

Moderne Abfallbehandlung – die MBA Kahlenberg

Michael Merten, Dr. Georg Person, Matthias Schreiber

Rückblick

Der Umgang mit Abfällen hat sich in Deutschland in den letzten Jahrzehnten grundlegend gewandelt. Wir sind heute weitgehend davon abgekommen, mit unserem Müll die Umwelt zu gefährden und die Landschaft achtlos zu verschandeln. Mit diesem Wandel haben die Abfallwirtschaft und die Abfallbehandlung radikale Umbrüche erfahren. Bis Anfang der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts wurde der größte Teil des Mülls noch durch so genannte ungeordnete Ablagerungen beseitigt. Auch im Verbandsgebiet des Zweckverbandes Abfallbeseitigung Kahlenberg hatte damals nahezu jede größere Gemeinde ihre eigene „wilde Müllkippe“.

Als 1972 das erste deutsche Abfallbeseitigungsgesetzes (AbfG) in Kraft trat, begann das Zeitalter der „geordneten“ Deponien. Dort wurde der Müll unter festgelegten technischen Vorgaben eingelagert. Dies war auch die Geburtsstunde der Deponie Kahlenberg und das Ende der zahlreichen kleinen „Schindergruben“ in den Landkreisen Emmendingen und Lahr (heute Ortenaukreis), die damals den Zweckverband Abfallbeseitigung Kahlenberg¹ (ZAK) gründeten.

Im Jahre 1993 gab die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) eine neue Marschrichtung vor: Zu-

künftig sollten nur noch vorbehandelte Abfälle abgelagert werden, um die Umweltbelastungen durch den Müll zu vermindern. Aus entsprechend vorbehandelten Abfällen entstehen weder die ökologisch unerwünschten Sickerwässer, noch

werden unkontrolliert Klima gefährdende Gase freigesetzt. Um sich auf eine geeignete Vorbehandlungstechnik umzustellen und ihre Konzepte neu auszurichten, hatten die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zwölf Jahre Zeit.

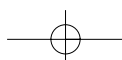


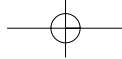
So wurde bis Anfang der 70er-Jahre in nahezu allen Gemeinden Müll entsorgt: Wilde Müllkippe bei Denzlingen (1973)



Bis zum Jahre 2005 wurden nicht vorbehandelte Abfälle auf der Deponie Kahlenberg mit schweren Maschinen eingebaut.

¹ mittlerweile umbenannt in Zweckverband Abfallbehandlung Kahlenberg.





66 Moderne Abfallbehandlung · Rückblick

Die Anforderungen, die die TASI an die Abfallvorbehandlung stellte, schienen zum damaligen Zeitpunkt nur durch Müllverbrennung umsetzbar zu sein. Diese Technik stieß jedoch bei vielen Bürgern auf Skepsis. Die öffentliche Kritik erschwerte oder verhinderte es häufig, dass neue Müllverbrennungsanlagen gebaut werden konnten. Gab es zu diesem Verfahren überhaupt Alternativen?

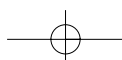
Der ZAK beschäftigte sich schon in den frühen neunziger Jahren mit dem Gedanken, die Hausabfälle auf

andere Weise vorzubehandeln. Man wollte die Möglichkeit prüfen, der Müllverbrennungsanlage als einzigem TASI-gerechtem Verfahren ein alternatives Konzept zur Seite zu stellen. Die leitende Idee dabei war, aus Hausabfällen nutzbare Bestandteile abzutrennen und dabei zusätzlich Energie zu gewinnen. Dazu sollten eine Reihe mechanischer und biologischer Verfahrensschritte geschickt kombiniert werden. Abzulagern wären dann nur die unverwertbaren Reste, die die Anforderungen der TASI für eine um-

weltschonende Deponierung erfüllen. Aus einer Vielzahl von Besichtigungen, Gesprächen und vor allem praktischen Versuchen, die in den neunziger Jahren vorwiegend auf der Deponie Kahlenberg durchgeführt wurden, entstand ein solches Konzept. Am Schluss dieser mehrjährigen Entwicklungsarbeit wurde eine moderne Abfallbehandlungsanlage vorgeplant, deren Konzept einen eigenen Namen erhalten sollte – das „ZAK-Verfahren“ – und das mittlerweile europaweit patentiert ist.



Die ersten Perkolationsversuche auf dem Kahlenberg fanden 1997 statt. Der Durchsatz dieser Anlage in Containerbauweise betrug 1 Tonne pro Tag.



Das Konzept des ZAK-Verfahrens

Im Jahr 1996 wurden auf der Deponie Kahlenberg umfangreiche Versuche zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung begonnen. Ziel dieser Tests war es, ein Verfahrenskonzept für Hausabfälle aus der grauen Restmüll-Tonne zu entwickeln: sie sollten so behandelt werden, dass ein möglichst großer Anteil davon verwertet werden konnte. Selbstverständlich musste dieses Verfahren auch ökonomischen und ökologischen Ansprüchen genügen.

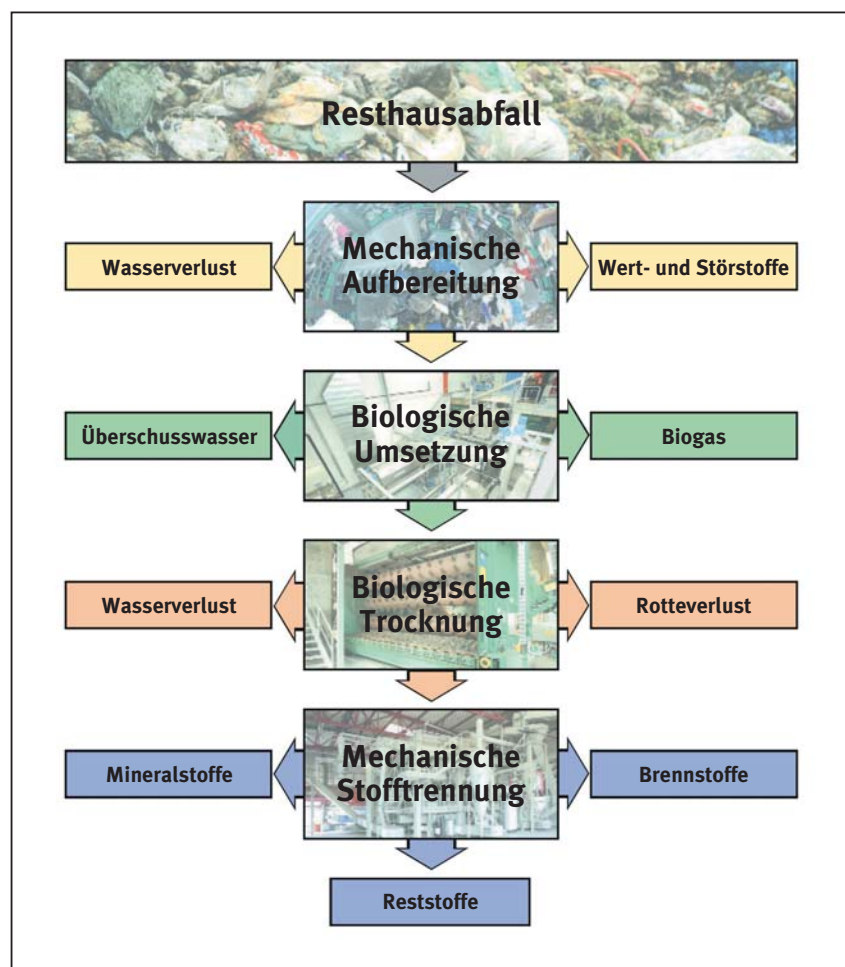
Die hohe Verwertungsrate wollte man erreichen, indem man aus den Abfällen stofflich oder als Energiequelle nutzbare Materialien zurückgewann. Zu den stofflich verwertbaren Fraktionen zählen sekundäre Rohstoffe, wie beispielsweise Metalle oder mineralisches Material. Als Energieträger können aus Abfällen Biogas und heizwertreiche Brennstofffraktionen erzeugt werden.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten waren drei Ziele besonders wichtig: die Abfallmenge sollte durch biologischen Abbau und anschließenden Wasserentzug vermindert werden. Die nicht weiter verwertbaren und teuer zu entsorgenden Reste sollten möglichst gering bleiben. Die neue Anlage sollte in bereits bestehende Einrichtungen integriert werden.

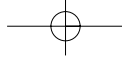
Zum Schutz der Umwelt sollten alle verfahrenstechnischen Bestandteile wie Maschinen, Förderer und Be-

hälter vollständig geschlossen und an eine wirkungsvolle Abluftbehandlung angeschlossen werden. Überschüssige Abwässer sollten in einer leistungsfähigen Abwasserreinigungsanlage sorgfältig behandelt und schadlos abgeleitet werden können. Die abgetrennten und nicht

mehr verwertbaren mineralischen Anteile aus dem behandelten Hausmüll mussten den neuesten Ablagevorschriften genügen, damit nach ihrer Einlagerung weder durch Schadstoffe belastetes Sickerwasser noch Klima gefährdendes Deponiegas entstehen konnten.



Verfahrensstufen und Stoffströme im ZAK-Verfahren



68 Moderne Abfallbehandlung · Verfahrensstufen und Stoffströme im ZAK-Verfahren

Um dieses Konzept verfahrenstechnisch umzusetzen, wurde ein vierstufiger Anlagenaufbau entwickelt. In diesen aufeinander abgestimmten Verfahrensschritten werden Hausabfälle aus der Restmüll-Tonne mechanisch und biologisch aufbereitet und behandelt:

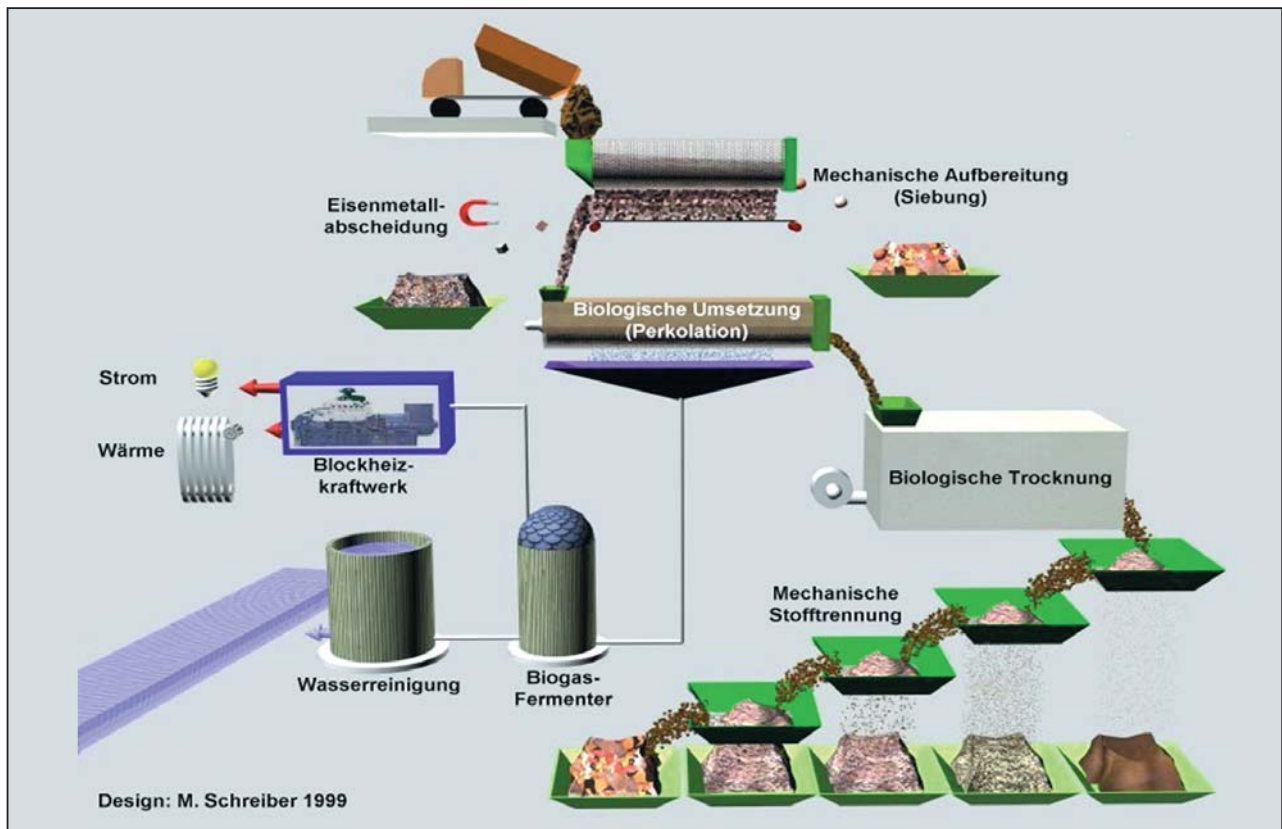
1. Mechanische Aufbereitung
2. Biologische Umsetzung
– Perkolat und Vergärung –

3. Biologische Trocknung
4. Mechanische Stofftrennung

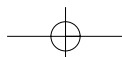
In der ersten Verfahrensstufe, der *Mechanischen Aufbereitung*, wird der angelieferte Abfall möglichst vollständig in biologisch behandelbare, in als sekundäre Rohstoffe und energetisch verwertbare Bestandteile sortiert. Hier werden Metalle und grobkörnige Kunst-

stoffe abgetrennt und Störstoffe entfernt, die die Produktqualität mindern oder in den nachfolgenden Anlagenteilen Schäden verursachen könnten.

