

Zukunftsfähige MBA-Konzepte – Vision 2020



Dipl.-Ing. Reinhard Schu,
EcoEnergy Gesellschaft für
Energie- und Umwelttechnik mbH
Walkenried

2. Internationale Tagung MBA 2007
22. – 24. Mai 2007, Hannover

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	3
2	ENTWICKLUNG DER MBA-TECHNOLOGIE	3
3	BEHANDLUNG GROBFRAKTION	7
4	BEHANDLUNG FEINFRAKTION.....	8
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	13
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	14

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verfahrensfliessbild Tunneltrockner mit Aufbereitung	8
Abbildung 2: Verfahrensschema des NMT-Verfahrens	10
Abbildung 3: Verfahrensschema gesamt	12

1 Einleitung

Eine Abfallvorbehandlungsanlage ist nicht nur eine Anlage, sondern Ausdruck eines Abfallwirtschaftskonzeptes. Ein zukunftsfähiges Abfallwirtschaftskonzept muss den Bedingungen der Nachhaltigkeit genügen. Für die Abfallwirtschaft konkretisierte sich der Gedanke der Nachhaltigkeit in der Vision 2020. Spätestens ab 2020 soll ein vollständiges Schließen der Stoffkreisläufe bei möglichst hochwertiger Verwertung der Sekundärprodukte erfolgen, so dass Deponien entbehrlich werden. Eine Ausschleusung von Schadstoffen wird jedoch auch nach 2020 Realität bleiben, eine 100 %ige Verwertung gibt es vorerst technisch nicht.

Die von EcoEnergy entwickelte zukunftsfähige MBA-Anlage ist modular aufgebaut und besteht aus:

- Modul 1: mechanische Grobaufbereitung
- Modul 2: Verwertung der heizwertreichen Grobfraction
- Modul 3: nassmechanische Trennung (NMT) der Feinfraktion
- Modul 4: Abwasserreinigung
- Modul 5: BioFluff Trocknung
- Modul 6: BioFluff Konfektionierung und Verwertungsmöglichkeiten

Kernstück des Konzeptes ist mit Modul 3 die nassmechanische Trennung der Feinfraktion < 80 mm, die im Wesentlichen ein Dreistoffgemisch aus Wasser, Inertem (Sand, Steine, Glas) und Organik ist.

Ziel der Aufbereitung ist die Erzeugung stofflich verwertbarer Inertfraktionen sowie stofflich und/oder energetisch verwertbarer Organikfraktionen.

Die Entwicklung und Erprobung des NMT-Verfahrens wurde von EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH durchgeführt, von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert und von der Universität Duisburg-Essen wissenschaftlich begleitet. Es konnte im Sommer 2006 seine großtechnische Machbarkeit bei Versuchen nachweisen.

Es werden die möglichen Verwertungswege der Produkte des NMT-Verfahrens und hier besonders der abgetrennten und weitgehend entwässerten Organikfraktion (Roh-BioFluff) dargestellt. Zu nennen sind die

- energetische Verwertung in Kraftwerken,
- Verwertung durch Vergärung zu Methan oder Ethanol,
- stoffliche Verwertung als Faserstoff oder zur Bodenverbesserung / Düngung.

Mit dem Konzept wird eine zukunftsfähige Weiterentwicklung des MBA-Gedankens vorgestellt.

2 Entwicklung der MBA-Technologie

MBA-Konzepte wurden ursprünglich zur Stoffstromteilung in eine nasse Feinfraktion und eine trockene Grobfraction entwickelt. Das erklärte Ziel für die nasse Feinfraktion war bis Anfang der 80er Jahre die Herstellung von Kompost. Die trockene Grobfraction wiederum sollte zu Ersatzbrennstoffen für Industrieanlagen aufbereitet werden, die damals BRAM (BRennstoffAusMüll) genannt wurden. Mit diesem Konzept sollte eine hochwertige Verwer-

tung aller Abfallbestandteile ermöglicht werden. Der Nachhaltigkeitsgedanke ist deutlich erkennbar, obwohl zu dieser Zeit dieser Begriff in der Abfallwirtschaft noch nicht verwendet wurde.

Die nasse Feinfraktion wurde zur Herstellung eines optisch sauberen Müllkompostes verwendet, der sich äußerlich nicht von Bioabfallkomposten unterschied. Die Schadstoffgehalte und hier besonders die Schwermetallgehalte (Hg, Pb, Cd etc.) waren jedoch für eine langfristige landwirtschaftliche Nutzung zur Herstellung von Nahrungsmitteln zu hoch.

