

Kosten der mechanisch-biologischen Behandlung

K. Ketelsen, E. Fehre

135 Kostenstrukturen der drei niedersächsischen Demonstrationsanlagen

135.1 Grundlagen und Annahmen

Für die drei niedersächsischen Demonstrationsanlagen wurden die tatsächlichen Kosten ermittelt und finanzmathematisch aufbereitet.

Die Kostenberechnungen basieren bei den Investitionskosten auf der Kostenfeststellung nach Baurealisierung. Den Betriebs- und Personalkosten liegen Erfahrungen und Betriebsergebnisse des Jahres 1999 zugrunde.

Dabei können geringfügige Differenzen zu den individuellen Berechnungsansätzen der Anlagenbetreiber auftreten.

Die finanzmathematische Aufbereitung der Daten wurde weitgehend vereinheitlicht und mit folgenden Parametern durchgeführt (Tabelle 1 und Tabelle 2):

Tab. 1 gewählte Abschreibungszeiten und Aufwand für Wartung und Reparatur

Bauteil	Abschreibungszeit a	Aufwand für Wartung und Reparatur % von Invest
verschleißträchtige Maschinentechnik	7-10	7,5
sonstige Maschinentechnik	15	3,5
EMSR und ZVÜ	10	3,5
Mobilgeräte	7	10
Bauteil	22-25	1-2
Außenanlagen, Erschließung	22-25	0,5

Tab. 2 Personal und gewählter Zinssatz nach Betreiberangaben

Durchsatz	Mg/a	RABA Bassum		MBV Lüneburg		MBV Wiefels
		65.000	80.000	29.000	40.000	55.000
Personal, inkl. Vertretung	Anzahl	8	11	6	10	6,2
kalkulatorischer Zinssatz	%	6,5	6,5	6,0	6,0	6,25

135.2 Investitionskosten

Bei der Bewertung der absoluten Investitionskosten der drei Anlagen müssen die in Tabelle 3 aufgeführten Unterschiede hinsichtlich Anlagengröße und Anlagenausstattung berücksichtigt werden.

Tab. 3 Anlagencharakterisierung

	RABA Bassum	MBV Lüneburg	MBV Wiefels ohne Nachrotte ohne Vorzerkleinerung
Durchsatz in Mg/a	65.-80.000	29.-40.000	55.000
Anzahl Verfahrenslinien Mechanische Aufbereitung	2	1	1
Anlagenstufen	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Aufbereitung I • Klärschlammannahme • Vergärung • Rotte (7-8 Wochen) • Mechanische Aufbereitung II 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Aufbereitung I • --- • --- • Rotte (15-16 Wochen) • --- 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Aufbereitung I (ohne Vorzerkleinerung) • --- • --- • Vorrotte (2 Wochen) • ---
Fassung und Behandlung der Abluftströme	kontrollierte Fassung und Behandlung aller Abluftströme: <ul style="list-style-type: none"> • geschlossener Biofilter mit vorgeschaltetem Luftbefeuchter als saurer Wäscher • Ableitung über Kamin 	kontrollierte Fassung und Behandlung aller Abluftströme: <ul style="list-style-type: none"> • offener Biofilter als Flächenfilter • Ableitung flächig bodennah 	kontrollierte Fassung und Behandlung aller Abluftströme: <ul style="list-style-type: none"> • abgedeckter Biofilter als Flächenfilter • Ableitung flächig bodennah

Bei der Berechnung der spezifischen Investitionskosten ergibt sich je nach gewählter Bezugsgröße ein weiterer Bereich (Tabelle 4).

Allein durch Bezug auf die tatsächlich realisierte Durchsatzmenge reduziert sich der spezifische Invest in Bassum und Lüneburg um 150 bis 200 DM/Mg auf Werte von 605 bzw. 528 DM/Mg/a und liegt damit im Bereich aktueller Ausschreibungsergebnisse.

Tab. 4 Kostenstrukturen der drei niedersächsischen Demonstrationsanlagen

	RABA Bassum	MBV Lüneburg	MBV Wiefels
Invest in Mio DM ¹	48,4	21,1	12,7
spezifischer Invest in DM/Mg/a			
Bezug Auslegungsmenge			
• inkl. Vergärung	744	-	-
• ohne Vergärung	580	726	231
Bezug Durchsatz 99	605	528	-
Aufteilung Invest auf Betriebseinheiten in % ¹			
• Anlieferung/Aufbereitung	38	36	62
• Vergärung	22	-	-
• Rotte	29	53	21
• Rottegutaufbereitung	4	-	-
• Abluftbehandlung (inkl. Fassung)	6	11	17
Aufteilung Invest auf Baugruppen in % ²			
Verfahrenstechnik	54	47	59
Bauteil	34	44	33
Mobilgeräte, Außenanlagen, innere Erschließung	12	9	8

¹ Invest ohne Baunebenkosten, Baufinanzierung, Erschließung

² wie ¹, jedoch inkl. Erschließung, Außenanlagen, Mobilgeräte

135.2.1 Aufteilung Invest auf Baugruppen

Die Investitionskosten entfielen mit 47 bis 59 % zum größten Teil auf die Verfahrenstechnik. Auf die Bautechnik entfielen 33-44 % (Abbildung 1).

Die Unterschiede zwischen den Anlagen resultieren aus der Anlagenkonfiguration, d. h.

- in Bassum fällt der Anteil Verfahrenstechnik wegen der zusätzlichen Investitionen für die Vergärung höher aus
- in Lüneburg schlägt die lange Rottezeit auf das Bauteil durch
- in Wiefels fallen die Bauteilkosten aufgrund der kurzen Rottezeit im Verhältnis zur Gesamtanlage entsprechend gering aus.

Aufgrund der kürzeren Abschreibungszeiten für die Verfahrenstechnik schlagen die Investitionen in diesem Bereich stärker auf den Kapitaleinsatz und damit auf die Behandlungskosten durch als Investitionen im Bauteil.