Aus dieser Verfahrensstufe gelangen etwa 90 Prozent des Abfallgewichts zur anschließenden biologischen Behandlungsstufe der Anlage. Dieser hohe Gewichtsanteil entspricht



Schematische Darstellung der vier Verfahrensstufen des ZAK-Verfahrens:
Mechanische Aufbereitung, Biologische Umsetzung, Biologische Trocknung und Mechanische Stofftrennung



nahezu dem gesamten Inhalt an organischen Stoffen aus dem Resthausabfall.

Zur *Biologischen Umsetzung* des aufbereiteten Abfalls wird eine neu entwickelte Verfahrenskombination genutzt. Sie besteht im Wesentlichen aus dem Perkolator, dem Biogas-Fermenter und der Abwasserreinigung. In dieser Stufe wird ein Teil des Hausmülls biologisch abgebaut. Daraus entsteht Biogas, aus dem umweltfreundlich Strom und Wärme erzeugt wird, und die Abfallmenge wird vermindert. Die verbleibenden Feststoffe können gut weiter behandelt oder getrocknet werden.

In der dritten Verfahrensstufe, der *Biologischen Trocknung* werden die Abfallreste aus der zweiten Stufe in einem der Kompostierung ähnlichen Verfahren getrocknet. Dadurch nimmt die Abfallmenge weiter ab. Das getrocknete Material ist dann für die nachfolgende Stufe, die Mechanische Stofftrennung, ideal vorbereitet.

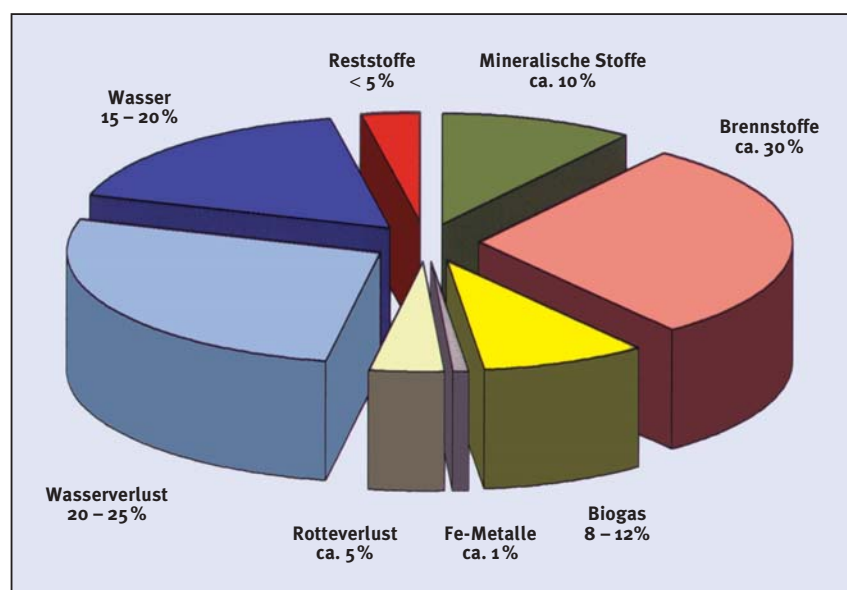
In der *Mechanischen Stofftrennung* werden Materialien mit hohem Heizwert von nicht-brennbaren, reaktionsträgen Anteilen wie Sand und stofflich verwertbaren Abfallbestandteilen getrennt. Nicht weiter nutzbare Reststoffe werden hier auf eine kleine Menge verringert.

Die heizwertreichen Stoffe können als so genannte „Sekundärbrennstoffe“ oder „Ersatzbrennstoffe“ in dafür geeigneten Kraftwerken teilweise die primären fossilen Energie-

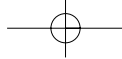
träger Kohle und Erdöl ersetzen. In den Sekundärbrennstoffen sind auch Bestandteile aus nachwachsenden Energieträgern enthalten. Nachwachsende statt fossiler Energieträger zur Energiegewinnung einzusetzen, ermöglicht ebenfalls einen Beitrag zum Klimaschutz: aus ihnen wird beim Verbrennen nicht mehr Kohlendioxid frei, als sie zuvor beim Wachsen aus der Atmosphäre aufgenommen haben.

In den Jahren 1996-2000 wurde eine Vielzahl von Versuchen mit Hausabfällen auf der Deponie Kahlenberg durchgeführt. Diese Pilotversuche wurden zur Grundlage für das Abfallbehandlungskonzept nach dem „ZAK-Verfahren“. Die Versuchs-

ergebnisse sind im folgenden Diagramm dargestellt. Es zeigt, in welchem Umfang der Hausmüll bei der mechanisch-biologischen Behandlung nach dem ZAK-Verfahren verringert und verwertet werden kann: Aus 100 Tonnen Abfall verbleiben am Ende der Behandlung noch etwa 50 Tonnen Feststoffe, die zum größten Teil als Brennstoffe oder als Sekundärrohstoffe verwertbar sind. Etwa zehn Prozent können als mineralische Abfälle auch künftig gefahrlos abgelagert werden. Die Reststoffe, die in der Müllverbrennungsanlage entsorgt werden müssen, machen weniger als ein Zwanzigstel der angelieferten Müllmenge aus.



Das Diagramm zeigt, welche anteiligen Mengen an Produkten entstehen, wenn 100% Resthausmüll nach dem ZAK-Verfahren behandelt wird.



70 Moderne Abfallbehandlung • Die Demonstrationsanlage nach dem ZAK-Verfahren

Die Demonstrationsanlage nach dem ZAK-Verfahren

Nach der gelungenen Pilotphase im halbtechnischen Maßstab wurden im Jahre 2000 auf der Deponie Kahlenberg die ersten beiden Stufen – die Mechanische Aufbereitung und die Biologische Umsetzung – einer großtechnischen Versuchsanlage errichtet. Diese nach dem ZAK-Verfahren arbeitende Demonstrationsanlage diente als Zwischenschritt zu der bereits vorgeplanten Großanlage mit einem Durchsatz von 100.000 Tonnen Resthausabfall pro Jahr. Hier sollte in den kommenden Jahren geprüft werden, ob die positiven Ergebnisse aus den Pilotversuchen auf großtechnische Verhältnisse übertragen werden können.

Die ersten beiden Verfahrensstufen wurden im Dezember 2000 in Betrieb genommen. Im Sommer 2002 wurden die restlichen Einheiten – die Biologische Trocknung und die Mechanische Stofftrennung – fertiggestellt. Die Demonstrationsanlage war bis Ende Dezember 2003 in Betrieb. In dieser Zeit wurden knapp 20.000 Tonnen Hausabfälle in der Anlage mechanisch aufbereitet und perkoliert.

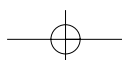
Die Biologische Trocknung wurde gleichzeitig in zwei verschiedenen Trocknungseinheiten getestet und verbessert. Wie in der Pilotphase war das Material innerhalb etwa einer Woche so weit abgetrocknet, dass es in der nachfolgenden Stufe, der Mechanischen Stofftrennung,

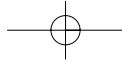


Die Demonstrationsanlage im Frühjahr 2001: Rechts die ehemalige Abfallaufbereitungsanlage für Sperr- und Gewerbemüll, in der nun die Hausabfälle mechanisch aufbereitet wurden (gelb-grünes Gebäude), links die Biologische Umsetzung und die Verlade- und Lüftungstechnikhalle (grau-grüne Gebäude).



Ansicht der Biologischen Umsetzung in der Demonstrationsanlage, links: geschlossenes Eintragsförderband zum Perkulator, rechts: Biogas-Fermenter, davor: Sedimenter und Gassicherheitscontainer





weiter behandelt werden konnte. Dort wurde das getrocknete Material zu Versuchszwecken in Brennstoffe und Mineralstoffe getrennt. In diesem Anlagenteil wurden zudem größere Brennstoffmengen hergestellt, deren Verwertbarkeit extern in einem nahe gelegenen Kraftwerk einer Papierfabrik im Ortenaukreis getestet wurde.

Die gesamte Demonstrationsanlage war an eine mehrstufige Abluftbehandlungsanlage angeschlossen. Sie reinigte die mit unangenehmen Gerüchen beladene Abluft aus der Abfallbehandlung. Abluftwäscher entfernten einige der Verunreinigungen, Biofiltereinheiten bauten andere Substanzen biologisch ab und in Ionisationsanlagen wurden verschiedene Inhaltsstoffe der Abluft mit elektrischer Energie zerstört. So wurde verhindert, dass schädliche und störende Gase in die Umgebung entweichen konnten. Neben der Biofiltertechnik kamen auch versuchsweise neuere Techniken, wie die regenerative thermische Oxidation (RTO) zum Einsatz, die die Inhaltsstoffe der Abluft nahezu vollständig verbrennt. Abluftwäscher, Biofilter und RTO wurden auch später in der MBA Kahlenberg zur Abluftreinigung eingesetzt.

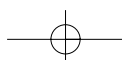
Die Demonstrationsanlage auf dem Kahlenberg war der praktische Test für ein zukunftsweisendes Verfahren mit innovativer Technologie. Da an dieser Art der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung ein allge-

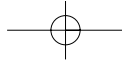


Modul zur Biologischen Trocknung in der Demonstrationsanlage: Die steil aufragende Förderschnecke war schwenkbar und konnte deshalb sowohl zum Umsetzen des angetrockneten Materials (Bild) als auch zum Entleeren des Trocknungsmoduls verwendet werden.



Die drei Trenntische der Mechanischen Stofftrennung der Demonstrationsanlage: Jeder Trenntisch wurde mit einer anderen Siebfraktion besetzt und trennte das getrocknete Material in Brennstoffe und Mineralstoffe.





72 Moderne Abfallbehandlung • Die MBA Kahlenberg

meines abfallwirtschaftliches Interesse bestand, wurde das Demonstrationsvorhaben mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert und von der Fachhochschule Trier wissenschaftlich begleitet.

Die MBA Kahlenberg

So viel versprechend wie die vorausgegangenen Pilotversuche verliefen auch die Erfahrungen mit der großtechnischen Versuchsanlage nach dem ZAK-Verfahren. Daher fasste der Zweckverband im Juli 2004 den Entschluss, eine mechanisch-biologische Anlage (MBA) zu bauen, in der 100.000 Tonnen Rest-Hausmüll pro Jahr behandelt werden können. Diese Abfallmenge entspricht dem gesamten Hausmüllaufkommen im Landkreis Emmendingen und dem Ortenaukreis, dem

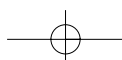
Verbandsgebiet des ZAK. Wegen ihres Standorts auf der Deponie Kahlenberg sollte diese Anlage den Namen „MBA Kahlenberg“ tragen. Im Sommer 2003 lag der Genehmigungsantrag beim Regierungspräsidium Freiburg vor. Dazu gehörte eine umfangreiche Umweltverträglichkeitsprüfung, die der ZAK freiwillig durchführen ließ. Die Umweltverträglichkeit der geplanten Anlage wurde in dieser Prüfung bestätigt. Am 9. März 2004 erhielt der ZAK die Genehmigung für den Bau und den Betrieb der MBA Kahlenberg. In den folgenden Monaten wurde das Baufeld für die Anlage hergerichtet und die Außenanlagen und Hallen der einzelnen Verfahrensstufen angelegt. Die erforderliche Verfahrens- und Steuerungstechnik für die Anlieferung, für die

vier Stufen des ZAK-Verfahrens und für die Abluftreinigung wurden installiert.

Bevor Anfang Mai 2006 der erste Hausabfall in die Anlage gebracht wurde, mussten die biologischen Systeme *Vergärung* und *Prozesswasserreinigung I* dafür vorbereitet werden: Im März 2006 wurden deshalb zunächst die drei Vergärungsreaktoren mit knapp 3.000 Kubikmetern Wasser gefüllt. Fast 2.300 Kubikmeter Faulschlamm und Gülle wurden mit Tankfahrzeugen angeliefert. Sie wurden in die Fermenter gepumpt und impften so den Inhalt der Vergärungsreaktoren an. Mit Belebtschlamm aus einer kommunalen Kläranlage wurde Ende April 2006 die erste Stufe der Prozesswasserreinigung in Betrieb genommen.



Die terrassenförmig angelegte MBA Kahlenberg aus der Vogelperspektive. Im Hintergrund ist noch der vorübergehend mit schwarzer Folie abgedeckte Deponiebereich Mitte zu erkennen.





Alle anliefernden Fahrzeuge werden zunächst gewogen, bevor der Abfall in der MBA behandelt wird.

Im Folgenden sollen die einzelnen Verfahrensschritte der MBA Kahlenberg näher erläutert werden.

Anlieferung

Wie in den Jahren zuvor, als die angelieferten Abfälle noch unbehandelt auf der Deponie eingebaut wurden, werden die ankommenden Müllfahrzeuge zuerst auf der Waage gewogen.