Die trockene Grobfraktion konnte durch eine rein mechanische Aufbereitung nicht soweit von Schadstoffen befreit werden, dass eine Mitverbrennung in Industriekraftwerken unter technischen und emissionsschutzrechtlichen Gesichtspunkten langfristig möglich war. Da ab Mitte der 80er Jahre die Kosten für Primärenergieträger zudem stark zurückgingen, war die Wirtschaftlichkeit des BRAM-Konzeptes nicht mehr gegeben.

Ab Mitte der 80er Jahre wurde verstärkt die getrennte Erfassung von trockenen Wertstoffen wie Papier, Pappe, Glas sowie Metalle gefordert und das MBA-Konzept zu einer reinen Vorbehandlung vor der Deponie modifiziert.

In Pilotversuchen an der Kompostierungsanlage Witzenhausen mit Bioabfall aus der separaten Sammlung von 1983 - 1986 (ANS, 2003) konnte nachgewiesen werden, dass Biokompost aus der separaten Bioabfallsammlung wesentlich geringer mit Schad- und Störstoffen belastet ist als Hausmüllkompost. Auf Grundlage des § 3 des Abfallgesetzes von 1986 forderte daraufhin der damalige Umweltminister Klaus Töpfer die separate Einsammlung von Bioabfall und der trockenen Wertstoffe Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) und Glas.

Die Ergebnisse der Modellvorhaben für eine getrennte Erfassung von Wertstoffen waren Grundlage für die Festschreibung der Kreislaufwirtschaft (KRWABFG, 1994) mit getrennter Erfassung der biogenen Anteile des Abfalls und der Festlegung von Qualitätskriterien für die erzeugten Bioabfallkomposte (LAGA M10, 1995), (BIOABFV, 1998). Die in LAGA M10 sowie in der Bioabfallverordnung genannten Grenzwerte für Komposte hatten zum Ziel, Hausmüllkomposte zu verhindern und orientierten sich an den technischen Möglichkeiten einer getrennten Bioabfallsammlung. Der Gedanke der Nachhaltigkeit war im Ansatz gegeben, jedoch nicht konsequent durchgeführt worden. Aspekte wie langfristige Akkumulation von Schadstoffen in den Böden wurden bei der Grenzwertfindung nicht berücksichtigt. Erst im Positionspapier des Umweltbundesamtes „Gleiches zu Gleichem“ (UMWELTBUNDESAMT, 2002) wurde im Jahr 2002 der Nachhaltigkeitsgedanke auch auf die Bioabfallkomposte angewendet, aber noch nicht in einen rechtlichen Rahmen überführt.

Mit der getrennten Wertstoff- und Bioabfallerefassung sowie durch das Scheitern des BRAM- und Hausmüllkompost-Konzeptes wurde der MBA-Gedanke auf eine reine Vorbehandlung vor der Deponie reduziert. Das Schließen von Stoffkreisläufen, die Energieeffizienz und so der Nachhaltigkeitsgedanke gerieten in den Hintergrund.

Die ursprüngliche Motivation für die MBA-Technik war höchst modern, die getroffenen Ansätze waren jedoch veraltet und wurden durch den fortschreitenden Nachhaltigkeitsgedanken im Bereich der Abfallwirtschaft überholt:

a. Hausmüllkompost ist nicht nachhaltig

Aus gemischtem Abfall (Hausmüll) kann auf Grund der zu hohen Schadstoffbelastung kein landwirtschaftlich verwertbarer Kompost für die Lebensmittelherstellung erzeugt werden.

b. Kompost aus getrennt erfasstem Bioabfall ist nachhaltig. Wirklich?

Die Schadstoffbelastung in Komposten aus getrennt erfasstem Bioabfall ist teilweise so hoch, dass die Grenzwerte der Bioabfallverordnung überschritten werden (UMWELTMINISTERIUM BW, 1996), (BIFA, 2002), (BAYERISCHES LANDESAMT F. UMWELTSCHUTZ, 2003) Damit ist eine nachhaltige Kompostverwertung nur schwer möglich. Nach dem Positionspapier des UBA „Gleiches zu Gleichem“ (UMWELTBUNDESAMT, 2002) wird eine Kompostierung eines Großteils der getrennt erfassten Bioabfälle nicht mehr sinnvoll, da die Bioabfallkomposte den neuen Anforderungen nicht entsprechen würden.

c. Vollzug der Abfallablagerungsverordnung

Die Anforderungen der TASI (bzw. der Artikelverordnung) wurden tatsächlich ab 01.06.2005 vollzogen. Die Kosten für den Bau und Betrieb einer MBA sind über das allgemein erwartete Maß hinaus gestiegen.