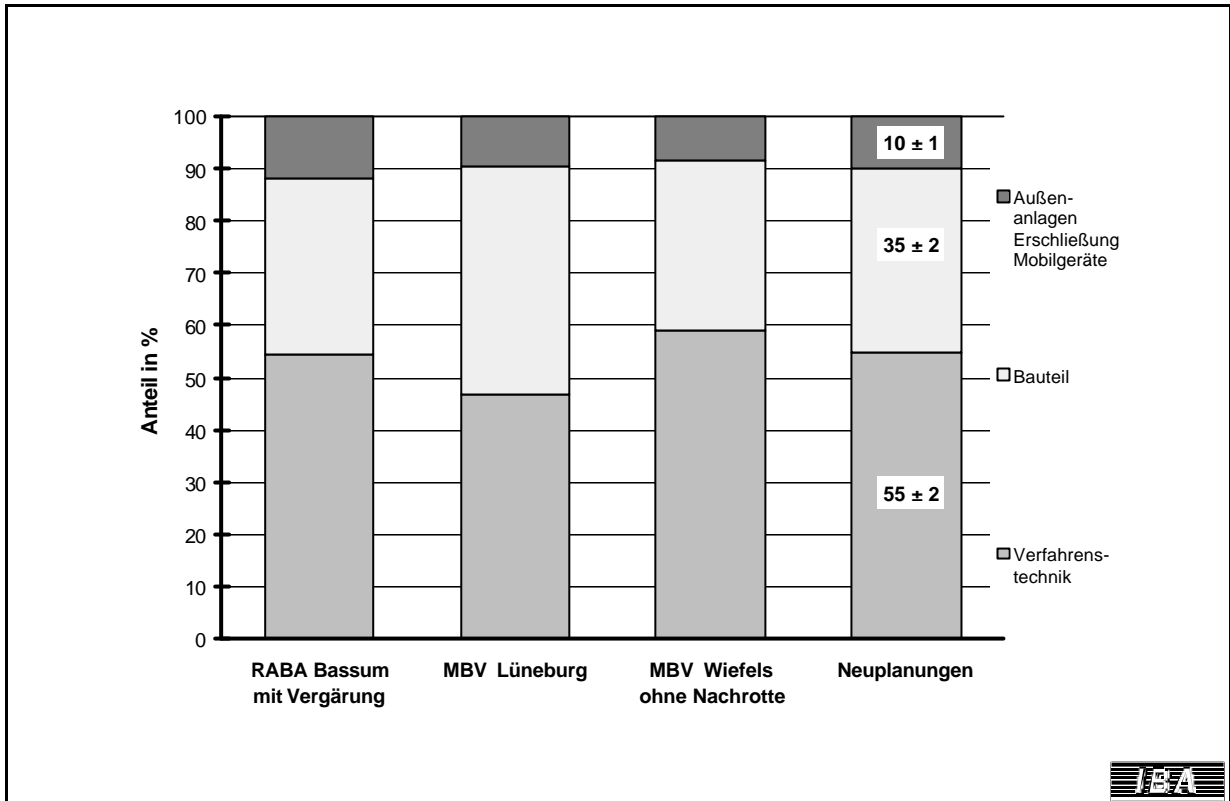


Abb. 1 Aufteilung Investitionskosten auf Baugruppen

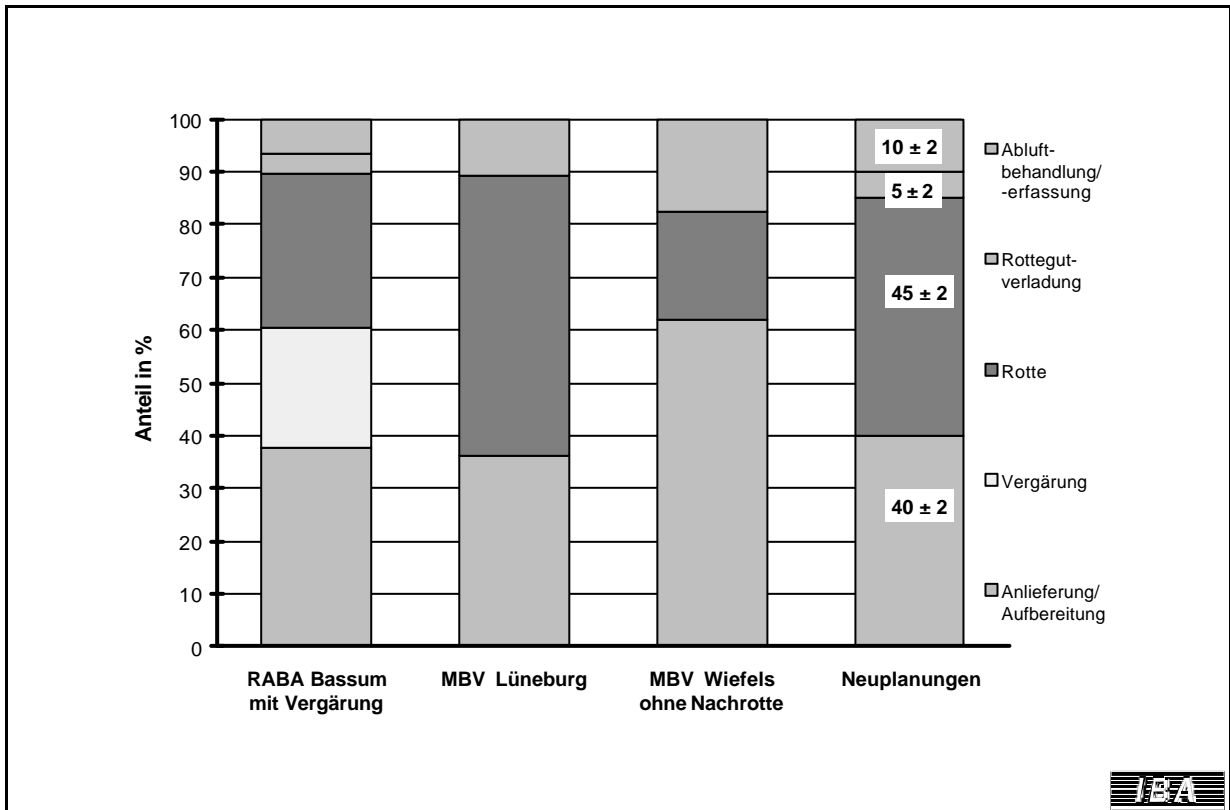


Abb. 2 Aufteilung Investitionskosten auf Betriebseinheiten

135.2.2 Aufteilung Invest auf Betriebseinheiten

Bei den Anlagen entfällt ca. 36-42 % des Invests auf die Mechanischen Stufen. In Friesland liegt der relative Anteil mit 62 % deutlich höher, da die Kosten der Rotte aufgrund der kurzen Aufenthaltszeit nicht so stark durchschlagen.

Die biologischen Stufen Rotte und Vergärung (ohne Abluft) beanspruchen etwa die Hälfte der Investitionskosten.

In Bassum entfallen ca. 26 % des Invests auf die Betriebseinheiten Vergärung und Rottegutauflbereitung, die in den beiden anderen Anlagen nicht realisiert wurden.