Dann allerdings wird der Abfall nicht mehr einfach offen ausgekippt, sondern in einer geschlossenen Anlieferungshalle entleert. Die Einfahrt in die Anlieferungshalle wird durch eine Ampel gesteuert. Die Mülllasten fahren durch zwei schnell laufende Rolltore ein. Wenn sich das Tor öffnet, erzeugen seitlich angebrachte Ventilatoren eine Luftwand, ähnlich wie in den Eingangsberei-

chen großer Kaufhäuser. Dadurch wird verhindert, dass Gerüche aus der Halle ins Freie treten. Zusätzlich wird die Hallenluft ständig abgesaugt und in einer Abluftbehandlungsanlage gereinigt. Die Halle selbst ist als Flachbunker angelegt. Sie bietet auf einer Fläche von etwa 470 Quadratmeter Platz für etwa 1.900 Kubikmeter Hausmüll. Hier können die Müllmengen von mindestens eineinhalb Anlieferungstagen gelagert werden.

Ein Radlader schiebt den Müll in der Anlieferungshalle in die Reichweite eines Greifbaggers. Dieser Bagger hat zwei Funktionen: Er befördert den Müll auf Bänder, die den Abfall in die benachbarte Halle zur mechanischen Aufbereitung transportieren. Außerdem sortiert er grobe Störstoffe aus, die im angelieferten

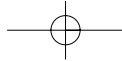
Müll entdeckt werden, und lagert sie in einem bereitstehenden Container.



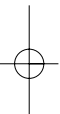
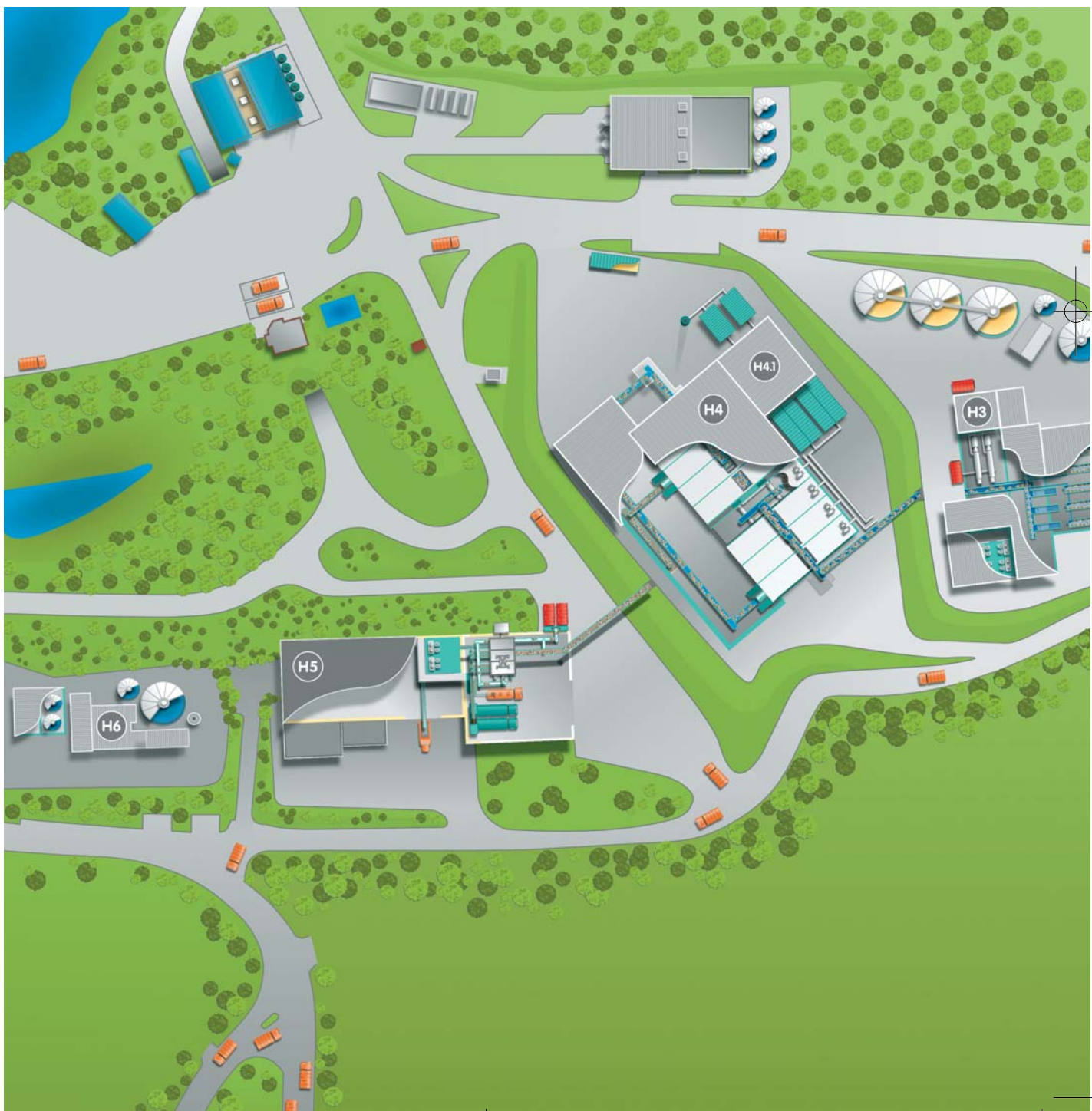
Angelieferter Hausabfall in Nahaufnahme

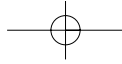


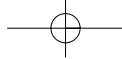
In der Anlieferungshalle beschickt der Mobilbagger die MBA über zwei Aufgabebunker. Zuvor sortiert er Störstoffe in den roten Störstoffcontainer aus. Der Radlader versorgt den Bagger mit dem angelieferten Hausabfall.



74 Moderne Abfallbehandlung • Mechanisch-Biologische Abfallbehandlungsanlage







76 Moderne Abfallbehandlung · Mechanische Aufbereitung

Mechanische Aufbereitung

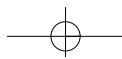
Der angelieferte Hausabfall verlässt die Anlieferungshalle auf geschlossenen und abgesaugten Förderbändern und gelangt in die nächste Halle zur mechanischen Aufbereitung. Dort durchläuft der Müll mehrere Aufbereitungsschritte: er wird gesiebt, gesichtet, sortiert und wan-

dert an einer Magnetstation vorbei. Zunächst wird der Abfall in mehrere Siebfraktionen zerlegt. Dies geschieht in einem Trommelsieb mit zwei unterschiedlichen Sieblochungen. Zusätzliche Werkzeuge im Trommelsieb reißen geschlossene Abfallsäcke auf. Durch die kleinere Sieblochung fällt der Feinmüll.

Dieser Müllanteil wird an einer besonders starken Magnetstation – einem Neodym-Trommelmagneten – vorbeigeführt. Er entnimmt auch schwerere Teile wie beispielsweise Batterien oder nur schwach magnetische Bestandteile wie Elektroschrott. Dadurch wird der Schadstoffgehalt dieses Feinanteils deut-



Wichtige Aggregate in der Halle der Mechanischen Aufbereitung: Rechts oben befindet sich die eingekapselte Siebtrommel. Der im Vordergrund sichtbare Ballistiksichter trennt Schwerstoffe ab.



lich vermindert, was sich am Ende günstig auf die Qualität der Brennstofffraktionen auswirkt. Die abgetrennten Schadstoffe sind zur Zeit nicht weiter verwertbar und müssen entsorgt werden.

Eine weitere, gröbere Sieblochung im Trommelsieb trennt den Müll ab, dessen Bestandteile etwa sechs bis 15 Zentimeter Durchmesser haben. Einzelne schwerere Gegenstände dieser Größe könnten bereits Schäden in den nachfolgenden Teilen der Anlage verursachen. Deshalb werden diese Bestandteile in eine leichte und eine schwere Fraktion aufgeteilt. Dies geschieht in einem so genannten Ballistikseparator: Eine schräg gestellte Ebene ist aus beweglichen Paddeln aufgebaut, die eine kreiselnde Bewegung nach oben ausführen. Schweres, elastisches Material wird durch diese Paddelbewegung nach oben geschleudert und „tanzt“ dann auf der schrägen Ebene abwärts. Leichte und weniger elastische Teile „springen“ nur wenig auf diesen Paddeln und werden durch die nach oben gerichtete Bewegung auf der schrägen Ebene hinauf transportiert. Aus der so abgetrennten Leichtfraktion wird von einem Magneten über dem Förderband Eisenschrott ausgesondert. Danach gelangt sie zusammen mit der Feinfraktion in die nächste Verfahrensstufe, die Biologische Umsetzung. Aus der Schwerfraktion wird der Eisenschrott ebenfalls magnetisch abgetrennt. Dann wird sie in

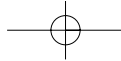


Im Innern der sich drehenden Siebtrommel befinden sich mit Reißzähnen ausgestattete Werkzeuge, die die geschlossenen Abfallsäcke aufreißen.

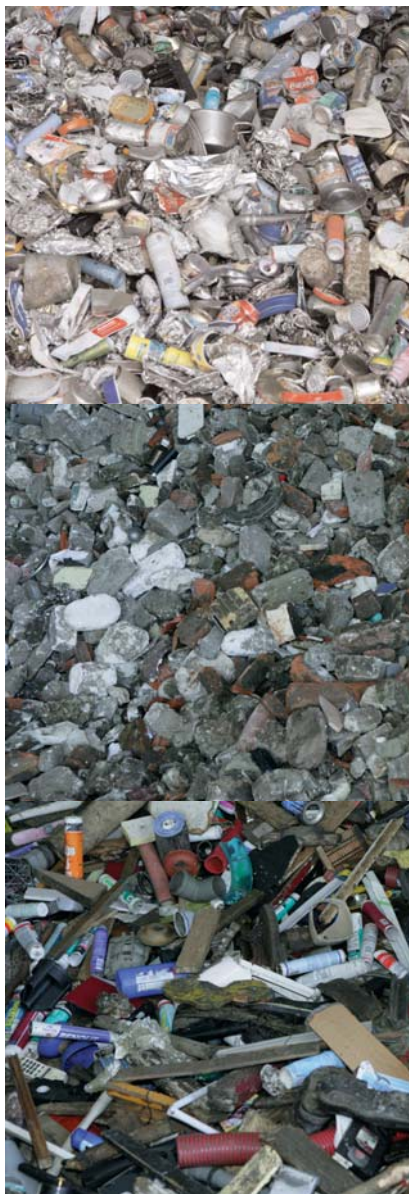
eine Sortierkabine transportiert und dort von Mitarbeitern gesichtet und kontrolliert. Hier werden gezielt Einzelteile entnommen: Dies sind zum einen häufig Gegenstände aus anderen Metallen als Eisen, die aufgrund ihrer Eigenschaften nicht von Magneten angezogen werden. Auch Ziegelsteine oder andere große Steine, die in den nachfolgenden Stufen unerwünscht sind, und andere störende Müllbestandteile werden hier aussortiert. Jede dieser drei Fraktionen wird in einer separaten Betonbox gesammelt. Lediglich die Störstofffraktion muss in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden. Die im Hausmüll gefundenen Steine erfüllen die strengen Anforderungen der neuen Abfall-

Ablagerungsverordnung und können deshalb gefahrlos deponiert werden. Die Metalle werden zusammen mit den an den verschiedenen Magnetstationen aussortierten anderen Metallteilen an den Schrotthandel verkauft.

Im Trommelsieb wird aus dem Hausmüll eine dritte Fraktion abgetrennt: Aufgrund der Größe ihrer Bestandteile, die meist größer als 15 Zentimeter sind, verlässt sie am Ende das Trommelsieb als so genannter Siebüberlauf. In dieser Grobfraktion sind viele heizwertreiche Kunststoffe vorhanden, daher kann sie zu Brennstoffen aufbereitet werden. Ein Förderband transportiert diese Grobfraktion zunächst durch eine – derzeit unbe-



78 Moderne Abfallbehandlung · Biologische Umsetzung – der Abfall wird ausgewaschen



In der mechanischen Aufbereitung werden verwertbare Metalle, Mineralstoffe zur Deponierung und Störstoffe ausgeschleust.

setzte – Sortierkabine, in der gegebenenfalls auch Einzelteile entnommen werden können und von dort in eine Presscontainer-Station. Die Presscontainer werden mit der Bahn zur weiteren Brennstoffaufbereitung in eine Verwertungsanlage transportiert. Die Verwertung dieser Stoffe kann alternativ auch vor Ort eingerichtet werden.

Die Verfahrensstufe „Mechanische Aufbereitung“ besteht aus zwei parallelen Verfahrenslinien, die wesentlichen Bestandteile sind doppelt vorhanden. Dies dient der Verfahrenssicherheit: fällt ein Aggregat auf einer der Verfahrenslinien aus, steht nicht die gesamte Verfahrensstufe still. Auf der parallelen Linie können dann bis zu 50 Prozent des Gesamtdurchsatzes weiter aufbereitet werden. Lediglich die Magnetstation, in der das Schwergut nachbehandelt wird, und die Sortierkabine sind nur einmal vorhanden.

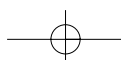
Biologische Umsetzung – der Abfall wird ausgewaschen

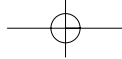
Zunächst erreicht der mechanisch aufbereitete Abfall – das sind etwa 90 Prozent der angelieferten Abfallmenge – über verschiedene Fördersysteme die Biologische Umsetzung. Die Förderrichtung der Zuführibänder lässt sich je nach Bedarf umschalten. Sie verteilen den aufbereiteten Abfall im Zeittakt auf die sechs „Perkolatoren“.