d. Schlechte Qualität der erzeugten Ersatzbrennstoffe

Die heizwertreiche Fraktion aus Siedlungsabfällen hat sich entgegen vieler Prognosen nicht als energetischer Wertstoff, sondern weiterhin als Abfall zur energetischen Verwertung erwiesen. Wie in den 80er Jahren mit dem BRAM-Konzept ist es nicht gelungen, mittels mechanischer Verfahren aus gemischtem Abfall einen schadstoffarmen Brennstoff entsprechend den Spezifikationen effizienter industrieller Kraft- und Wärmeerzeugungsanlagen herzustellen.

e. Kein Einsatz von Ersatzbrennstoffen in modernen Kohlekraftwerken

Die erzeugten Ersatzbrennstoffe werden heute nur in alten Kraftwerken mit niedrigen Dampfparametern und entsprechend niedrigen Nettowirkungsgraden mitverbrannt. Entsprechend höher sind die Brennstoffkosten sowie – zukünftig bedeutend – die CO₂-Abgaben des Grundlastbrennstoffes. Bei energieeffizienten Kraftwerken dagegen verbietet sich der Einsatz auch geringer Ersatzbrennstoffmengen aufgrund der möglichen Betriebsstörungen.

Bei Einsatz von Ersatzbrennstoffen aus gemischten Siedlungsabfällen in Kraftwerken ergeben sich zudem neue Fragestellungen der Verwertung der Reststoffe aus dem Kraftwerksprozess.

f. Verwertung in Zementwerken von der Baukonjunktur abhängig

Eine Verwertung der Ersatzbrennstoffe in Zementwerken ist wegen der sehr hohen Abhängigkeit von der Baukonjunktur erschwert. Die Nachfrage nach Zement ist immer noch rückläufig. In der Zementindustrie werden vorzugsweise sehr heizwertreiche und gut dosierbare Abfälle wie Altreifen, Altöl, Lackschlamm und spezielle produktionsspezifische Abfälle eingesetzt. Ersatzbrennstoffe aus MBA werden nur dann eingesetzt, wenn besser geeignete Ersatzbrennstoffe nicht oder nicht zu wirtschaftlichen Bedingungen verfügbar sind.

g. Unvollständiger Gleichwertigkeitsnachweis

Der Gleichwertigkeitsnachweis zwischen MBA und MVA ist unvollständig und berücksichtigt lediglich das Ablagerungsverhalten der behandelten Abfälle sowie nicht vollständig die Emissionen während der Behandlung. Nicht berücksichtigt wurden weitere Aspekte wie:

- Energieeffizienz, besonders bezüglich der abzulagernden Feinfraktion und des Energieaufwandes für die MBA inkl. der Abluftbehandlung (RTO) mit den Maßstäben der BVT-Beurteilung
- Wertstoffeigenschaften der abzulagernden Abfälle - Verwertungsvorrang
- Flächenbedarf der Anlagentechnik
- Gesamtwirtschaftlichkeit inkl. der Kosten für die energetische Verwertung bei Schadstoffreduktionspotential analog MVA

Zusammenfassung:

Der Ansatz einer Stoffstromteilung mit dem Ziel einer nachhaltigen Abfallwirtschaft ist richtig. Gescheitert ist dagegen das Konzept einer MBA als Vorbehandlungsanlage vor einer Deponie, da weder dem Nachhaltigkeitsgedanken Genüge getan wird noch ein langfristig wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Einige MBA haben zudem Schwierigkeiten, die aktuellen gesetzlichen Anforderungen vollständig zu erfüllen (DOEDENS ET AL., 2006), (ASA, 2006). Eine klassische MBA steht der Forderung entgegen, dass sich die Abfallwirtschaft zunehmend als Rohstoffproduzent für hochwertige Sekundärprodukte versteht („urban mining“) (HOFFMEYER, 2005).

3 Behandlung Grobfraction

Der erste Schritt einer hochwertigen Aufbereitung von Abfall ist dessen selektive Zerkleinerung mit anschließender Klassierung in eine heizwertreiche, weitgehend trockene Grobfraction sowie in eine heizwertarme, weitgehend nasse, organik- und inertstoffhaltige Feinfraction.