Der Kostenanteil der Abluftbehandlung (inkl. Abluffassung) liegt bei den Anlagen zwischen 6-17 % vom jeweiligen Invest. Die prozentualen Unterschiede resultieren dabei im Wesentlichen aus folgenden Faktoren:

- in Bassum fällt der prozentuale Anteil mit 6 % relativ gering aus aufgrund der spezifisch höheren Investitionssumme der RABA (Vergärung etc.)
- in Lüneburg sind die kostenseitigen Zuordnungs- und Abgrenzungsprobleme einer GU-Lösung zu beachten
- in Wiefels ist aufgrund des Lüftungskonzepts die Mietenbelüftung in den Kosten des Loses Abluft enthalten

Nach Bereinigung der o. g. Abgrenzungs- und Schnittstellenprobleme zwischen den einzelnen Kostenstellen kann für eine eingehauste MBA (ohne Vergärung) der investive Anteil für die Abluffassung (ohne Mietenbelüftung) und Abluftbehandlung mit Befeuchter und Biofilter z. Zt. mit 8-10 % der Investitionssumme abgeschätzt werden.

Die Kostenauswirkungen von weitergehende Anforderungen an die Abluftbehandlung von MBA sind vor diesem Hintergrund zu diskutieren.

135.3 Behandlungskosten

Die Behandlungskosten sind unter Zugrundelegung der o. g. Annahmen differenziert nach Kapital- und Betriebskosten für unterschiedliche Mengendurchsätze berechnet worden. Durch Erhöhung der Durchsatzmenge in der Mechanischen Aufbereitung konnten in Bassum und Lüneburg die Behandlungskosten um ca. 20 % reduziert werden (Tabelle 5).

Tab. 5 Behandlungskosten in den niedersächsischen Demonstrationsanlagen

	RABA Bassum	MBV Lüneburg	MBV Wiefels ¹⁾
Behandlungskosten in DM/Mg			
• Auslegungsmenge	145,-	135,-	63,-
• Durchsatzmenge 1999	120,-	110,-	-
Aufteilung der Kosten in %			
• Kapitalkosten	66-68	55-61	55
• Betriebskosten	32-34	39-45	45

inkl. separate Vorzerkleinerung

Der überwiegende Anteil der Behandlungskosten entfällt auf die Kapitalkosten (Abbildung 3).

