstofflichen bzw. energetischen Eigenschaften gezogen werden kann. Weitere Ziele der Abfallbehandlung sind, dem abzulagernden Reststoffstrom potenziell gefährliche Stoffe zu entziehen und diese unschädlich zu machen oder wenigstens zu isolieren, das Volumen des Reststoffstromes zu verringern und ihn soweit zu stabilisieren, dass die Umweltwirkungen während der Deponierung auf ein Minimum reduziert werden. Bei Maßnahmen zur Umsetzung der letztgenannten Zielstellung spricht man auch von einer *Abfallvorbehandlung zur sicheren Deponierung*.

Auch die Durchführung einer Abfallvorbehandlung kann mit einer Wertstoffrückgewinnung sowie der Nutzung des Energiegehaltes der jeweiligen Abfälle einher gehen. Abfallbehandlungsmaßnahmen sind integrierte Schritte eines umfassenden Abfallmanagementsystems können aber auch als eigenständige Prozesse in Kombination mit anderen abfallwirtschaftlichen Aktivitäten verstanden und durchgeführt werden.

Bereits im vorangegangenen Kapitel angesprochen ist die Kompostierung als mögliche Maßnahme zur Abfallbehandlung. Behandlungsvorgänge die auf dem Prinzip der anaeroben Vergärung bzw. Fermentation beruhen sind als ein komplementäres Element zur Kompostierung anzusehen, haben aber den Vorteil, dass dabei Biogas zur Energieerzeugung produziert wird und die Umsetzung in der Regel einen geringeren Platzbedarf und weniger Einschränkungen in Bezug auf das Inputmaterial erfordert. Die ***anaerobe Vergärung*** [[↗ WT/R-06](#)] kann folglich als eigenständiger Prozess für die Behandlung biologischer, hierbei wiederum möglichst getrennt gesammelter Abfälle angewandt werden, sie kann allerdings auch integrativer Bestandteil einer mechanisch-biologischen Behandlung für gemischte Restabfälle sein.

Die ***mechanisch-biologische Restabfallbehandlung*** [[↗ WT/S-01](#)] hat sich insbesondere erst in den vergangenen Jahren als eine Behandlungsmethode etablieren können mit der es neben oder aber alternativ zur Abfallverbrennung möglich ist, den Abfallstrom zur Ablagerung volumenmäßig deutlich zu reduzieren und insbesondere die biologisch reaktiven Substanzen in diesem Abfallstrom zu minimieren. Diese Technologie vereint in mehreren Prozessstufen die Rückgewinnung von Stoffen für das Recycling sowie eine energetische Nutzung und/oder die Stabilisierung der biologisch abbaubaren Fraktion vor deren Deponierung.



Mechanisch-biologische Abfallbehandlung bildet einen Überbegriff für alle Konzepte bei denen Abfälle durch eine Kombination von mechanischen und biologischen Prozessen behandelt werden, einschließlich der Vorgänge bei denen die Prozessreihenfolge umgekehrt ist. Die Hauptunterscheidungsmerkmale der verschiedenen Konzeptionen liegen daher auch bei der Anordnung der wesentlichsten Prozessschritte und in der Zielstellung des biologischen Behandlungsschrittes. Die Anordnung der wesentlichen Prozessschritte richtet sich entweder an einem “Splitting”-Konzept oder aber dem Ansatz der “Stabilisierung” aus.

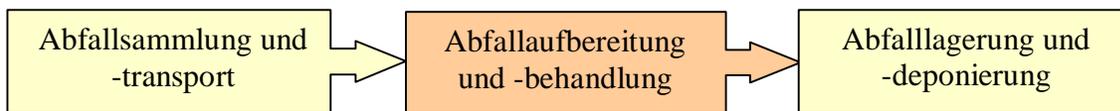
Bei der Variante des “Splitting” erfolgt zuerst die mechanische Auftrennung des Gesamtinputstromes in verschiedenartig verwertbare, gegebenenfalls energetisch nutzbare bzw. biologisch weiterzubehandelnde Fraktionen. Für den biologischen Behandlungsschritt kommen Rotte- bzw. Vergärungsverfahren in Frage bzw. die Kombination einzelner Elemente beider Verfahrenswege. Bei Einsatz der Methode der anaeroben Vergärung als biologischen Behandlungsschritt liegt ein Hauptaugenmerk der Prozesskonfiguration bei der optimierten Biogasproduktion. Bei Anwendung von Rotteverfahren auf den gemischten Restabfall steht die Herbeiführung eines biologisch stabilisierten bzw. schadstoffentfrachteten und energetisch verwertbaren Materials im Vordergrund.

Beim Ansatz der “Stabilisierung” wird der Abfall in seiner Gesamtheit einer biologischen Behandlung unterzogen. Ziel ist eine biologische Trocknung und weitestgehende Hygienisierung des Abfalls bevor im Anschluss nicht brennbare Bestandteile mechanisch abgetrennt werden. Der verbleibende Materialstrom kann in entsprechenden Verbrennungsanlagen als sogenannter Ersatzbrennstoff zur Energieerzeugung eingesetzt werden.

Für ausgewählte Abfallarten (insbesondere für Schlämme aber auch gemischte Haushaltsabfälle) kann die Trockenstabilisierung und zur Nutzung als Ersatzbrennstoff notwendige Heizwerterhöhung auch auf dem Wege eines physikalischen Trocknungsprozesses herbeigeführt werden. Die *solare Abfalltrocknung* [\[↗ WT/S-02\]](#) spielt an dieser Stelle eine zunehmend bedeutende Rolle.