Der Abfall wird grob vorzerkleinert. Inertmaterial und grobe Organik werden auf Korngrößen < 80 mm zerkleinert, verformbare Kunststoffe, Folien etc. dagegen kaum (selektive Zerkleinerung). Dies führt bei Abstimmung der Siebtechnik (Siebloch, Siebdurchmesser, Einbauten) mit der Wahl des Zerkleinerers dazu, dass in der Feinfraction < 80 mm 90 % bis 95 % der Organik und Inertien enthalten sind, während die kaum zerkleinerten Kunststoffe und PPK in der Grobfraction angereichert werden.

Ein Siebschnitt von < 80 mm ist technisch bewährt. Eine Siebung wesentlich gröber als 80 mm wird die weitergehende Aufbereitung der Feinfraction erschweren.

Die Grobfraction > 80 mm kann direkt ohne weitere Aufbereitung in einer Ersatzbrennstoffverwertungsanlage (Rostfeuerung) energetisch genutzt werden. Dies ist bei einer Nutzung in energetisch hocheffizienten Anlagen mit Kraft-Wärmekoppelung sinnvoll.

Ist eine direkte, effiziente energetische Verwertung nicht möglich, bietet sich eine weitgehende Aufbereitung der Grobfraction mit dem Ziel der Gewinnung (stofflich) verwertbarer Fraktionen an. Eine Trocknung des Materials verbessert die Qualität der Aufbereitung und damit die Verwertungsmöglichkeiten.

An einen nachhaltigen Trockner müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

- Ein breites Kornspektrum bis 300 mm muss verarbeitet werden können, ohne dass das Material vor der Trocknung zerkleinert werden muss.
- Die Trocknungstemperatur sollte aus Gründen des Brandschutzes weniger als 100 °C betragen. Niedrige Trocknungstemperaturen verhindern auch Materialveränderungen bei Kunststoffen, so dass diese stofflich verwertet werden können.
- Als Trocknungsenergie sollte Niedertemperaturwärme verwendet werden, z. B. aus Kraftwerken oder BHKW.
- Der Trockner ist im Umluftbetrieb zu fahren, so dass die Abluftmengen minimiert werden und eine aufwändige Abluftreinigung vermieden werden kann.

Bei dem von EcoEnergy entwickelten Trocknungsprinzip handelt es sich um einen an den Abfall adaptierten Bandtrockner im Umluftbetrieb, als Band wird ein Pendelbodensystem eingesetzt.

Die bei der selektiven Zerkleinerung und Klassierung erzeugte heizwertreiche und kunststoffreiche Grobfraction (80 mm bis 300 mm) sowie der Rücklauf aus der Konfektionierung gelangen in einen Trockner.