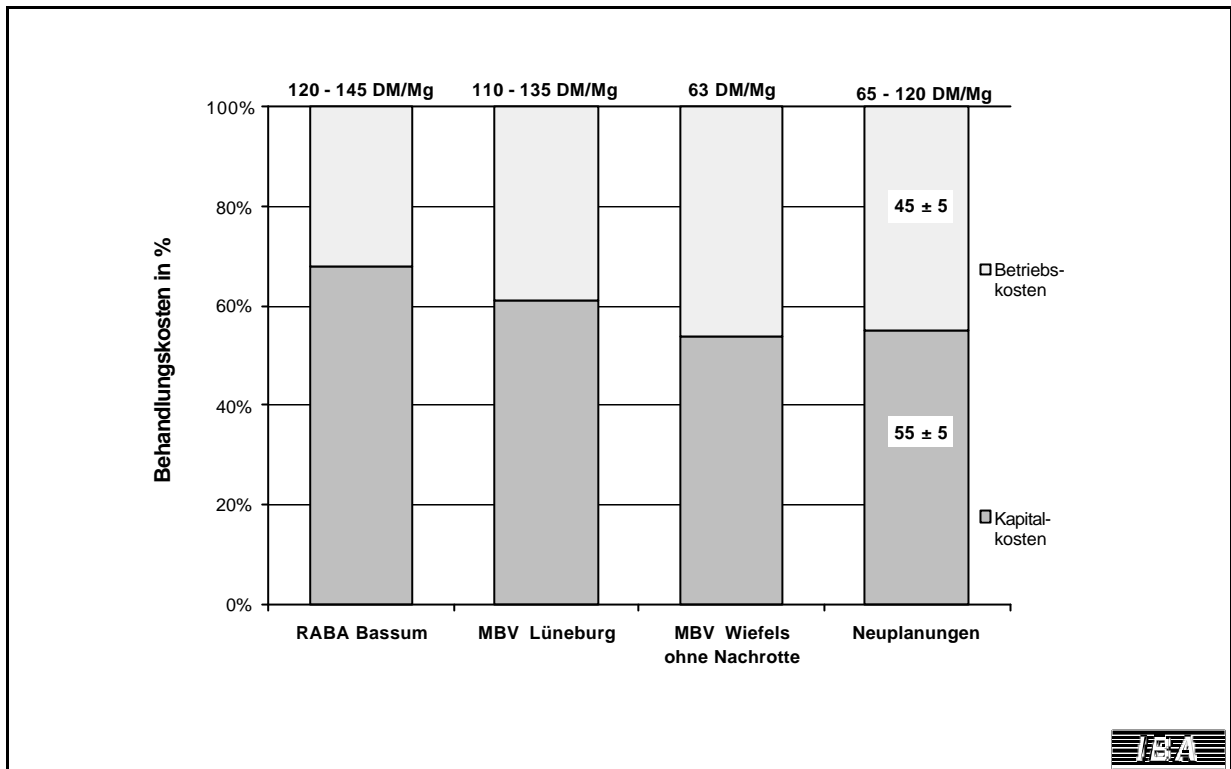


Abb. 3 Aufteilung der Behandlungskosten

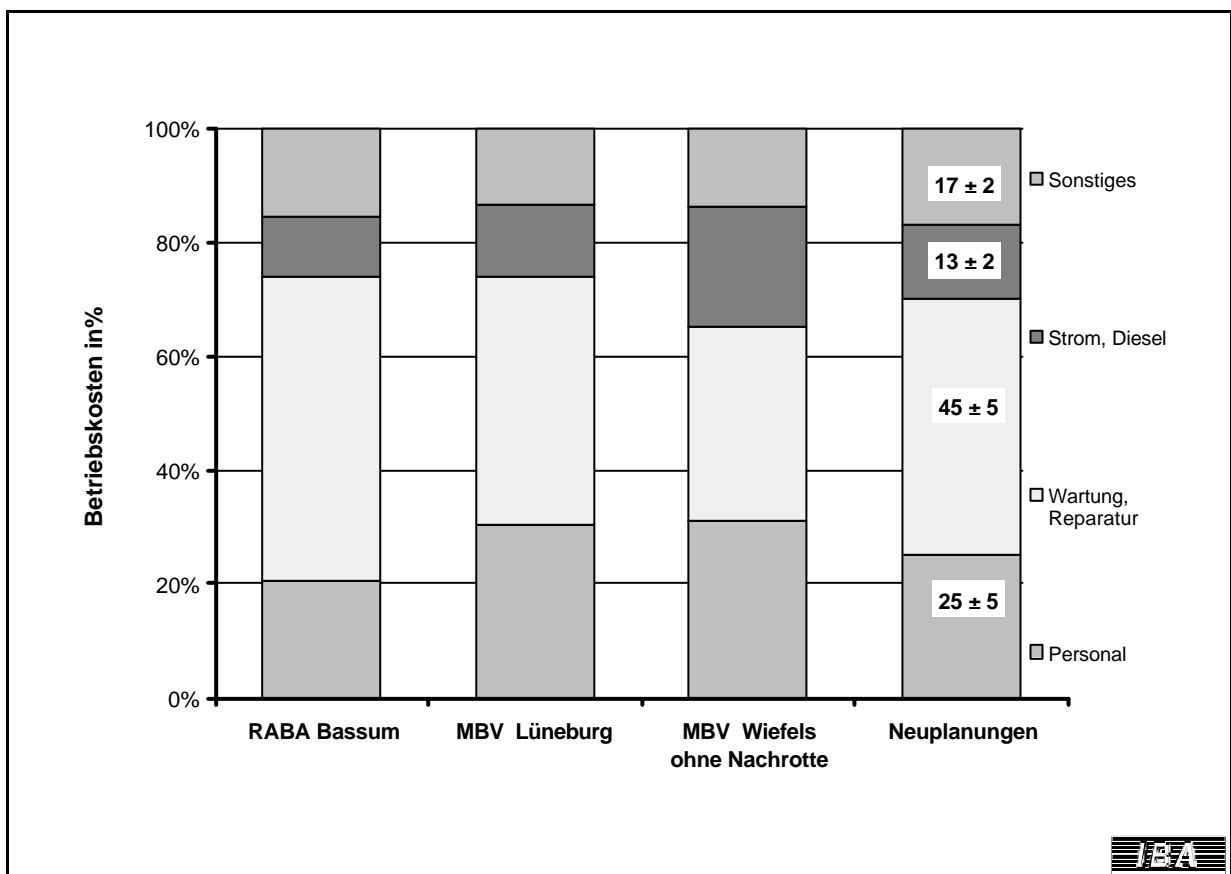


Abb. 4 Aufteilung der Betriebskosten

135.3.1 Aufteilung der Betriebskosten

Die Betriebskosten werden neben den Personalkosten (20-32 %) wesentlich bestimmt von den (gewählten, konservativen) Ansätzen für Wartung und Reparatur (Abbildung 4). Auf diesen Bereich entfallen allein 35-55 % der Betriebskosten. Ob die Aufwendungen für Wartung und Reparatur für den gesamten Abschreibungszeitraum im Mittel tatsächlich in dieser Höhe anfallen werden, müssen die weiteren Betriebserfahrungen zeigen.

Die Energiekosten betragen zwischen 10 und 18 % der Betriebskosten. Obwohl die Gesamtanlage in Bassum den niedrigsten spezifischen Energieverbrauch aufweist und durch die Biogaserzeugung theoretisch energieautark ist, decken die Energieerlöse für das abgegebene Biogas nicht die Energiekosten für Strom und Diesel. Die Energieerlöse führen zu einer Reduktion der Energiekosten um ca. 15-30 %.

136 Kosten der MBA in Abhängigkeit zur Anlagengröße und Betriebszeit

Der Einfluß von Anlagengröße und Betriebszeit auf die Kosten der MBA wurden an einem beispielhaften Anlagenkonzept untersucht (Abbildung 5). Die MBA besteht darin aus einer Mechanischen Aufbereitung I (MA I) mit Ausschleusung einer heizwertreichen Fraktion, einer einstufigen, gekapselten 12-wöchigen Rotte (BB), sowie einer Mechanischen Aufbereitung II (MA II) mit Ausschleusung einer heizwertreichen Fraktion nach der Rotte. Das erzeugte Rottegut wird abgelagert.

Für die Abluftreinigung wurde eine Konfiguration mit Saurem Wäscher, Luftbefeuchter, geschlossenem Biofilter und Kamin vorgesehen. Damit können die aktuellen gesetzlichen Anforderungen an Emissionen aus MBA eingehalten werden. Weitergehende Abluftreinigungstechniken wurden vorerst nicht berücksichtigt.

Die Auslegung der Mechanischen Aufbereitung hinsichtlich Bunkergröße, Aggregatleistung und -anzahl wurde den gewählten Betriebszeiten des 1- und 2-Schichtbetriebs angepaßt.

Während die Mechanische Aufbereitung relativ eng und bedarfsgerecht durch die Wahl von Größe und Anzahl der Einzelaggregate an die jeweilige Anlagengröße angepaßt werden kann, verläuft die Auslegung der Rottestufe in Sprüngen. Bei bestimmten Mengen wird die wirtschaftlich vertretbare Durchsatzleistung von Rottehallen mit Wandermietenverfahren überschritten (hier gewählt: 50.000 Mg/a). Bei Überschreiten dieser Schwelle wird die Aufteilung auf 2 Rottehallen erforderlich. Innerhalb des Bereichs von 0-50.000 Mg/a kann die Größe der Rottehalle dem Bedarf angepaßt werden.

Unterstellt man einen Mengenanteil zur Rotte von 50 %, würden die Mengenschwellen und Kostensprünge bei 100.000 bzw. 200.000 Mg/a Anlieferungen zur MBA liegen.

Die Kosten für die Mechanische Aufbereitung sinken mit zunehmender Durchsatzmenge bis zu einem Grenzwert, der bestimmt wird von der Menge, ab der die Durchsatzleistung der Aggregate resp. deren Kosten der erforderlichen Durchsatzmenge angepaßt werden kann. Jede Durchsatzerhöhung führt zu einer Aggregatergänzung.