Der Begriff „Perkolator“ leitet sich aus dem lateinischen Wort „perco-

lare“ ab und bedeutet soviel wie durchsickern lassen oder auswachen. Der ankommende Abfall enthält bereits selbst einen Wasseranteil von rund 40 Prozent. Pro Tonne Abfall werden eineinhalb Kubikmeter Wasser zusätzlich zugegeben. Damit werden die Abfälle durchnässt und ausgewaschen. Um dafür nicht ständig Trinkwasser zu verbrauchen, zirkuliert das Waschwasser weitgehend in einem Kreislaufsystem. Dies schont nicht nur den Verbrauch an kostbarem Trinkwasser, sondern ist mit weiteren verfahrenstechnischen Vorteilen verbunden.

Beim Perkolator handelt es sich im Prinzip um eine etwa 25 Meter lange und 4,5 Meter breite, geschlossene Betonhalbschale. Ein Horizontalrührwerk wälzt die ankommenden Abfälle um, durchmischt und transportiert sie. Um eine Überbeanspruchung des Betons zu vermeiden, ist das Innere des Perkolators durch eine Stahlblech-Einlage gegen Verschleiß geschützt. Zusätzlich befindet sich am Boden des Perkolators ein sogenannter „Schubboden“ oder „Spaltsiebboden“. Im Zusammenspiel mit dem Rührwerk sorgt er dafür, dass der Abfall durch den Perkolator transportiert wird. Die Schubbewegung des Bodens sorgt gleichzeitig für die Reinigung der Siebspalte. Dadurch kann das Wasser, das durch die Abfälle sickert – das Perkulationswasser – in eine Auffangwanne unter dem Perkolator abfließen.





Biologische Umsetzung – der Abfall wird ausgewaschen • Moderne Abfallbehandlung 79



Zwei eingekapselte Förderbandlinien transportieren den mechanisch aufbereiteten Abfall zu den Perkolatoren.

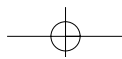


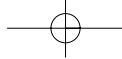
Im Innern des Perkolators wird der Abfall ausgewaschen. Das Bild zeigt den Einbau einer Rührwerkswelle der Firma Wehrle Umwelt GmbH/Wehrle-Werk AG, Emmendingen, die auch den Planungsauftrag für die biologische Umsetzung hatte.



Diese Getriebemotoren der Firma PIV Drives GmbH, Bad Homburg, bewegen die Rührwerkswellen in den Perkolatoren. Das Drehmoment eines Getriebes entspricht in etwa dem Drehmoment von 4000 PKW-Getrieben.

Vor allem in den vorderen zwei Dritteln des Perkolators werden die Abfälle von dem wieder zurückgeleiteten Perkolationswasser ausgewaschen. Dabei nimmt dieses Waschwasser anorganische Salze und organische Bestandteile aus dem Abfall auf. Aus den organischen, kohlenstoffhaltigen Verbindungen kann später Energie gewonnen werden. Weil die Abfälle vom Rührwerk ständig umgewälzt und durchmischt werden, sind ihre organischen Bestandteile für den Auswaschvorgang besser zugänglich. Er dauert insgesamt zwei bis drei Tage. In dieser Zeit hat der Abfall den Perkolator von der Eintragsöffnung zur Austragsöffnung durchwandert. Der nun „ausgelaugte“ Abfall wird anschließend mit Pressen wieder entwässert. Mit der seinem ursprünglichen Wassergehalt entsprechenden Restfeuchte von rund 40 Prozent gelangt er danach in die Biologische Trocknung. Das abgepresste Wasser wird zusammen mit dem Perkolationswasser in mehreren Stufen aufbereitet. Diese Behandlung verfolgt zwei Ziele: Die im Waschwasser gelösten organischen Verbindungen – die Biomasse – werden genutzt, um Biogas zu erzeugen. Ein Teil des Wassers wird so behandelt, dass er den gesetzlichen Vorgaben entsprechend in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden kann. Einen Teilstrom des Wassers aus dem System auszuleiten ist notwendig, damit überschüssiges Wasser ent-





80 Moderne Abfallbehandlung · Biologische Umsetzung – der Abfall wird ausgewaschen

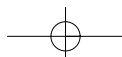


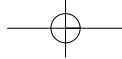
Pressenhalle: Der aus den Perkolatoren ausgetragene, ausgelaugte Feststoff wird in dicht verschlossenen Schneckenpressen mechanisch entwässert.

fernt wird und sich nicht zu viele Salze im Wasser anreichern. Das an organischen Verbindungen reiche Perkolationswasser enthält neben den gelösten Bestandteilen auch so genannte „Inertstoffe“ wie beispielsweise Sand sowie Grob- und Faserstoffe. Deshalb muss das Waschwasser erst aufbereitet werden, bevor es die Verfahrensstufe „Vergärung“ erreicht. In der so genannten „Perkolatauf-

bereitung“ werden Feststoffe entfernt, die die nachfolgende Vergärung behindern oder schädigen könnten. Diese Abtrennung erfolgt in drei Schritten: In einer sich drehenden, gelochten Trommel – einer Siebtrommel – werden zunächst die Grobstoffe abgetrennt. Im zweiten Schritt scheidet ein so genannter „Sandfang“ Inertstoffe, überwiegend Sand, aus der Perkolationsflüssigkeit ab. Der Sand wird in

Behältern gesammelt: Je nach seiner Qualität kann er entweder verwertet werden oder muss entsorgt werden. Ein Sandfang, der auch in jeder kommunalen Kläranlage eingesetzt wird, nutzt zur Trennung von Wasser und Sand die Schwerkraft: der Sand sinkt ähnlich wie in einem Fließgewässer aufgrund des höheren Gewichtes zu Boden, während das Wasser weiterströmt. Der dritte Schritt der Perkolataufbereitung be-





Perkolataufbereitung, geliefert von der Firma Noggerath Products GmbH, Ahnsen: Hier werden diejenigen Feststoffe, die in der Vergärungsstufe stören (Grob- und Faserstoffe, Sand) aus dem Perkolat abgetrennt.

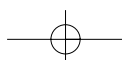
steht wiederum aus einer Siebtrommel mit feineren Siebmaschen. Hier werden störende Faserstoffe ausgesiebt. Zusammen mit den in der ersten Siebtrommel abgetrennten Grobstoffen werden sie entweder in die Perkolation zurückgegeben oder gelangen gleich in die nachfolgende Biologische Trocknung. Dies ist davon abhängig, ob gerade ein Trocknungstunnel befüllt wird oder nicht.

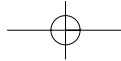
Aus Washwasser wird Energie

Das an organischen Kohlenstoffverbindungen reiche Washwasser aus der Perkolation wird in einer „Anaerobstufe“ oder „Vergärungsstufe“ genutzt. Da das Wasser in den Siebtrommeln und dem Sandfang vorgereinigt wurde, enthält es kaum noch Feststoffe. In den Biogasfermentern wird daraus nun unter Mithilfe von Kleinstlebewesen, so genannten Mikroorganismen, ein

verwertbarer Energieträger gewonnen. Die in den Fermentern lebenden Mikroorganismen stammen beispielsweise aus kommunalem Klärschlamm und wurden hier angesiedelt, bevor die Anlage in Betrieb genommen wurde.

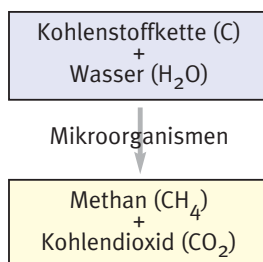
Sie besteht aus drei baugleichen zylindrischen Behältern, den Biogasfermentern. Bei einem Durchmesser von fast 13 Metern und einer Gesamthöhe von mehr als 17 Me-





82 Moderne Abfallbehandlung · Aus Waschwasser wird Energie

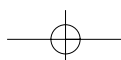
tern fassen sie ein Volumen von je rund 2.000 Kubikmetern Perkolationwasser. Dort bleibt das Waschwasser etwa sechs Tage lang. Die Temperatur in den Biogas-Fermentern beträgt 33 bis 38 °C. In diesem mittelwarmen Temperaturbereich erzeugen die eingesetzten Mikroorganismen am effektivsten Biogas. Ein Teil der Abwärme, die aus dem Biogas bei der Elektrizitätsgewinnung im Blockheizkraftwerk entsteht, wird genutzt, um diese erforderliche Temperatur zu erzeugen. Wie entsteht nun aus dem Perkolationwasser Energie? Das Wasser enthält sehr viele organische Verbindungen. Sie liegen unter anderem in Form von in der Flüssigkeit gelösten langen und kurzen Kohlenstoffketten vor. Außerdem befinden sich im Perkolationwasser viele Stickstoffverbindungen. Sie spielen jedoch für die anaerobe Umsetzung keine wesentliche Rolle. Aus den Kohlenstoffketten können die in den Fermentern lebenden Mikroorganismen Methan und Kohlendioxid (Biogas) herstellen. Dieser biologische Vorgang verläuft nach folgendem vereinfachtem Grundschema:

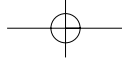


2 Millionen Liter Flüssigkeit passen in jeden der drei Biogas-Fermenter.

Das entstehende Biogas enthält als Hauptkomponenten etwa 65 bis 75 Prozent Methan und 25 bis 35 Prozent Kohlendioxid. Aus jeder Tonne Abfall, die in den Perkolator wandert, werden in der Vergärungsstufe der MBA rund 65 bis 70 Kubikmeter Biogas gewonnen. Jährlich sind das etwa sechs Millionen Kubikmeter Biogas. Dies entspricht etwa dem Heizwert von vier Millionen Liter Heizöl, dem Wärmebedarf von etwa 1.500 Einfamilienhäusern. Durch die Biogasbildung werden dem Waschwasser viele der gelösten organischen Verbindungen entzogen. Ein großer Teil dieses Wassers kann nun direkt wieder als „Waschwasser“ in die Perkolatoren zurückgegeben werden. Dies hat

den Vorteil, dass nur sehr geringe Mengen an Trinkwasser benötigt werden. Ein kleinerer Teil des im Biogas-Fermenter behandelten Wassers wird gereinigt. Dabei werden die noch im Wasser verbliebenen organischen Inhaltsstoffe weiter abgebaut und es verlässt die Anlage. Es ist notwendig, einen Teil Wassers aus dem Kreislaufsystem auszuleiten, weil sich sonst zu viele Salze im Perkolationwasser ansammeln würden. Eine zu hohe Salzkonzentration in den Biogas-Fermentern würde die Mikroorganismen schädigen und die Biogasproduktion zum Erliegen bringen. Da es sich bei der Anaerobstufe um ein biologisches System handelt, beschränkt sich die „Pflege“ im





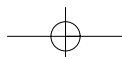
Wesentlichen auf die Einhaltung der für die Mikroorganismen passenden Rahmenbedingungen. Dies gilt vor allem für die Temperatur und den Säurewert. Damit die Methanbakterien optimal Biogas produzieren können, findet eine „Geburtenkontrolle“ über das Schlammalter und den regelmäßigen Schlammabzug aus den Fermentern statt. Er kann

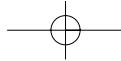
wie kommunaler Klärschlamm verwertet oder entsorgt werden. Damit die Anlage vor unerwünschten Zwischenfällen bei der Gasproduktion geschützt ist, sind am Reaktorsystem zur Sicherheit Über- und Unterdrucksicherungen und zahlreiche Messstellen eingebaut. Sie überprüfen Gasqualität, Temperatur und Druck. Um auch dann

die notwendigen Kontrollmechanismen zur Verfügung zu haben, wenn ein Teil des Systems ausfällt, sind sie jeweils doppelt vorhanden. Aus dem in der Vergärung entstandenen Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk Energie in Form von Elektrizität und Wärme gewonnen. Dieses Kraftwerk ist auf der Deponie bereits vorhanden. Dort



Eine Vielzahl von Pumpen und Rohrleitungen sorgt für die Zu- und Ableitung sowie Verteilung der verschiedenen Wasserströme. Die Montage wurde von der Firma Kürner KTA GmbH, Donaueschingen, ausgeführt.





84 Moderne Abfallbehandlung • Mineralien für die Nordsee

wird das Biogas zusammen mit dem Deponiegas genutzt, um die Motoren anzutreiben. Dies ist vorteilhaft, weil die Deponiegasproduktion auf Grund der heute geltenden gesetzlichen Bestimmungen rückläufig ist: auf der Deponie Kahlenberg werden seit Juni 2005 nur noch Abfälle eingelagert, die praktisch kein Deponiegas mehr bilden. Durch die gemeinsame Verbrennung des Bio- und Deponiegases können die im Kraftwerk vorhandenen Motoren trotzdem vollständig genutzt werden und ihr Betrieb bleibt wirtschaftlich. Mit der aus der Abfallbehandlung gewonnenen Biogasmenge kann eine elektrische Leistung von etwa 1,5 Megawatt – dies entspricht etwa dem Strombedarf von 3.500 Vier-Personen-Haushalten – sowie eine Abwärmeleistung von 3 Megawatt erzeugt werden. Die Gesamtanlage produziert damit mehr Elektroenergie, als sie verbraucht und kann den anfallenden Überschuss ins öffentliche Stromnetz abgeben. Mit der zusätzlich produzierten Abwärme des Blockheizkraftwerks werden zwei Neubaugebiete, ein bestehendes Wohngebiet, Kindergarten, Rathaus und Bürgerhaus in Ringsheim mit Fernwärme versorgt.