Tunneltrockner

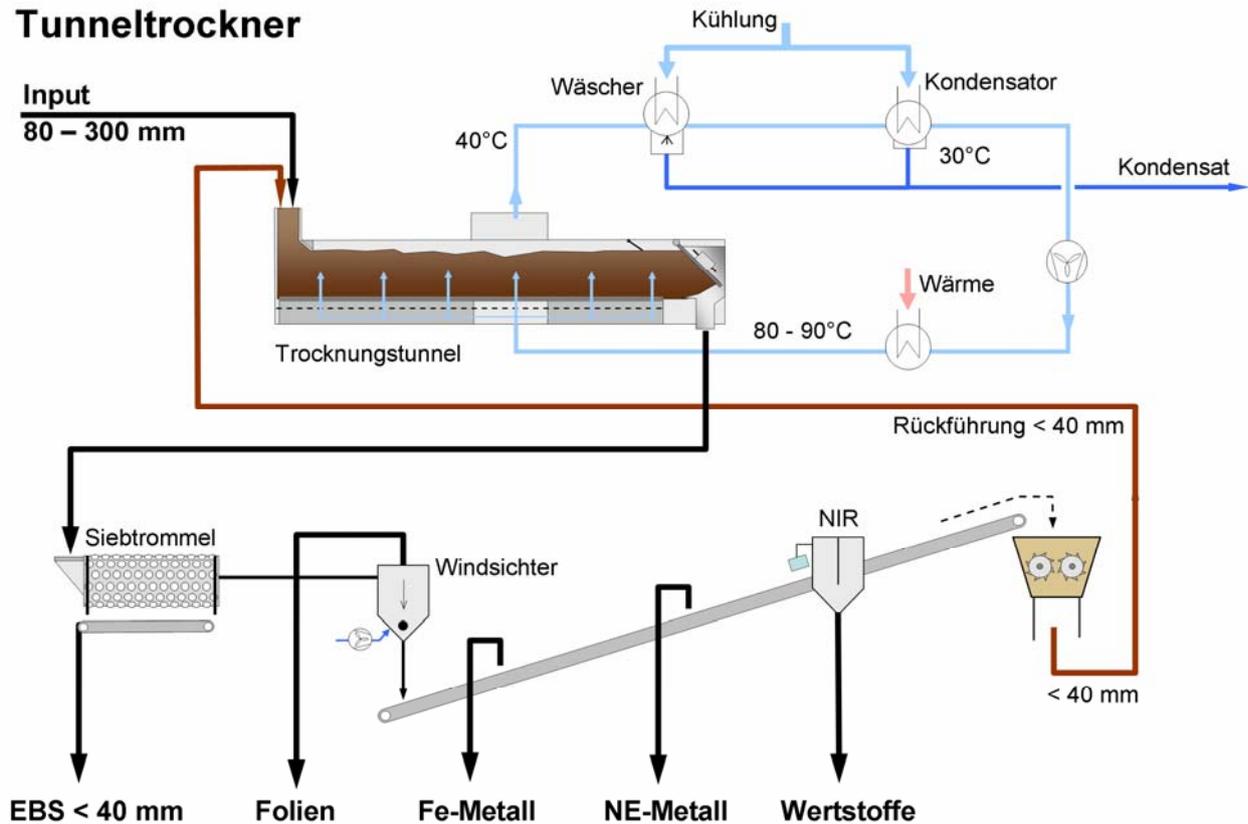


Abbildung 1: Verfahrensfliessbild Tunneltrockner mit Aufbereitung

Als Ergebnis der Aufbereitung der Grobfraktion werden trockene, geruchsarme und saubere Produkte erhalten, die stofflich und/oder energetisch verwertet werden können.

4 Behandlung Feinfraktion

Die Feinfraktion < 80 mm wird mit dem NMT-Verfahren in Inertstofffraktionen, Organikfraktionen und eine Flüssigfraktion, die gelöste Stoffe sowie feinste Inertstoffe und Organikpartikel enthält, aufgetrennt. Als Trennmedium wird auf ca. 65 °C erwärmtes Kreislaufwasser verwendet. Durch die Erwärmung des Kreislaufwassers sinkt die Viskosität des Wassers, was dessen Trennwirkung verbessert und die Effizienz der Abpressung steigert.

Zusätzlich wird durch die Überlagerung von Temperaturen oberhalb von 65 °C und der Scherwirkung in Schneckenpressen der Effekt einer Thermo-Mechanischen-Zelllyse (TMZ) und Hygienisierung der nativen Organik erzielt (SCHU, 2006).

Bei Bioabfall oder Restabfall arbeitet das Verfahren mit Wasserüberschuss. Aufgrund des fehlenden Wasserhaltevermögens können Inertstoffe bis auf einen Restwassergehalt < 5 % und organische Produkte bis zu einem Restwassergehalt von 40 % bis 60 % entwässert werden. Durch vorherige Fraktionierung und Inertstoffabscheidung wird eine Thermo-Mechanische-Zelllyse (TMZ) ermöglicht, die eine Zerfaserung und einen Zellaufschluss und damit einen erhöhten Entwässerungsgrad bewirkt.

Eine weitgehende Entwässerung der Inertfraktion ist auch ohne Trocknung möglich. Die Inertstoffe werden soweit mit Kreislaufwasser und Frischwasser gereinigt, dass sie einer

Verwertung zugeführt werden können. Bei Bedarf kann die Qualität der groben Inertfraktion über eine Bauschutttaufbereitung verbessert werden.

Insgesamt können aus den Inertfraktionen folgende Produkte gewonnen werden:

- Steine
- Kies
- Sand

Die Organikfraktionen werden nach ihrer Absiebung in Schneckenpressen entwässert, wobei durch die speziellen Prozessbedingungen der Thermo-Mechanischen-Zellyse das Zellwasser ebenfalls erfasst wird.

Der Schadstoffgehalt in den Biomassefraktionen ist verfahrensbedingt gering. Chlor ist durch die Kunststoffabtrennung nicht als PVC enthalten und kann nur als Salz gelöst im Wasser vorhanden sein. Durch den hohen Entwässerungsgrad ohne thermische Trocknung werden alle löslichen Schadstoffe mit dem Press- und Waschwasser, je nach Waschwasseraufbereitungs- und Presskonzept, zu 50 % bis 90 % ausgetragen.