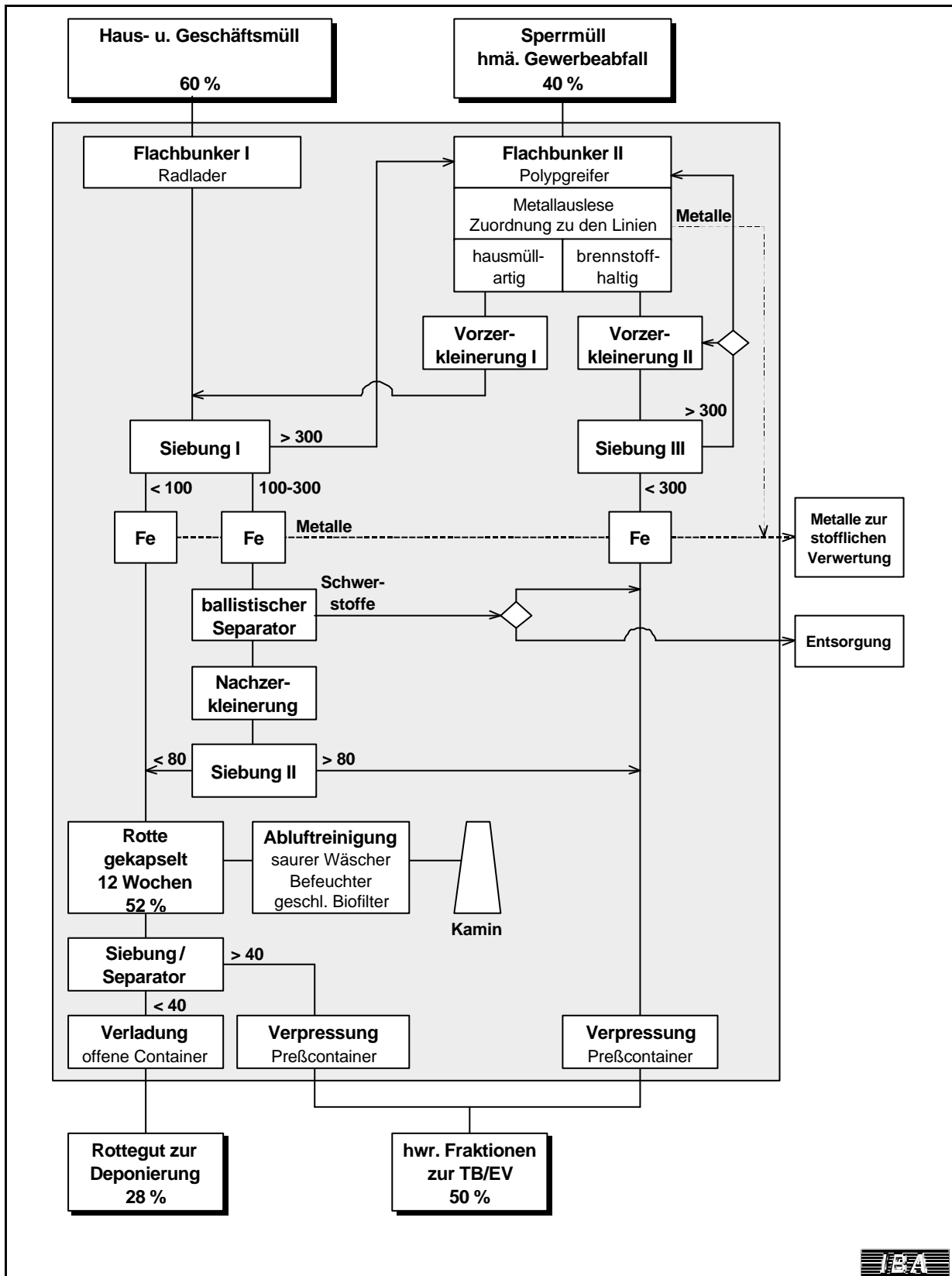


Abb. 5 Anlagenkonzept und Stoffstromaufteilung in der MBA für die Kostenuntersuchung von Neuplanungen

Für den dargestellten Fall ergeben sich exemplarisch folgende Zusammenhänge (Abbildung 6):

- Bei der unterstellten Mengenaufteilung (52 % vom Anlageninput zur biologischen Behandlung) wird bei einer Abfallmenge von 50.-100.000 Mg/a als Input MBA eine Rottehalle mit einem Umsetzeraggregat benötigt. Die Behandlungskosten reduzieren sich in diesem Bereich von 100,- bis 120,- DM/Mg auf 70,- bis 80,- DM/Mg.
- Im Bereich der Anlagengrößen zwischen 100.-200.000 Mg/a lassen sich bedingt durch den Kostensprung aufgrund der benötigten 2 Rottehallen erst ab Anlagengrößen ≥ 150.000 Mg/a gleiche bzw. niedrigere Behandlungskosten realisieren.

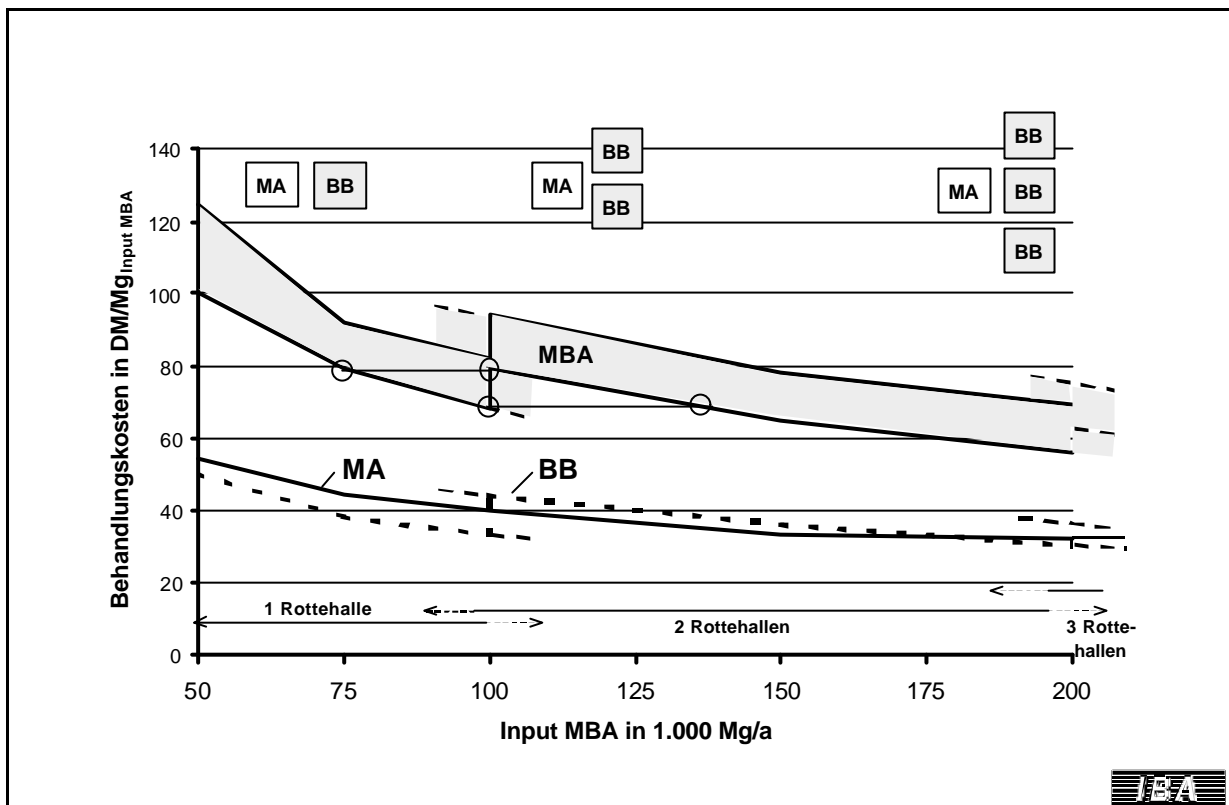


Abb. 6 Behandlungskosten der untersuchten MBA in Abhängigkeit der Anlagengröße

Der Einfluß des 2-Schichtbetriebes auf die Höhe der Behandlungskosten der MBA fällt unerwartet niedrig aus (Abbildung 7).