Ein Teil des Wassers, mit dem die Abfälle im Perkolator ausgewaschen wurden, wird aus der Anlage entfernt. Damit wird eine zu hohe Salzkonzentration im Perkolationswasser vermieden. Bevor es jedoch in die Kanalisation eingeleitet wird,

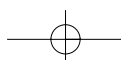
muss das Washwasser nochmals in zwei Stufen behandelt werden. Bei diesem Reinigungsvorgang werden die im Wasser noch vorhandenen kohlenstoff- und stickstoffhaltigen Verbindungen, überwiegend Ammonium- und Nitratstickstoff, entfernt. Nach diesen Reinigungsvorgängen ist das Abwasser sauber genug, um über die Kanalisation ausgeleitet zu werden.

Die erste Stufe der Abwasseraufbereitung ist die so genannte „SBR-Stufe“ (Sequencing Batch Reactor). Was passiert in dieser Reinigungsstufe? Auch hierbei handelt es sich um ein biologisches Reinigungssystem, bei dem winzige Lebewesen den „größten Teil der Arbeit“ verrichten. Im Gegensatz zu den Be-

wohnern der Anaerobstufe braucht ein Teil der hier eingesetzten Mikroorganismen Luftsauerstoff zum Leben. Diesen erhalten sie aus der Hallenabluft, die ihnen zugeleitet wird. Als Abbauprodukte entstehen bei den Stoffwechselfvorgängen dieser Kleinstlebewesen Kohlendioxid und Nitrat. Daneben gibt es bei der Abwasserreinigung einen so genannten „anoxischen Prozess“. Die an ihm beteiligten Mikroorganismen kommen ohne Luftsauerstoff aus. Sie beziehen den Sauerstoff für ihren Stoffwechsel aus chemischen Verbindungen wie Nitrat. Dies hat die günstige Nebenwirkung, dass dabei elementarer Stickstoff als Endprodukt entsteht. Bei diesem „Denitrifikation“ genannten Vor-



Das Schlamm-/Wasser-Gemisch wird durch die im Bündel angeordneten Rohrmembranen gepresst. Nur das gereinigte Wasser kann die Membrane passieren. Der Schlamm wird vollständig zurückgehalten.



gang wird der im Wasser gelöste Nitratstickstoff zu gasförmigem Stickstoff umgewandelt. Das entstandene Stickstoffgas verlässt das Wasser. Es kann gefahrlos in die Umgebung abgegeben werden, da es der Hauptbestandteil unserer natürlichen Umgebungsluft ist. Beide Mikroorganismengruppen der ersten Reinigungsstufe „vertragen“ sich miteinander und können im gleichen Reaktor leben.

In der ersten Stufe der Abwasserreinigung, der SBR-Stufe, laufen im Gegensatz zu der zweiten Aufbereitungsstufe die Füll- und Abbauvorgänge nacheinander ab: In einem ersten Schritt wird der Reaktor mit dem Wasser aus den Biogasfermentern gefüllt. Dabei beginnt

die Denitrifikation, der biologische Abbau des im Abwasser bereits vorhandenen Nitrats zu gasförmigem Stickstoff. In einem zweiten Schritt wird parallel dazu der im Wasser noch vorhandene Kohlenstoff weiter zu Kohlendioxid abgebaut. Es kann ebenfalls an die Umgebung abgegeben werden. Zeitgleich läuft ein weiterer biologischer Reinigungsvorgang, die Nitrifikation: Einige Bakterien sind in der Lage, das für viele Lebewesen giftige Ammonium in Nitrat umzuwandeln. Die zur Denitrifikation fähigen Bakterien bauen das entstandene Nitrat dann weiter zu gasförmigem Stickstoff ab. In einem dritten Schritt wird das Gemisch aus Wasser und Klärschlamm wieder voneinander getrennt. Der

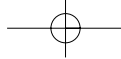
Schlamm setzt sich ab und das klare Wasser über dem Schlamm wird aus dem Reaktor abgezogen. Dann beginnt der Prozess mit neu eingefülltem Abwasser von vorn. Ein vollständiger Reinigungszyklus dauert etwa sechs Stunden.

In der MBA Kahlenberg sind zwei parallel geschaltete SBR-Reaktoren vorhanden. Damit wird gewährleistet, dass das bei den Biogasfermentern anfallende Abwasser durchgängig aufgefangen und behandelt werden kann. Die Reaktoren haben bei einer Höhe und einem Durchmesser von jeweils zehn Metern ein Fassungsvermögen von etwa 700 Kubikmetern. Ein Ablaufbehälter mit einem Volumen von hundert Kubikmetern nimmt das aus den Reaktoren abgepumpte Wasser auf. Von dort aus gelangt das behandelte Wasser in die letzte Aufbereitungsstufe, bevor es in die Kanalisation eingeleitet wird.

In dieser letzten Stufe laufen im Prinzip nochmals die gleichen biologischen Reinigungsschritte wie in den SBR-Reaktoren ab. Die Abbauvorgänge erfolgen hier jedoch in nacheinander durchströmten Reaktoren. Das Fassungsvermögen dieser letzten Aufbereitungsstufe ist so groß, dass das Abwasser auch dann gereinigt werden kann, wenn die vorgeschaltete SBR-Stufe ausfallen sollte. Das Gemisch aus Schlamm und Wasser wird hier mit einer Membranfiltrationsanlage vollständig getrennt. Es entsteht ein klares, feststofffreies Wasser. Der abge-



Das dunkle, belastete Abwasser wird über mehrere Reinigungsstufen so gut geklärt, dass es in die Kanalisation eingeleitet werden kann. In der rechten Flasche ist die im letzten Reinigungsschritt eingesetzte Aktivkohle zu sehen.



86 Moderne Abfallbehandlung · Biologische Trocknung

trennte Schlamm wird wieder in den Prozess zurückgefahren und steht so erneut für den biologischen Abbau zur Verfügung. Zusätzlich wird das vorgereinigte Wasser noch mit Aktivkohle nachbehandelt. Bei der Aktivkohle handelt es sich um ein schwarzes, sehr feinkörniges Material mit einer hohen spezifischen Oberfläche: Je nach der eingesetzten Aktivkohle beträgt ihre aktive Oberfläche pro Kilogramm 1.000.000 bis 1.500.000 Quadratmeter. Das entspricht einer Fläche von bis zu 200 Fußballfeldern! Auf der Aktivkohle werden alle noch verbliebenen organischen Bestandteile soweit festgehalten („adsorbiert“), dass die erforderlichen Grenzwerte eingehalten werden. Die Salze bleiben im Wasser gelöst. Das aufbereitete Wasser ist völlig klar und die in Form von Salzen darin enthaltenen Mineralien werden mit in die Kanalisation eingeleitet. Von dort aus können sie ihren weiten Weg zur Nordsee antreten.

Biologische Trocknung

Die Biologische Trocknung ist die dritte Verfahrensstufe der MBA Kahlenberg. Hier werden jährlich etwa 60.000 Tonnen des bei der Perkolatation ausgewaschenen Abfalls weiter behandelt. Danach sind die Rückstände ausreichend getrocknet, um sie in der vierten Verfahrensstufe in weiter verwertbare oder zu entsorgende Bestandteile aufzutrennen.

Wie funktioniert die „Biologische Trocknung“?

Die Biologische Trocknung ist sehr eng verwandt mit der Kompostierung. Die Hauptarbeit verrichten bei beiden Verfahren Bakterien und Pilze, die zum Überleben Sauerstoff benötigen. Diese mit dem Fachbegriff als „aerobe Mikroorganismen“ bezeichneten Kleinstlebewesen kommen überall im Abfall vor. Sie ernähren sich von den organischen Abfallbestandteilen, die sie zu Kohlendioxid und Wasser abbauen. Daneben entsteht bei ihren Stoffwechselfvorgängen Wärme. Bei der Kompostierung versucht man, die Menge des biologischen Abfalls möglichst stark zu vermindern und

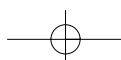
am Ende einen Bodenverbesserer zu erhalten. Dieser kann zum Beispiel im eigenen Garten eingesetzt werden. Das Ziel der Biologischen Trocknung besteht dagegen darin, das Material möglichst stark auszutrocknen. Dazu wird die Wärme genutzt, die die Mikroorganismen produzieren. Diese lässt das Wasser im Abfall verdunsten. Der entstandene Wasserdampf wird von der Luft weggetragen, so dass der Abfall nach und nach austrocknet.

Die Trocknungstunnel

Der Trocknungsvorgang läuft in neun in einer Reihe aufgestellten Trocknungstunneln ab. Dies sind 30 Meter lange Betonbehälter mit



Jeder dieser 30 m langen und 6 m breiten Tunnel fasst rund 500 Kubikmeter des zu trocknenden Materials. Es kann mit dem in den Tunnel eingelegten Förderboden später wieder heraustransportiert werden.





Die Trocknungstunnel werden mit dem Tunnelaustragsgerät geleert, das wegen seiner Größe „Dicke Berta“ genannt wird. Im Vordergrund ist die Absaugleitung zu sehen, mit der das Tunnelaustragsgerät von Staub freigehalten wird.



Einblick in das Innenleben des Tunnelaustragsgerätes: Die drei Walzen fräsen das Material aus dem Tunnel ab.

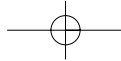


Ventilatorenraum auf den Trocknungstunneln

einem dicht schließenden Tor an einem Ende. Durch Öffnungen in der Tunneldecke werden die Abfallreste aus der Biologischen Umsetzung eingefüllt. Im Betonboden der Tunnel sind Düsen eingebaut, über die die Abfallreste später belüftet werden. Auf dem Boden liegt zudem der „Walking-Floor“, ein beweglicher Boden aus Metallstangen, mit dem der Tunnel später geleert wird. Jeder Tunnel besitzt ein eigenes Be- und Entlüftungssystem. Mit Messinstrumenten werden die Temperatur der Abfallreste und der Sauerstoffgehalt der verbrauchten Luft während des Trocknungsvorgangs geprüft. Mit dieser Technik werden für die Mikroorganismen besonders günstige Lebensbedingungen eingestellt, damit sie möglichst viel Wärme für die Trocknung der Abfallreste produzieren.

Die wichtigsten Maschinen

Vor der Tunnelreihe befinden sich das Tunneleintrags- und das Tunnelaustragsgerät. Mit diesen mobilen Maschinen werden die Tunnel gefüllt oder entleert. Sie können jeden einzelnen Tunnel anfahren und dort andocken. Das Tunneleintragsgerät besteht aus mehreren Förderbändern, die in den Tunnel einfahren und dort die Abfallreste gleichmäßig verteilen. Das Tunnelaustragsgerät arbeitet mit seinen bezahnten Walzen ähnlich wie eine Fräse. Es übernimmt das getrocknete Material, das ihm über den beweglichen Boden des Tunnels zugeführt wird, und wirft es über Förderbändern ab.



88 Moderne Abfallbehandlung · Biologische Trocknung



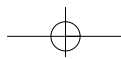
Ostansicht der Halle der Biologischen Trocknung. Links davon befindet sich die Abluftbehandlungsanlage mit dem Kamin und der Regenerativ-Thermischen Oxidationsanlage (RTO).

Die Intensivtrocknung

Wenn der Auswaschvorgang bei der Biologischen Umsetzung im Perkolator abgeschlossen ist, werden die Abfallreste mit Pressen entwässert. Danach gelangen sie über geschlossene Förderer zu den Intensivtrocknungstunneln. Ein leerer Tunnel wird ausgewählt. Das Tunneleintraggerät wird vor diesem Tunnel aufgestellt und seine Förderbänder werden in den Tunnel eingefahren. Durch eine Öffnung in der Decke des Tunnels fällt nun das Material auf die Förderbänder und wird von diesen gleichmäßig im Tunnel ver-

teilt. Es dauert etwa einen Tag, bis ein Tunnel gefüllt ist. In dieser Zeit werden knapp 300 Tonnen Abfallreste eingetragen. Danach beginnt die Intensivtrocknung. Dazu wird das Tunneleintraggerät aus dem Tunnel herausgefahren und das Tunneltor dicht verschlossen. Jetzt kann das Belüftungssystem des Tunnels eingeschaltet werden und der Trocknungsvorgang startet. Die Düsen im Boden des Tunnels blasen Luft in die aufgeschütteten Abfallreste. Die eingeblasene Luft wird aus anderen Bereichen der MBA, beispielsweise aus den Hallen und

von den Förderbändern abgesaugt. Sie durchströmt das aufgeschüttete Material und versorgt die Kleinstlebewesen mit Sauerstoff. Deren Aktivität steigt nun stark an. Sie vermehren sich und produzieren immer mehr Wärme. Damit steigt die Temperatur in den Abfallresten innerhalb von wenigen Stunden auf deutlich über 50 °C. Wie ein Windstoß über feuchter Haut nimmt die Luft den bei dieser hohen Temperatur verdunstenden Wasserdampf auf, wenn sie das im Trocknungstunnel aufgeschüttete Material durchströmt. Außerdem transpor-



tiert sie auch überschüssige Wärme ab. Die zugeführte Luft ist deshalb nicht nur für die Atmung der Mikroorganismen wichtig. Sie kühlt auch das aufgeschüttete Material, damit die Kleinstlebewesen nicht von der selbst produzierten Wärme überhitzt und abgetötet werden.