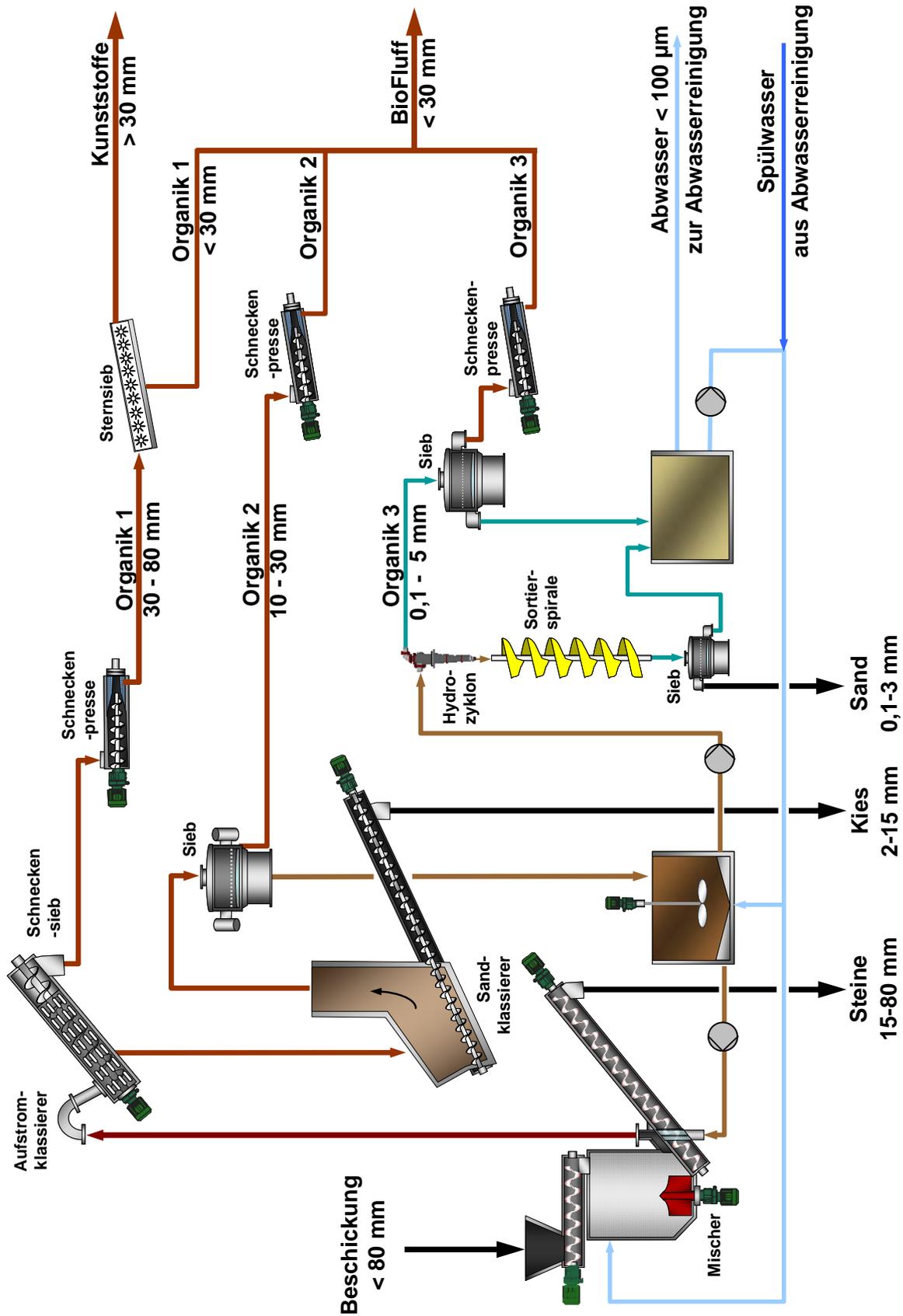


Abbildung 2: Verfahrensschema des NMT-Verfahrens

Soll die Organik aus dem NMT-Prozess brikettiert oder pelletiert werden, ist eine Trocknung erforderlich.

Nach der Trocknung wird die Organik (Roh-BioFluff) bei 5 mm gesiebt, wobei im Siebüberlauf die verbleibenden Kunststoffe abgetrennt werden. Im Siebdurchgang befindet sich zu fast 100 % native Organik wieder, die im Folgenden BioFluff genannt wird.