Mechanisch-biologische Abfallbehandlung bildet keine Methode zur finalen Entsorgung von Abfällen da auf den daraus hervorgehenden Behandlungsrest weitere Maßnahmen in Form einer geordneten Ablagerung oder Verbrennung anzuwenden sind. Welche dieser beiden Maßnahmen in Anspruch genommen werden soll, muss allerdings bereits feststehen bevor es zur Errichtung bzw. Nutzung einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung kommt.

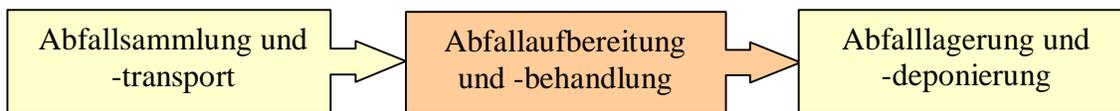
Die *Abfallverbrennung* oder auch energetische Verwertung von Abfällen ist als ein wesentlicher Baustein zur Umsetzung einer modernen, integrierten Abfallwirtschaftsstrategie weithin anerkannt. Obgleich thermische Verwertungsverfahren basierend auf



Pyrolysekonzepten bzw. der Abfallvergasung schon als die “besseren” Ansätze gehandelt wurden bildet die Abfallverbrennung mit Energiegewinnung und Wärmeauskopplung nach wie vor die zuverlässigste und effektivste Methode um nicht anderweitig verwertbare Abfälle sicher und nutzbringend zu entsorgen.

Konventionelle Verbrennungstechniken wie die Rostverbrennung [\[↗ WT/I-02\]](#) und die Wirbelschichtverbrennung [\[↗ WT/I-03\]](#) befinden sich ebenfalls in einem Prozess der ständigen Verbesserung was Sicherheit und Effizienzgrade betrifft. Sie sind zudem mit der entsprechenden Reinigungstechnologie und Nachsorge auch für ein sehr breites Spektrum von Abfallstoffen einschließlich solcher mit hohen Schadstoffkonzentrationen geeignet und haben sich hierfür weltweit als zuverlässig erwiesen und bewährt. Eine etwas neuere Entwicklung mit großen Zukunftsaussichten stellt die Nutzung von Abfällen als Ersatzbrennstoff (EBS) oder Brennstoffsubstitut bei der industriellen Energieerzeugung dar. Dieser Ansatz steht für eine Mitverbrennung speziell vorbehandelter (von anderen Abfallstoffen abgetrennter) und aufbereiteter hochkalorischer Abfallstoffe in industriellen Feuerungsanlagen (Zementöfen bzw. Kalzinatoren, Ofenanlagen der Papierindustrie) oder deren Einsatz in bereits darauf spezialisierten Kraftwerken in Form einer Monoverbrennung [\[↗ WT/I-01\]](#).

Alle thermischen Behandlungsprozesse müssen sich bereits heute und mehr noch in der Zukunft zunehmend strikteren Regularien und Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung und Kontrolle potenziell toxisch und anderweitig umweltrelevant wirkender Emissionen unterordnen. Diese Festlegungen bzw. Eingriffe haben einen erheblichen Einfluss auf den Kapitalbedarf sowie die Betriebskosten von Abfallverbrennungsanlagen. Welche Emissionen letztlich entstehen und behandelt bzw. kontrolliert werden müssen, hängt sehr stark von der Zusammensetzung der Abfälle und dem zu ihrer Verbrennung angewandten Prozess ab. Deutliche Unterschiede ergeben sich z.B. zwischen Pyrolyse und klassischer Abfallverbrennung, wobei für die erstgenannte Verfahrensvariante der Nachweis einer dauerhaften Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit noch zu erbringen ist. In jedem Falle muss bei der Anwendung und Fortentwicklung thermischer Verwertungswege die Emissionsminderung ein zentrales Augenmerk sein. Technologien zur Rauchgasreinigung [\[↗ WT/I-04\]](#) spielen dabei eine außerordentlich wichtige Rolle.



Hinweis: Detaillierte Beschreibungen der im Text angesprochenen Technologien und Ausrüstungen sind in den nachfolgend aufgelisteten Datenblättern enthalten.

Datenblattübersicht		
Best Practice Municipal Solid Waste		
<i>Informationsteil: Aufbereitung und Behandlung von Siedlungsabfällen</i>		
Teilabschnitt	Datenblatttitel	Datenblatt Nr.
Aufbereitung/Wertstoffgewinnung	-Altpapiersortierung und -aufbereitung -Altglassortierung und -aufbereitung -Verpackungssortierung und -aufbereitung -Sperrmüllaufbereitung -Kompostierung -Anaerobe Vergärung	WT/R-01_WPS WT/R-02_WGP WT/R-03_PWP WT/R-04_BWS WT/R-05_COM WT/R-06_ADI
Stabilisierung/ Abfallvorbehandlung	-Mechanisch-biologische Abfallbehandlung -Solare Abfalltrocknung	WT/S-01_MBT WT/S-02_SOD
Verbrennung	-Industrielle (Mit-)Verbrennung -Rostverbrennung -Wirbelschichtverbrennung -Rauchgasreinigung	WT/I-01_ICC WT/I-02_GCO WT/I-03_FBC WT/I-04_FGC