Die warme und feuchte Luft wird durch die Tunneldecke abgesaugt und zunächst über Wärmetauscher geführt. Dort gibt sie einen Teil der Wärme ab. Diese wird in der Anlage weiter genutzt. Zuletzt wird die Luft dann an die Abluftbehandlung der MBA abgegeben und dort gereinigt.

Die Nachtrocknung

Nach vier Tagen im Intensivrotte-tunnel sind etwa 40 Prozent des ursprünglich in den Abfallresten enthaltenen Wassers verdunstet. Der erste Trocknungsschritt ist damit beendet. Nun dockt das Tunnelaustragsgerät an den Tunnel an. Die Abfallreste werden von dem beweglichen Boden gegen die Fräswalzen des Tunnelaustragsgeräts gedrückt. Hier werden sie abgefräst und auf Förderbänder aufgegeben, die sie weiter zu den Nachtrocknungstunneln transportieren. Dort werden sie mit dem Tunneleintragsgerät in einen weiteren Tunnel eingetragen. Dieser Vorgang wird „Umsetzen“ genannt. Er sorgt dafür, dass das Material aufgelockert und dadurch gleichmäßig belüftbar wird. Die nun folgende Nachrotte dauert noch einmal vier Tage. In dieser Zeit gibt der



Jede Tonne des feuchten Materials (links) gibt in der biologischen Trocknung über 300 Liter Wasser ab. Rechts ist das getrocknete Material zu sehen.

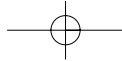
Reststoff noch einmal 25 Prozent des ursprünglich enthaltenen Wassers ab. Am Ende der Biologischen Trocknung haben die Abfallreste etwa 40 Prozent ihres Ausgangsgewichts verloren und enthalten nur noch rund 15 Prozent Wasser. Der fertig getrocknete Reststoff wird nun vom Tunnelaustragsgerät aus dem Tunnel entnommen und zur nächsten Behandlungsstufe, der Mechanischen Stofftrennung, befördert.

Mechanische Stofftrennung

In der Mechanischen Stofftrennung gelangt der getrocknete Reststoff zunächst auf ein mehrere Quadratmeter großes, ebenes Sieb, das sogenannte „Plansieb“. Dieses Plansieb enthält vier Siebbleche mit unterschiedlich großen Sieblochungen. Das ungetrennte Stoffge-

misch wird auf einer Seite des kreisförmig rotierenden Siebs aufgeschüttet und wandert in Richtung Siebauslauf. Durch die vier Siebbleche können vier verschiedene Siebfractionen gleichzeitig abgeseibt werden. Was auf Grund seiner Größe nicht durch die Sieblochungen fallen kann, verlässt am Siebauslauf als fünfte Fraktion (Siebüberlauf) das Sieb.

Jede der vier abgeseibten Fraktionen fällt zunächst in einen Dosierbehälter. Ist ein bestimmter Füllstand erreicht, startet der nachgeschaltete Trenntisch. Was passiert nun auf einem solchen Trenntisch? Das Material, das getrennt werden soll, fällt zunächst in die Mitte eines schräg angeordneten Metallnetzes. Die Maschen dieses Netzes sind so klein, dass das Material nicht hindurchfallen kann. Ein mechanischer



90 Moderne Abfallbehandlung · Mechanische Stofftrennung



Ein Mitarbeiter des ZAK beurteilt am Trenntisch die Qualität der Stofftrennung.

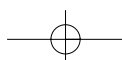
Antrieb sorgt nun dafür, dass der Trenntisch eine schnelle, aber gerichtete Schwingbewegung vollführt. Dabei wird schweres Material mit viel Kontakt zum Trenntisch nach oben transportiert. Durch die Maschen des Netzes wird gleichzeitig Luft geblasen. Der Luftstrom wird so eingestellt, dass leichte Stoffe nicht weggeblasen werden, sondern wie auf einem Luftkissen schweben. Auf diesem Luftkissen gleiten sie der Schwerkraft folgend nach unten. Auf diese Weise wird schweres Material von leichtem getrennt.

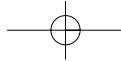
Die vier Leichtfraktionen können nun beliebig gemischt und entweder in einen Lastkraftwagen mit Schubboden oder in einen Presscontainer verladen werden. Die feinkörnigste Leichtfraktion kann zusätzlich noch in ein Silo ausgeschleust werden. Die vier Schwerfraktionen werden vereint und an einer weiteren Verladestation in einen geschlossenen Lastkraftwagen gekippt. Von dort werden sie auf die Deponie transportiert. Der Siebüberlauf aus dem Plansieb wird in dieser Verfahrensstufe derzeit nicht weiter getrennt, sondern in einer externen Anlage im Gewerbepark Breisgau weiter aufbereitet.

Um erfolgreich mechanisch behandelt zu werden, muss das Material in der vierten Verfahrensstufe sehr trocken sein. Dies führt zu einer erheblichen Staubentwicklung. Aus Gründen des Arbeitsschutzes und



In dieser kompakten Anlage können täglich etwa 160 Tonnen getrocknetes Material in Leicht- und Schwerfraktionen aufgetrennt werden. Sie wurde von der Firma Trennso-Technik GmbH, Weißendorn, geliefert.





Die hergestellten Ersatzbrennstoffe werden in LKWs verladen und zu den Verwertern transportiert.

der Sicherheit sind deshalb alle Aggregate und Förderer abgedichtet und werden abgesaugt. Die staubhaltige Abluft aus den belüfteten Trenntischen und den abgesaugten Maschinen wird in einem Staubfilter gereinigt und dann zum größten Teil wieder in die Anlage zurückgeführt. Ein geringer Teil wird bei entsprechender Schadstoffbelastung zuvor mit Aktivkohlefiltern weiter aufbereitet und verlässt dann die Anlage.

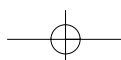
Ersatzbrennstoffe – „Treibstoffe“ gegen den Treibhauseffekt

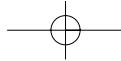
Eine der großen Aufgaben unserer Zeit ist die Versorgung mit Energie in ausreichender Menge. Die Industriegesellschaften stillen ihren

enormen Energiebedarf nach wie vor mit Atomstrom und fossilen Energieträgern wie Kohle, Gas und Öl. Dies ist jedoch mit schwer wiegenden ökologischen Nachteilen verbunden: Eine sichere Entsorgung des über Tausende von Generationen hinweg gefährlichen Atommülls ist nicht gewährleistet. Die fossilen Energieträger wiederum stehen nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung und gefährden bei ihrer Verbrennung das Klima. Um die Ressourcen zu schonen und das Klima zu schützen, wurden besonders in Deutschland zahlreiche alternative Energieträger und regenerative, nachhaltig einsetzbare Technologien entwickelt. Auch einige Fraktionen der Rest-

stoffe, die aus dem in der MBA Kahlenberg behandelten Müll stammen, sind alternative Energieträger und besitzen regeneratives Potenzial. Die in der ersten Verfahrensstufe „Mechanische Aufbereitung“ abgetrennte heizwertreiche Grobfraction mit ihrem hohen Kunststoffanteil kann in geeigneten Kraftwerken Primärbrennstoffe wie beispielsweise Kohle ersetzen. Deshalb werden solche Stoffe auch Ersatzbrennstoffe (EBS) oder Sekundärbrennstoffe (SBS) genannt. Die Grobfraction besitzt pro Kilogramm einen Heizwert von über 20.000 Kilojoule. Dieser Heizwert entspricht dem von Braunkohlen-Briketts.

Die Leichtstoffe aus der Mecha-





92 Moderne Abfallbehandlung · Deponieren ohne (Nach-)Sorge

schen Stofftrennung sind ebenso als Ersatzbrennstoffe nutzbar. Ihr Heizwert ist mit 11.000 bis 16.000 Kilojoule pro Kilogramm etwas geringer und vergleichbar mit dem Energiegehalt von luftgetrocknetem Holz. Besonders interessant sind diese Brennstoffe wegen ihres Gehalts an Biomasse. Werden die Ersatzbrennstoffe im Kraftwerk eingesetzt, verbrennt der Biomasseanteil „CO₂-neutral“, weil das dabei frei werdende Kohlendioxid zuvor beim Wachstum der Pflanzen unserer heutigen Atmosphäre entnommen wurde. Damit ist es Bestandteil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs der Erde und trägt nicht zum Treibhauseffekt bei. Das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht, stammt dagegen aus der Lufthülle von schon vor Millionen von Jahren ver-

gangenen Erdzeitaltern. Es belastet unsere heutige Atmosphäre und gefährdet damit unser Klima. Deutschland hat sich mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls verpflichtet, den Kohlendioxid-Ausstoß in den nächsten Jahren stufenweise zu senken. Besonders die energieintensiven Industriezweige, beispielsweise Braun- und Steinkohlekraftwerke, produzieren große Mengen des Klima gefährdenden Kohlendioxids. Sie haben deshalb ein starkes Interesse daran, auf biomassehaltige Ersatzbrennstoffe auszuweichen.

Durch die vorgeschaltete Siebung fallen die Ersatzbrennstoffe in verschiedenen Korngrößen an. Sie können je nach Anforderung des Brennstoffabnehmers an die Körnung des Materials gemischt oder einzeln ausgeschleust werden.



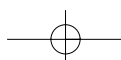
Gemäß den verschiedenen Anforderungen der Verwerter werden unterschiedliche Brennstoffe hergestellt.

Deponieren ohne (Nach-)Sorge

Seit dem 1. Juni 2005 dürfen nur Abfälle auf Deponien abgelagert werden, die den Bestimmungen der Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) entsprechen. Für eine Vielzahl von Abfallarten, auch für die häuslichen Abfälle, bedeutet dies, dass sie ohne Vorbehandlung nicht mehr abgelagert werden dürfen. Siedlungsabfälle können zur „Vorbehandlung“ in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt oder in einer mechanisch-biologischen Anlage behandelt werden.

Im Vergleich zu früher gelten heute wesentlich strengere Kriterien zur Abfallablagerung auf Deponien. Sie sind so gewählt, dass von den abgelagerten Stoffen möglichst keine Gefahren mehr für Mensch und Umwelt ausgehen. Um abgelagert werden zu können, darf das Material weder Deponiegas entwickeln noch das Grundwasser belasten. Eine aufwendige Deponie-Nachsorge, womöglich über mehrere Generationen, wie dies für Deponien mit nicht vorbehandelten Abfällen erforderlich ist, kann damit künftig entfallen. Deponieren soll weder die Umwelt schädigen, noch nachfolgende Generationen mit Nachsorgepflichten belasten.

In der MBA Kahlenberg fallen direkt zwei Stoffströme an, die diesen neuen Ablagerungskriterien genügen und künftig gefahrlos deponiert werden können. Zum einen handelt es sich dabei um eine Sandfraktion, die in der Verfahrensstufe „Biologi-



sche Umsetzung“ aus dem Perkolationwasser im Sandfang anfällt. Zum andern erfüllen die bei der Mechanischen Stofftrennung anfallenden Inertstoffe, die beispielsweise Steine, Glas- oder Keramikscherben enthalten, die strengen Anforderungen zur Deponierung. Der größere Teil der Feststoffe, die nach Behandlung in der MBA Kahlenberg noch übrig bleiben, sind als heizwertreiche Stoffe zum Ersatz primärer fossiler Energieträger in Kraftwerken vorgesehen. Als Nebenprodukte der Verbrennung entstehen Schlacke und Asche, die häufig als Baustoffe im Straßen- und Deponiebau weiter Verwendung finden, aber auch unter den neuen Kriterien zur Ablagerung deponiert werden dürfen.



Die abgetrennten Mineralstoffe erfüllen die strengen Kriterien zur Ablagerung auf Deponien.



Produkte der MBA werden auch mit der Bahn zu den verschiedenen Abnehmern transportiert.

Bahnverladung

Der Siebüberlauf aus der Mechanischen Stofftrennung ist ein Gemisch aus mineralischen Bestandteilen wie Steinen, Glas, Keramik oder Knochen sowie Hartkunststoffen, Folien, Holzteilen und ähnlichen Resten. Dieser Siebüberlauf wird derzeit nicht getrennt, sondern direkt nach dem Absieben zur Presscontainer-Station befördert. Die Presscontainer-Station ist ein vollständig geschlossenes System. Ein Hakenlift-Fahrzeug sattelt den vollen Presscontainer auf und transportiert ihn zur Bahnverladung. An jedem Arbeitstag werden dort die Container auf Waggons verladen und mit der Bahn in den Gewerbepark Breisgau in Eschbach bei

Freiburg gebracht. Dort können sie weiter aufbereitet oder entsorgt werden.

Auch die in der Sortierkabine aus der Mechanischen Aufbereitung ausgeschleusten Störstoffe, sowie die am Neodym-Magnet abgeschiedene, schadstoffhaltige Restfraktion werden in Bahncontainer verladen und zum Gewerbepark Breisgau transportiert. Da diese Bestandteile nicht weiter verwertbar sind, werden sie in der dortigen Müllverbrennungsanlage TREA² Breisgau entsorgt.