Der getrocknete und gesiebte BioFluff wird entsprechend dem vorgesehenen Verwertungsweg konfektioniert. BioFluff ist eine schadstoffreduzierte, trockenstabilisierte, aufgefaserte Biomasse und als Rohstoff vielseitig einsetzbar. Für eine Verwertung als Trockendünger ist eine Pelletierung, zur direkten energetischen Verwertung eine Brikettierung oder Pelletierung vorgesehen. Sollte BioFluff weiter verarbeitet werden, z. B. zu Methan oder Ethanol vergoren oder zu Werkstoffen in Form von Dämmstoffen, Baustoffen oder Filterstoffen aufbereitet werden, kann eine Pelletierung oder Brikettierung aus Transportgründen wegen der geringen Dichte von BioFluff erforderlich sein.

Ein weiteres Ziel des NMT-Verfahrens ist es, die vergärbaren Bestandteile des Abfalls in das Kreislaufwasser zu überführen und entsprechend den Anforderungen einer anaeroben Industriewassereinigung bei ca. 100 µm zu filtern. Besonders geeignet sind Hochleistungsverfahren mit anaeroben Festbettreaktoren oder mit Biomasserückhaltung nach dem UASB-Verfahren (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Der CSB-Abbau liegt abhängig vom anaerob abbaubaren CSB-Anteil bei 75 % bis 95 % und die Verweilzeit bei ca. 15 bis 30 Stunden gegenüber 18 bis 21 Tagen bei konventionellen Biogasanlagen. Das erzeugte Biogas wird im BHKW verwertet, Strom und Wärme werden für den Gesamtprozess verwendet.

Der Ablauf aus dem UASB-Verfahren wird in einem Aerob-Festbett-Reaktor nachbehandelt und kann als Washwasser für das NMT-Verfahren zurückgeführt oder als Überschusswasser der weitergehenden Nitrifikations- und Denitrifikationsstufe der aeroben Abwasserbehandlung zugeführt und dann eingeleitet werden. Ist der Salzgehalt der Produkte aus dem NMT-Verfahren zu hoch, kann eine Umkehrosmose eingesetzt werden.

Der Klärschlamm, der in der Anaerob- und Aerobstufe der Abwasserbehandlung anfällt, ist die Schadstoffsенke des Gesamtverfahrens.