Ab einer Anlagengröße von ca. 80.000 Mg/a sind die Behandlungskosten im 2-Schicht-Betrieb geringfügig günstiger als im 1-Schicht-Betrieb. Einsparungen in den Investitionen (nur bei der Mechanischen Aufbereitung I) werden durch höhere Personalkosten fast wieder ausgeglichen. Bei kleineren Anlagen ist der 1-Schicht-Betrieb günstiger, da für den 2-Schicht-Betrieb keine Aggregate mehr eingespart werden können, vorhandene Aggregate sind im 2-Schicht-Betrieb nicht voll ausgelastet (Abbildung 7).

Vorteile für den 2-Schicht-Betrieb ergeben sich bei den Investitionskosten. Der Investitionsbedarf einer MBA im 2-Schichtbetrieb fällt ca. 10-15 % geringer aus als bei einer 1-Schicht-Anlage. Dies gilt jedoch nur bei Anlagengrößen $>$ ca. 60.000 Mg/a. Diese Kostenvorteile gehen i.w. auf die Kosteneinsparungen in der mechanischen Stufe zurück (Abbildung 8).

Zusätzlich weist eine 2-Schicht-Anlage grundsätzlich eine größere Flexibilität gegenüber sinkenden Durchsatzmengen auf. Durch Verkürzung der Betriebszeiten und Reduktion des Personaleinsatzes lassen sich die Betriebskosten in gewissem Umfang dem reduzierten Anlagendurchsatz anpassen.

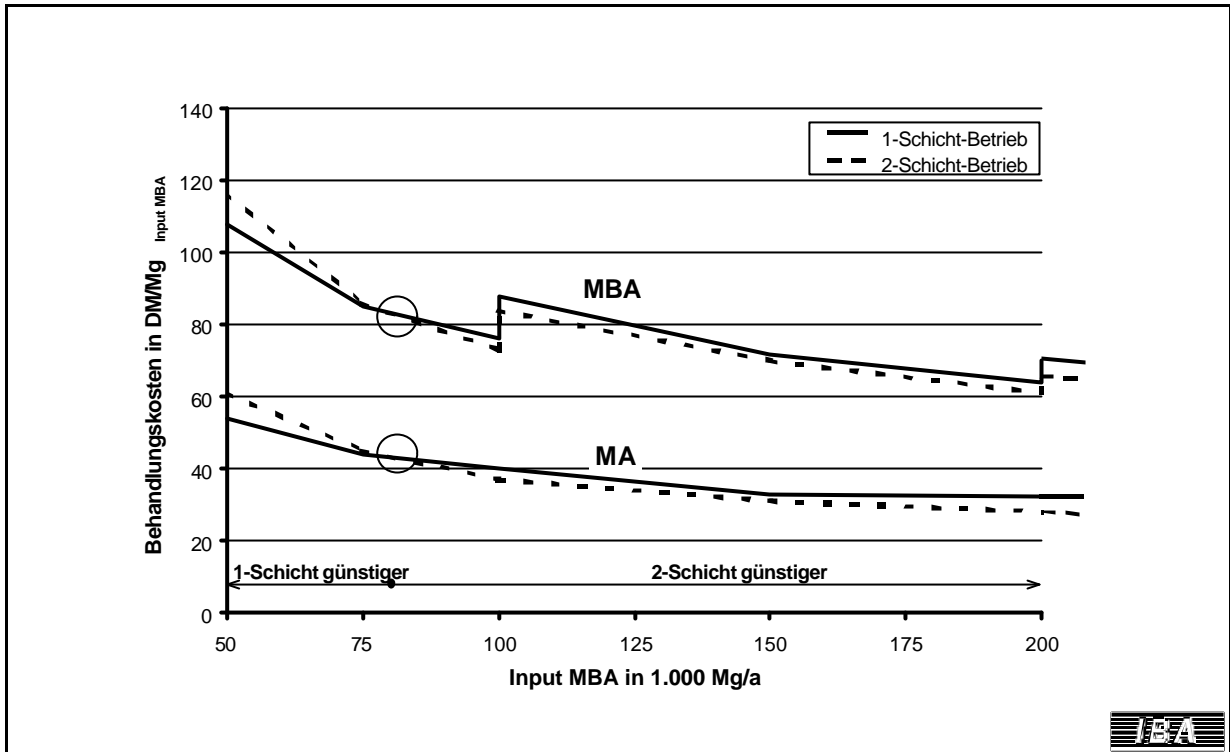


Abb. 7 Einfluß des 1-Schicht- und 2-Schichtbetriebes auf die Behandlungskosten der untersuchten MBA