² TREA = Thermische Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungs-Anlage.

Abluftreinigung

Die gesamte Anlage benötigt frische Luft und produziert Abluft. Im unteren Drittel des Anlagenkomplexes, auf der Ebene der Biologischen Trocknung, befindet sich die Abluftbehandlungsanlage der MBA, erkennbar an ihrem 26 Meter hohen Kamin. Bevor sie den Kamin erreicht, wird die entstandene Abluft einer gründlichen Reinigung unterzogen, die sehr strengen gesetzlichen Regelungen unterliegt.

Eine kleine Reise in und durch die Anlage

Die Luft, die der Reinigung zuströmt, hat zuvor eine rasante, etwa einstündige Reise hinter sich, die ihren Anfang beispielsweise an der Toreinfahrt der Anlieferungshalle genommen haben könnte:

Wie jede Halle der Anlage hat auch die Anlieferungshalle eine sehr dichte Hülle, damit möglichst keine Gerüche nach außen entweichen. Da kleine Undichtigkeiten aber nicht ausgeschlossen werden können und jede Halle auch Türen und Tore besitzt, durch die Luft austreten könnte, wird stetig Luft aus der Halle abgesaugt. Wenn ein Tor für ein Anlieferfahrzeug geöffnet wird, strömt Außenluft in die Halle hinein. Gerüche können so nicht nach außen dringen.

Die angesaugte Luft bleibt durchschnittlich eine Stunde lang in der Halle. In dieser Zeit strömt sie langsam zu einer Öffnung in der Nähe der Hallendecke, dem Absaugrohr.



Ostansicht der Abluftbehandlungsanlage. Im Vordergrund ist der 26 Meter hohe Kamin zu sehen. Dahinter liegen die beiden Einheiten der Regenerativ-Thermischen Oxidationsanlage.



Die in den verschiedenen Anlagenteilen abgesaugte Abluft wird über isolierte Edelstahlleitungen der Abluftbehandlungsanlage zugeführt. Im Hintergrund liegt die Gemeinde Ringsheim.

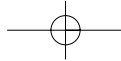
Dort angelangt beginnt der turbulente Teil der Luftreise: Innerhalb von Augenblicken wird die Luft in die Absaugöffnung eingezogen und auf eine Geschwindigkeit von etwa 70 Stundenkilometern beschleunigt. Die Reise im Abluftsammlrohr beginnt.

Nach kurzer Zeit verbreitert sich das Rohr und Abzweigungen tauchen auf, durch die weitere Luft ein-

strömt. Diese Luft stammt aus der Mechanischen Aufbereitung, die sich in der nächsten Halle der Anlage befindet. Sie wird dort nicht direkt aus der Halle abgesaugt, sondern nimmt den Umweg über die Maschinenteknik. Die zahlreichen mit Abfällen beladenen Förderbänder, Siebe und anderen Maschinen befinden sich hier, wie in der gesamten MBA Kahlenberg, in dichten

Hüllen, die ständig abgesaugt werden. Gerüche und Staub treten auf diese Weise nicht in die Halle aus, sondern werden mit der Luft aus der Maschine abgezogen. Die Luft gelangt in das Sammelrohr und vereint sich dort mit der vorbeiströmenden Luft aus der Anlieferungshalle.

Ein paar Augenblicke später verbreitert sich das Sammelrohr abermals. Nun kommt ein dritter Luftstrom,



96 Moderne Abfallbehandlung · Abluftreinigung

die Hallen- und Maschinenabluft aus der Halle der Biologischen Umsetzung, hinzu. Dann erreicht der gesammelte Luftstrom die Biologische Trocknung. Der größte Teil der Hallen- und Maschinenabluft dient hier als Sauerstofflieferant und Kühlmittel in den Trocknungstunneln. Die Luft wird von den Ventilatoren der Tunnel angesaugt und durch die Abfallreste gepresst, die in den Tunneln aufgeschüttet sind. Danach ist die Luft warm, geruchsbeladen und wasserdampfgesättigt und bereit für die Abluftreinigung.

Die Reise von der Absaugöffnung der Anlieferungshalle bis zur Abluftreinigung dauert nur ungefähr 30 Sekunden.

Die Abluftbehandlungsanlage

Neben der Abluft aus den Tunneln der Biologischen Trocknung erreichen die Abluftbehandlungsanlage weitere Luftströme. Dazu gehört auch die Abluft der Perkolatoren, die mit der Tunnelabluft zur Prozessabluft zählt. Weiterhin fallen noch gering belastete Luftströme an Hallen- und Maschinenabluft an, die nicht in anderen Prozessen wie bei-

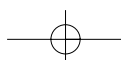
spielsweise der Biologischen Trocknung eingesetzt wurden. Für die unterschiedlichen Luftströme werden verschiedene Reinigungsverfahren angewendet, die nach Art und Menge der in der Luft enthaltenen Verunreinigungen ausgewählt wurden.

Luftbefeuchtung und Biofilter

Die Reinigung der nur schwach belasteten Hallen- und Maschinenabluft beginnt im Luftbefeuchter. Dieser Behälter ist ein senkrecht stehendes Rohr mit großem Durchmesser, in den durch Düsen Wasser fein



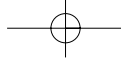
In verschiedenen Luftwäschern im hinteren Bildbereich wird die Abluft auf die weitere Behandlung in der Regenerativ-Thermischen Oxidationsanlage oder den Biofiltern vorbereitet.



verteilt eingesprüht wird. Das Wasser trifft auf die Abluft, die den Behälter durchströmt, feuchtet sie an und bereitet sie so auf die folgende, biologische Reinigungsstufe, den Biofilter, vor. Dem im Luftbefeuchter verdünnten Wasser können Chemikalien beigemischt werden, um unerwünschte Inhaltsstoffe der Luft zu neutralisieren. So kann beispielsweise mit zugesetzter Schwefelsäure das für den Biofilter schädliche Ammoniak gebunden werden. Auf der MBA Kahlenberg sind acht geschlossene und überwiegend mit kompostiertem Rindenmulch gefüllte Biofiltercontainer im Einsatz, auf die die feuchte Abluft gleichmäßig verteilt wird. Bakterien und Pilze haben sich auf der Oberfläche des Rindenmulchs angesiedelt. Ähnlich wie in der Biologischen Umsetzung und der Biologischen Trocknung werden auch hier Kleinstlebewesen genutzt, um die Abluft zu reinigen. Damit dieser Vorgang optimal verläuft, müssen die Lebensbedingungen der Mikroorganismen stimmen und der Rindenmulch darf nicht zu trocken werden. Die im Luftbefeuchter mit Wasser angereicherte Abluft und zusätzliche Bewässerungsvorrichtungen in den Biofiltern verhindern die Austrocknung. Derart gut versorgt nehmen die Lebewesen die Verunreinigungen aus der Luft auf und bauen sie zu unschädlichem Kohlendioxid und Wasserdampf ab. Die aus den Biofiltern austretende, gereinigte Luft wird zum Abluftkamin hin abgeleitet.



In 8 Biofiltermodulen wird die schwach belastete Hallenluft gereinigt.



98 Moderne Abfallbehandlung · Abluftreinigung

Luftwäscher und Regenerativ-Thermische-Oxidationsanlage

Die Reinigung der Prozessabluft gestaltet sich aufwendiger, da sie deutlich mehr Verunreinigungen enthält als die Hallenluft. Aus diesem Grund ist auch die biologische Reinigung, also der Einsatz von Biofiltern, für diese Luft ausgeschlossen. Mit den Biofiltern könnten die strengen gesetzlichen Grenzwerte, die die an die Umwelt abgegebene Luft einhalten muss, nicht erreicht werden. Stattdessen wird eine so genannte „Regenerativ-Thermische-Oxidationsanlage“ (RTO) eingesetzt, in der die Verunreinigungen unter hohen Tempera-

turen zerstört und hauptsächlich in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt werden.

Vorher muss die Prozessluft jedoch mehrere Abluftwäscher durchlaufen. Sie gleichen im Aufbau dem Luftbefeuchter der Biofilter. Auch hier wird die Abluft mit Wasser bedüst. Dieser Wasserzusatz dient jedoch nicht der Befeuchtung. Das Wasser ist mit Säure oder Lauge und weiteren Chemikalien versetzt, die unerwünschte Substanzen wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff aus der Abluft herauswaschen. Diese würden sonst die Reinigungsleistung der Oxidationsanlage verringern, zu der der Abluftstrom nun gelangt.

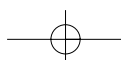
Die Oxidationsanlage ist – vereinfacht ausgedrückt – eine Luftverbrennungsanlage. In ihrem quaderförmigen Gehäuse liegen getrennte Kammern mit Formsteinen, den Wärmeträgern. Diese werden zunächst mit einem Gasbrenner auf etwa 800 °C aufgeheizt. Als Brenngas wird in der Biologischen Umsetzung produziertes Biogas eingesetzt. Ist die Temperatur erreicht, strömt die Abluft über die Wärmeträger in eine der Kammern. Die Verunreinigungen verbrennen nun schlagartig, dieser Prozess wird „Oxidation“ genannt. Dabei wird zusätzliche Wärme frei, die zum größten Teil in den Wärmeträgern



Große Ventilatoren leiten der Regenerativ-Thermischen Oxidationsanlage (RTO) die stärker belastete Prozessabluft zu.



In den RTO-Einheiten werden die in der Prozessabluft enthaltenen Schadstoffe hauptsächlich zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt.



gespeichert und für die nächste Verbrennung genutzt wird. Enthält die Luft viele Verunreinigungen, dann entsteht bei der Verbrennung so viel Wärme, dass kein zusätzliches Biogas mehr zugeführt werden muss. Der Prozess läuft dann von alleine, man sagt „autotherm“, und sehr energiesparend weiter.

Die gereinigte Abluft verlässt die Oxidationsanlage, gelangt zum Kamin und wird dort zusammen mit der Abluft der Biofilter an die Umwelt abgegeben. Die Reinigungsleistung der Abluftbehandlungsanlage wird laufend überwacht. Dazu sind verschiedene Messgeräte im Luftstrom des Kamins installiert, die stetig Luftmenge, Lufttemperatur und -inhaltsstoffe überprüfen. Stündlich durchreisen so etwa 65.000

Kubikmeter Luft die MBA Kahlenberg auf ihrem Weg zur Abluftreinigung. Das entspricht in etwa dem Brutto-Rauminhalt von 65 Einfamilienhäusern.

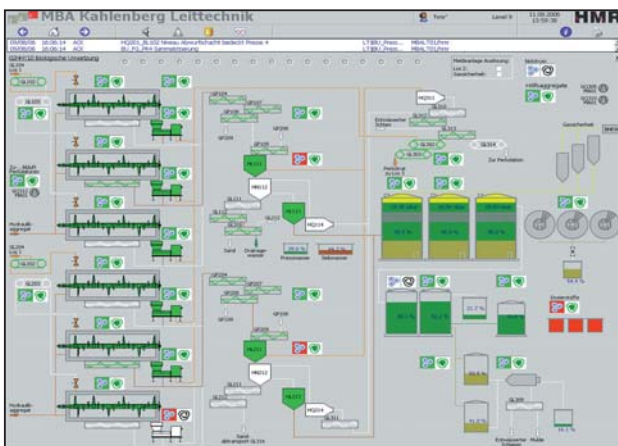
Leitwarte

Bei soviel Technik auf so breitem Raum – die gesamte Anlage erstreckt sich über eine Fläche von ungefähr drei Hektar – ist eine zentrale Stelle erforderlich, in der der gesamte Prozess überwacht werden kann. Diese zentrale Stelle ist im Gebäude der Biologischen Umsetzung eingerichtet und wird Leitwarte genannt. In diesem Gebäudeteil befinden sich zudem Sozialräume für das Anlagenpersonal und das Büro der Betriebsleitung.

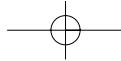
In der Leitwarte laufen alle für den Betrieb der Anlage wichtigen Informationen zusammen. Auf mehreren

Bildschirmen ist der aktuelle Zustand der einzelnen Prozesse sichtbar und schematisch dargestellt. Per Mausklick kann hier in jeden Prozess eingegriffen werden und sein Verlauf im Bedarfsfall angepasst werden.

Die Leitwarte, die angrenzenden Sozialräume sowie das Büro der Betriebsleitung der MBA sind zum „Weißbereich“ zusammengefasst. Der Anlagenbereich ist der „Schwarzbereich“. Betritt ein Mitarbeiter den Weißbereich von der Anlagenseite der Biologischen Umsetzung aus, muss er zunächst eine Schleuse passieren. Dort bestehen Reinigungsmöglichkeiten wie Waschbecken, Schuhwaschanlage und Duschen. Auf diese Weise wird vermieden, dass Schmutz in die Büros und Sozialräume verschleppt wird.



In der zentralen Leitwarte wird der Betrieb der gesamten Anlage überwacht. Die komplette Leittechnik wurde geliefert von der Firma HMR GmbH, Bötzingen.