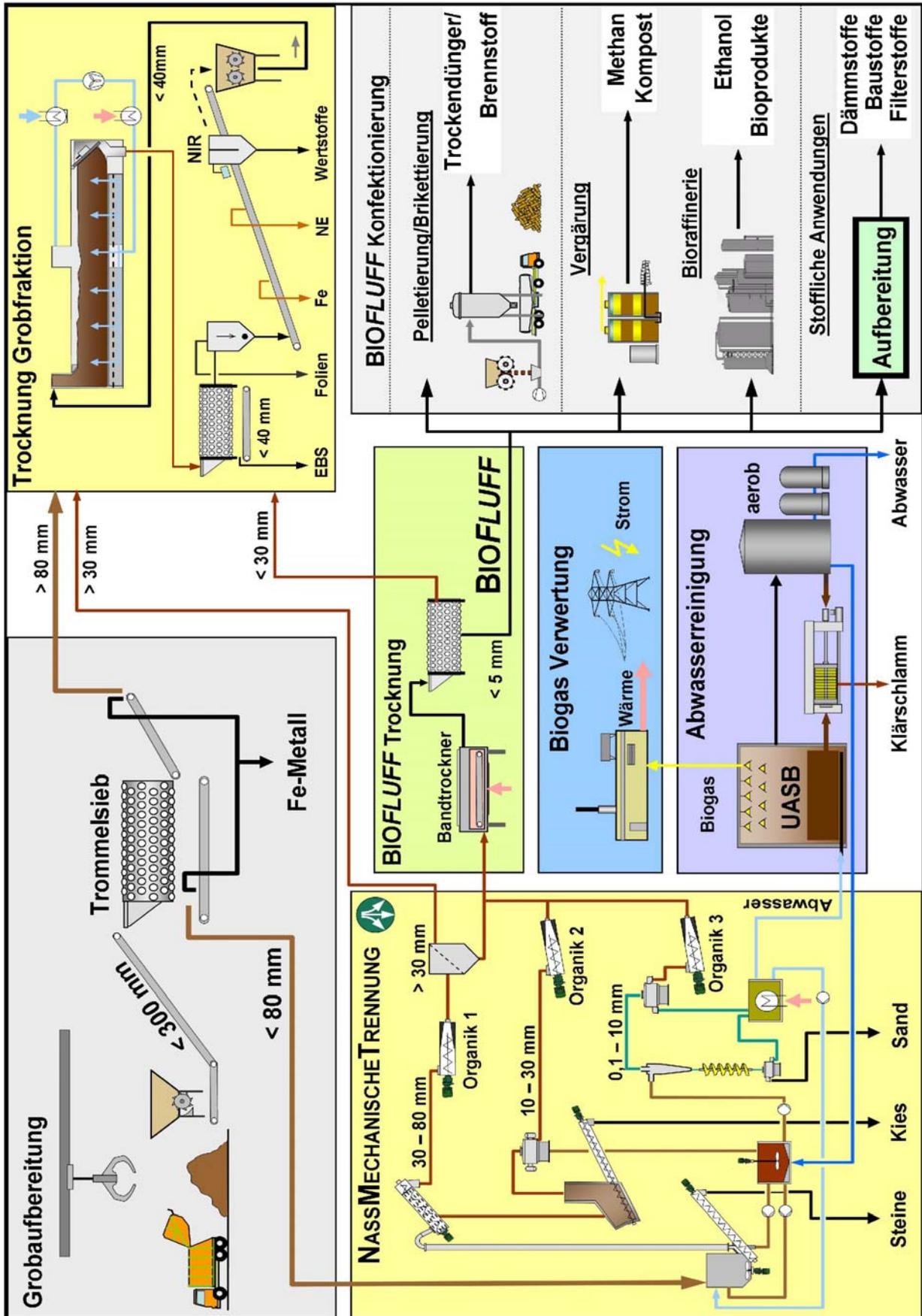


Abbildung 3: Verfahrensschema gesamt

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung der Abfallwirtschaft als Rohstofflieferant wird in der Vision 2020 vorausgesetzt.

MBA-Technologie ist nicht nachhaltig, solange der Energieinhalt der Organik nutzlos an die Umgebung abgegeben wird und die Reststoffe deponiert werden.

Die Vielzahl der vorgestellten Verwertungsmöglichkeiten von Abfallfraktionen sollte Anreize schaffen, die Vision 2020 zu unterstützen.

6 Literaturverzeichnis

- | | | |
|--|------|--|
| ANS e.V. | 2003 | Die Zukunft der Getrenntsammlung von Bioabfällen – 20 Jahre Biotonne in Witzenhausen, eine Standortbestimmung. In: 64. Informationsgespräch des ANS e.V.; 8. und 9. Juli 2003 in Witzenhausen |
| ASA e.V. | 2006 | Neubewertung der Vorgaben der AbfAbIV zur Qualität des MBA-Deponats – insbesondere des TOC im Eluat. 23. Mai 2006; Download von: http://www.asa-ev.de/fileadmin/download/rubrik/05_Stellungnahme/ASA_Neubewertung_Vorgaben_AbfAbIV.pdf
Stand: 20.03.2007 |
| Bayerisches Landesamt für Umweltschutz | 2003 | Kompostierung von Bioabfällen mit anderen organischen Abfällen. Augsburg, 2003 |
| BioAbfV | 1998 | Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21. September 1998 (BGBl. I S. 2955), geändert durch Art. 5 Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), durch Art. 3 Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweisbestimmungen vom 25. April 2002 (BGBl. I S. 1488) und durch § 11 Düngemittelverordnung vom 26. November 2003 (BGBl. I S. 2373) |
| BIFA | 2002 | Biotests mit organischen Extrakten aus Klärschlämmen, Komposten, Gärprodukten und Böden. Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, Oktober 2002 |
| Doedens, H.; Gallenkemper, B.; Ketelsen, K. | 2006 | Einhaltung der Ablagerungskriterien durch MBA-Anlagen – Ergebnisse der ASA-Umfrage. In: Wiemer u. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung – stofflich, energetisch, 2006, S. 575-584 |
| Hoffmeyer, P. | 2005 | Von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft – Visionen 2020. Vortrag bei der ANS , Leipzig; 31. Mai bis 2. Juni 2005 |
| KrWAbfG | 1994 | Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen vom 27. September 1994, BGBl I 1994, 2705; Zuletzt geändert durch Art. 7 G v. 9.12.2006 I 2819 |
| LAGA | 1995 | LAGA Merkblatt M 10, zuletzt geändert im Februar 1995 |
| Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg | 1996 | Hohe Kompostqualität ist möglich. Heft 2 der Reihe Boden FE, 1996 |
| Schu, R. | 2006 | Patent: Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von fossiler und nativer Organik aus organischen Stoffgemischen; AZ 10 2006 042 161.2, Anmeldung 2006 |
| Umweltbundesamt | 2002 | Zur einheitlichen Ableitung von Schwermetallgrenzwerten bei Düngemitteln. Workshop 31. Juli 2002, UBA, Berlin |