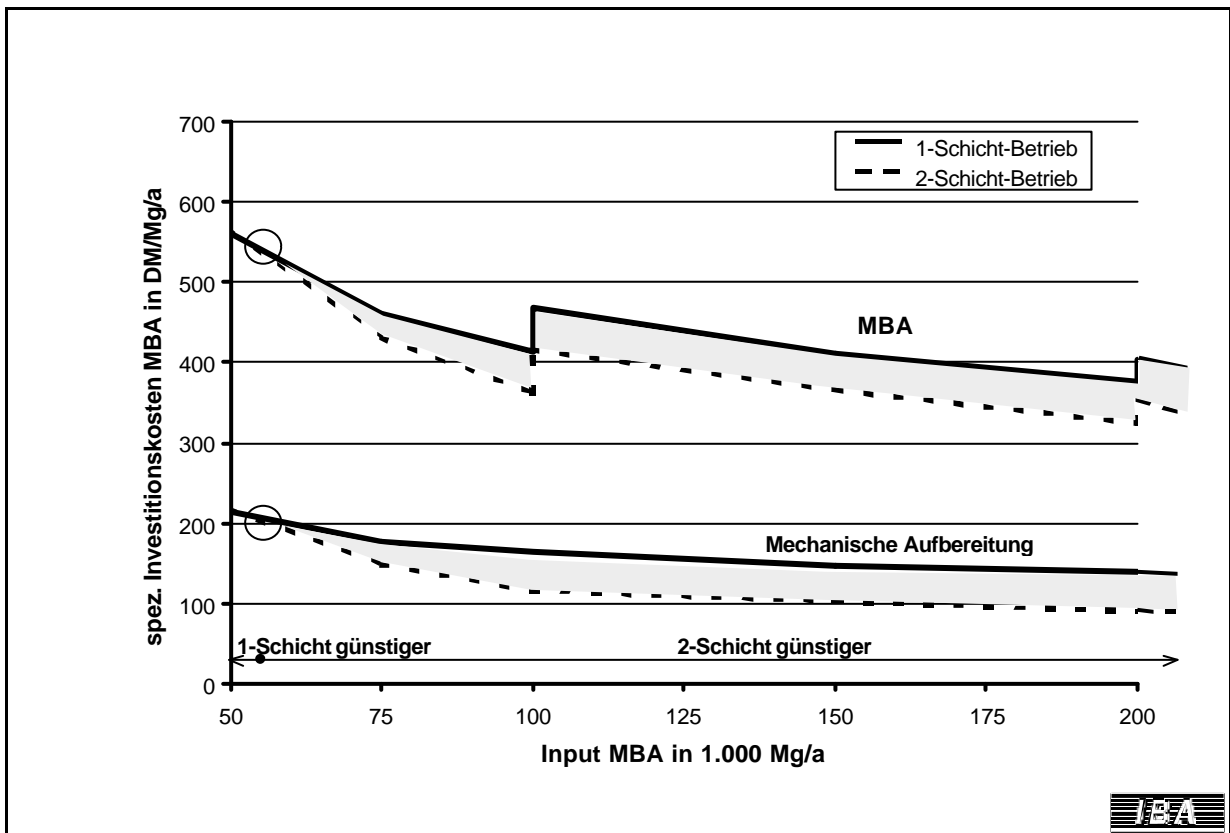


Abb. 8 Spezifische Investitionskosten MBA

137 Kosten der MBA in Abhängigkeit von der Auslastung

Am Beispiel der Kostenstrukturen der drei niedersächsischen MBA konnte nachgewiesen werden, daß ca. 60 % der Jahreskosten auf Kapitalkosten und ca. 80 % auf durchsatzunabhängige Fixkosten entfallen. Der Fixkostenanteil der MBA liegt damit in gleicher Größenordnung wie bei der MVA. Damit ergeben sich für beide Behandlungsverfahren gleiche Abhängigkeiten zwischen Anlagenauslastung und Behandlungskosten.

Bei mangelnder Anlagenauslastung steigen damit die spezifischen Behandlungskosten bei beiden Verfahren gleich stark an.

Unterstellt man eine vertragliche Regelung, nach der das Risiko einer Minderauslastung aufgrund fehlender Abfallmengen von allen vertraglich gebundenen Nutzern der Anlage getragen wird, hätte damit der Grad der Anlagenauslastung keinen Einfluß auf den ökonomischen Vergleich von MBA und Kombinationsverfahren mit MBA. Bei dieser Annahme ist es daher unbedeutend, ob die entsorgungspflichtige Gebietskörperschaft die jeweilige Anlage selbst betreibt oder nur vertraglich vereinbarte Mengenkontingente anliefert.

Somit wird deutlich, daß die Diskussion um Dimensionierung, Auslastung und Auslastungssicherung sowohl für MVA- wie auch MBA-Betreiber die gleiche Priorität besitzt.

In der MBA kann allerdings über die Betriebszeit und die Personalstärke auf Schwankungen im Abfallaufkommen in gewissem Umfang reagiert werden. Dieser Effekt ist ausgeprägter in Anlagen, die für den 2-Schichtbetrieb ausgelegt sind.

Eine Minderauslastung der MBA hat geringere Auswirkungen auf die Gesamt-entsorgungskosten in einem Kombinationsverfahren als die Minderauslastung der MVA in einem Entsorgungskonzept mit ausschließlich thermischer Behandlung. Dieser Unterschied resultiert aus den höheren spezifischen Kosten der MVA im Vergleich zur MBA (Abbildung 9). Dabei wird unterstellt, daß beim Kombinationsverfahren das Auslastungsrisiko für die MBA beim Anlagenbetreiber liegt, für die extern thermisch zu behandelnden Teilmengen jedoch keine bring-or pay-Regelung vertraglich vereinbart ist.