100 Moderne Abfallbehandlung



Abfallbehandlung – modern und sauber

Mit der Errichtung der MBA Kahlenberg hat der ZAK eine neue Ära der Abfallbehandlung und -verwertung in unserer Region eingeleitet. Der Betrieb dieser MBA sichert zusätzlich 30 Arbeitsplätze am Standort Ringsheim. Sie erforderte die Einstellung von zehn neuen Fachkräften aus den Bereichen Mechanik, Abwassertechnik, Elektronik und Analytik, die die notwendigen Qualifikationen für die vielfältigen und speziellen Tätigkeiten in einer solchen Anlage mitbringen.

Mit über 40 Millionen Euro Investitionskosten dient die nun errichtete MBA am Standort Kahlenberg dem Zweck, eine saubere und nachhaltige Abfallbehandlung zu betreiben. Die in der MBA verwirklichte Technologie gewährleistet die bestmög-

liche Verwertung des häuslichen Abfalls und macht die Biotonne überflüssig. Der größte Teil der hier aus dem Hausmüll entstehenden Produkte wird als Energiequelle genutzt. Damit werden fossile Brennstoffe geschont. Auf die Deponie gelangen nur noch Stoffe, die nicht zu verschmutztem Sickerwasser führen und die kein Deponiegas mehr entwickeln. Die gesamte Anlage ist umfangreich abgedichtet und eingekapselt. Die moderne Abluftbehandlung gewährleistet, dass die mit der Abfallbeseitigung zeitweise verbundenen erheblichen Geruchsbelästigungen der Vergangenheit angehören. So trägt diese zukunftsweisende Art der Abfallbehandlung zum nachhaltigen Klima- und Umweltschutz bei und findet schon jetzt national und international Beachtung.

Literatur

ASA e.V. Der Weg zur MBA, aus: http://www.asa-ev.de/downloads/rubrik/o1/Der_Weg_zur_MBA.pdf. 2005.

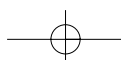
JÄGER, B.: Aus der Geschichte der Abfallwirtschaft – Entwicklungen in Deutschland nach dem 2. Weltkrieg; Müllhandbuch Lfg. 1/o1, Kennzahl 0115. 2001.

Bilder

Archiv ZAK

Autoren

Gerhard Geist, PRISMA Productions, Gewerbestraße 18a, 79219 Staufen
Berthold Reichenbach, Herbolzheim.



Aus Hausmüll wird umweltschonende Energie

Das ZAK-Verfahren zeigt, wie mechanisch-biologische Abfallbehandlung zum Klimaschutz und zur Ressourceneinsparung beitragen kann

von Georg Gibis, Geschäftsführer des Zweckverbandes Abfallbehandlung Kahlenberg, Ringsheim

Für den Zweckverband Abfallbehandlung Kahlenberg (ZAK) war es ein Glücksfall. Das ab 2005 geltende bundesweite Verbot, Rohmüll zu deponieren, zwang die beiden am Verband beteiligten Landkreise, den Ortenaukreis und den Landkreis Emmendingen, zu einer Neuorientierung ihrer Abfallentsorgung. Die Weichen dafür wurden bereits 1996 gestellt. Damals entschloss sich der Zweckverband, ein innovatives Verfahren zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung auf der Deponie Kahlenberg in Ringsheim auf den Weg zu bringen. Ziel des neuen Verfahrens sollte die weitgehende Verwertung des Hausmülls aus beiden Landkreisen sein. Über Jahre haben die Mitarbeiter des Zweckverbands ein Verfahren entwickelt und ab dem Jahr 2000 in einer großtechnischen Pilotanlage getestet und optimiert. Entstanden ist eine in der Kombination der einzelnen Verfahrensschritte bisher einzigartige Abfallbehandlungsanlage. Im Mai 2006 ging sie in Betrieb und behandelt seitdem den Hausmüll sowie die über die kommunale Abfuhr miterfassten Gewerbeabfälle aus einem Einzugsgebiet von rund 570.000 Einwohnern mit einer Durchsatzleistung von 100.000 Tonnen im Jahr. Dabei werden große Mengen Biogas und hochwertige, heizwertreiche Sekundärbrennstoffe erzeugt. Auch Metalle sowie mineralische Stoffe werden zurück gewonnen. Die Anlage trägt durch ihre CO₂-neutralen Energiegewinnung zum Klimaschutz und zur Ressourceneinsparung bei.

Verfahren in vier Stufen

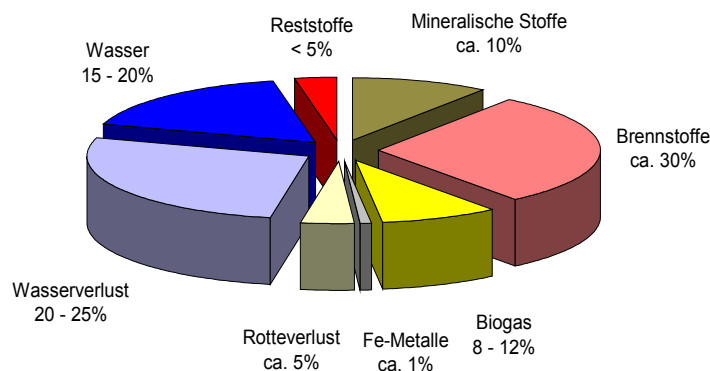
Das ZAK-Verfahren besteht aus einem vierstufigen Aufbau. In der ersten Verfahrensstufe, der **mechanischen Aufbereitung**, wird der angelieferte Abfall sortiert. Hier werden Metalle und grobkörnige Kunststoffe abgetrennt sowie Störstoffe entfernt. Aus dieser Verfahrensstufe gelangen etwa 90 Prozent zur anschließenden biologischen Behandlungsstufe der Anlage. Dieser hohe Gewichtsanteil entspricht nahezu dem gesamten Inhalt an organischen Stoffen aus dem Hausabfall.

Zur **biologischen Umsetzung** des aufbereiteten Abfalls wird eine neu entwickelte Verfahrenskombination genutzt. Kernstück der Anlage sind dabei die sogenannten Perkolatoren. Der Begriff „Perkolator“ bedeutet soviel wie durchsickern lassen oder auswaschen. Beim Perkolator handelt es sich im Prinzip um eine etwa 25 Meter lange und 5 Meter breite, geschlossene Betonhalbschale. Ein Rührwerk wälzt die ankommenden Abfälle um, durchmischt und transportiert sie. Der ankommende Abfall enthält bereits selbst einen Wasseranteil von rund 40 Prozent. Pro Tonne Abfall werden eineinhalb Kubikmeter Wasser zusätzlich zugegeben. Damit werden die Abfälle durchnässt und ausgewaschen. Um dafür nicht ständig Trinkwasser zu verbrauchen, zirkuliert das Waschwasser weitgehend in einem Kreislaufsystem. Dies schont nicht nur den Verbrauch an Trinkwasser, sondern ist mit weiteren verfahrenstechnischen Vorteilen verbunden. In dieser Stufe wird ein großer Teil des Hausabfalls biologisch abgebaut. Daraus entsteht Biogas, aus dem umweltfreundlich Strom und Wärme erzeugt wird, und die Abfallmenge wird vermindert. Die verbleibenden Feststoffe können gut weiter behandelt oder getrocknet werden.

In der dritten Verfahrensstufe, der **biologischen Trocknung** werden die Abfallreste aus der zweiten Stufe getrocknet. Die Biologische Trocknung erfolgt ähnlich der Kompostierung. Die Hauptarbeit verrichten Bakterien und Pilze, die zum Überleben Sauerstoff benötigen. Dadurch nimmt die Abfallmenge weiter ab. Das getrocknete Material ist dann für die nachfolgende Stufe, die Mechanische Stofftrennung, ideal vorbereitet.

In der letzten Stufe, der **mechanischen Stofftrennung** werden Materialien mit hohem Heizwert von nicht brennbaren Anteilen getrennt.

Das Schaubild zeigt, in welchem Umfang der Hausabfall bei der mechanisch-biologischen Behandlung nach dem ZAK-Verfahren verringert und verwertet werden kann: Aus 100 Tonnen Abfall verbleiben am Ende der Behandlung noch etwa 50 Tonnen Feststoffe, die zum größten Teil als Sekundärrohstoffe oder Sekundärbrennstoffe verwertbar sind. Etwa zehn Prozent können als mineralische Abfälle auch künftig gefahrlos auf der vor Ort vorhandenen Deponie abgelagert werden. Die Reststoffe, die in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden müssen, machen weniger als 5 Prozent der angelieferten Abfallmenge aus.



Beitrag zum Klimaschutz

Mit der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung nach dem ZAK-Verfahren wird der Kreislauf in der Abfallwirtschaft weitgehend geschlossen. Von geringen Mengen nicht behandelbarer oder verwertbarer Stoffe abgesehen, verwandelt sich der Abfall - mit ausgefeilter technischer Unterstützung - zu schadlosen Produkten. Der Abfall wird damit zu einem neuen Produkt in Form von Grundrohstoffen, die ihrerseits zur Herstellung weiterer Produkte und zu Versorgungszwecken eingesetzt werden können. Abfall ist damit global betrachtet, kein lästiger oder gar sinnloser Stoff mehr, sondern nach der Behandlung mit den geeigneten technischen Maßnahmen ein Wirtschaftsgut von beachtlicher Bedeutung.

Nicht zu unterschätzen ist der Beitrag zum Klimaschutz, der mit der Anlage geleistet wird. Die mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage selbst wird durch die Verstromung des gewonnenen Biogases energieneutral betrieben.

Die heizwertreichen Stoffe können als so genannte „Sekundärbrennstoffe“ oder „Ersatzbrennstoffe“ in dafür geeigneten Kraftwerken teilweise die primären fossilen Energieträger Kohle und Erdöl ersetzen. In den Sekundärbrennstoffen sind auch Bestandteile aus nachwachsenden Energieträgern enthalten. Nachwachsende statt fossiler Energieträger zur Energiegewinnung einzusetzen, ermöglicht ebenfalls einen Beitrag zum Klimaschutz: aus ihnen wird beim Verbrennen nicht mehr Kohlendioxid frei, als sie zuvor beim Wachsen aus der Atmosphäre aufgenommen haben.

Eine der großen Aufgaben unserer Zeit ist die Versorgung mit Energie in ausreichender Menge. Die Industriegesellschaften stillen ihren enormen Energiebedarf nach wie vor mit fossilen Energieträgern wie Kohle, Gas, Öl. Die fossilen Energieträger stehen jedoch nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung und gefährden bei ihrer Verbrennung das Klima. Um diese Ressourcen zu schonen und das Klima zu schützen, wurden besonders in Deutschland zahlreiche alternative Energieträger und regenerative, nachhaltig einsetzbare Technologien entwickelt.

Auch einige Fraktionen der Reststoffe, die aus dem in der MBA Kahlenberg behandelten Abfall stammen, sind alternative Energieträger und besitzen regeneratives Potential. Schon die in der ersten Verfahrensstufe „mechanische Aufbereitung“ abgetrennte heizwertreiche Grobfraction mit ihrem hohen Kunststoffanteil kann in geeigneten Kraftwerken Primärbrennstoffe wie beispielsweise Kohle ersetzen. Deshalb werden solche Stoffe auch Ersatzbrennstoffe (EBS) oder Sekundärbrennstoffe (SBS) genannt. Die Grobfraction besitzt pro Kilogramm einen Heizwert von über 20.000 Kilojoule. Dieser Heizwert entspricht dem von Braunkohlen-Briketts.

Die Leichtstoffe aus der letzten Stufe, der mechanischen Stofftrennung sind ebenso als Ersatzbrennstoffe nutzbar. Ihr Heizwert ist mit 11.000 bis 16.000 Kilojoule pro Kilogramm etwas geringer und vergleichbar mit dem Energiegehalt von luftgetrocknetem Holz. Besonders interessant sind diese Brennstoffe wegen ihres Gehalts an Biomasse. Werden die Ersatzbrennstoffe im Kraftwerk eingesetzt, verbrennt der Biomasseanteil „CO₂-neutral“, weil das dabei frei werdende Kohlendioxid zuvor beim Wachstum der Pflanzen unserer heutigen Atmosphäre entnommen wurde. Damit ist es Bestandteil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs der Erde und trägt nicht zum Treibhauseffekt bei. Das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht, stammt dagegen aus der Lufthülle von schon vor Millionen von Jahren vergangenen Erdzeitaltern. Es belastet unsere heutige Atmosphäre und gefährdet damit unser Klima.

Durch die vorgeschaltete Siebung fallen die Ersatzbrennstoffe in verschiedenen Korngrößen an. Sie können je nach Anforderung des Brennstoffabnehmers an die Körnung des Materials gemischt oder einzeln ausgeschleust werden.

Günstige Müllgebühren

Nicht zuletzt ist mit der Inbetriebnahme der Abfallbehandlungsanlage nach dem ZAK-Verfahren auch ein ökonomischer Erfolg zu verzeichnen. Die Bruttogesamtkosten für die Realisierung der Anlage betragen rund 47 Millionen Euro. Durch den Erfolg des abfallwirtschaftlichen Gesamtkonzeptes, das ohne die getrennte Biomüllerrfassung auskommt, kommen die Bürgerinnen und Bürger des Landkreises Emmendingen und des Ortenaukreises auch in den nächsten Jahren in den Genuss von Müllgebühren, die landesweit im unteren Drittel zu finden sind.