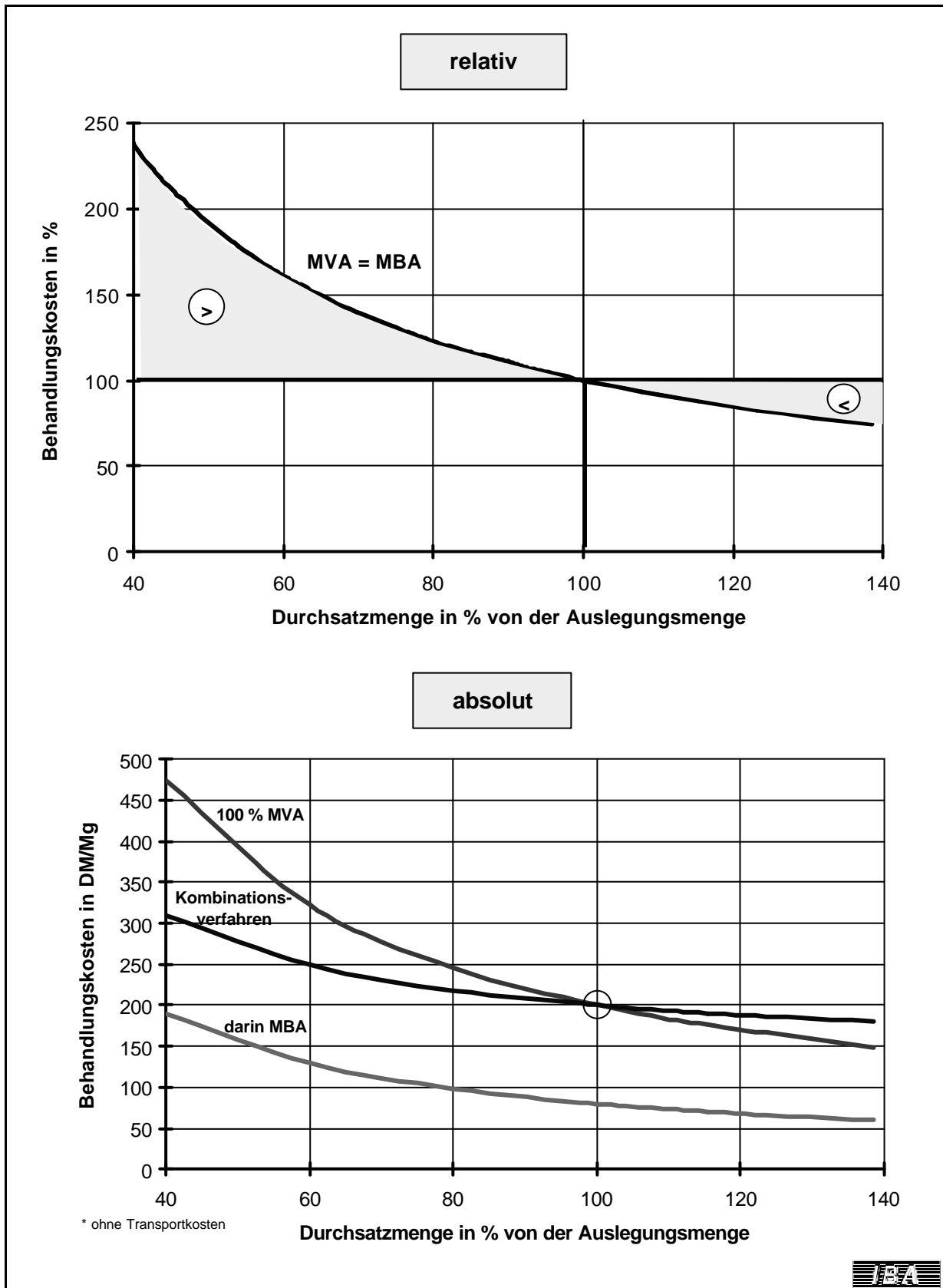


Abb. 9 Entwicklung der relativen und absoluten Behandlungskosten in Abhängigkeit der Anlagenauslastung bei MBA und MVA

138 Kosten der MBA in Abhängigkeit von der Rottedauer

Um zwischen den Verfahrensalternativen einer 1-stufigen, komplett eingehausten Rotte und einer 2-stufigen Rotte mit offener Nachrotte entscheiden zu können, müssen die Mehrkosten der zusätzlichen Einhausung gegenüber den Kosten einer offenen Nachrotte abgewogen werden. Am Beispiel einer eingehausten MBA wurden in Abbildung 10 die aus der Verlängerung der Rottezeit resultierenden Mehrkosten dargestellt. Nach Realisierung der Basisvariante (2 Wochen eingehaust) führt jede zusätzliche Rotteweche im eingehausten System zu Mehrkosten von lediglich 1,- bis 2,- DM/Mg_{MBA} und Woche. Die Mehrkosten von insgesamt 15,- bis 20,- DM/Mg müßten dann den Kosten der Verfahrensalternative einer offenen Nachrotte gegengerechnet werden.

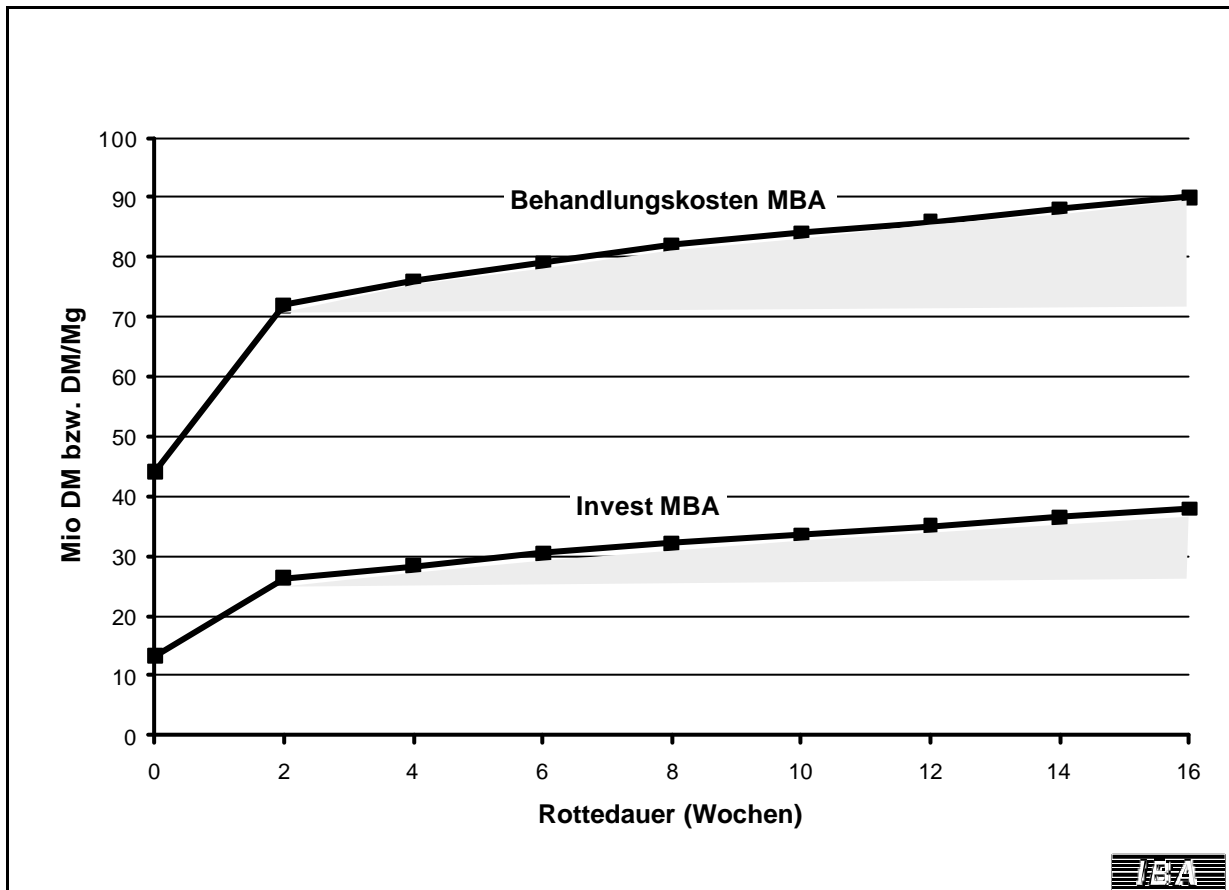


Abb. 10 Kosten für eingehauste MBA in Abhängigkeit von der Rottedauer
Beispiel: 75.000 Mg/a

139 Entwicklung der Kosten der MBA abhängig vom Abluftreinigungsstandard

Durch eine weitergehende Abluftreinigung, wie sie erforderlich wird um die Anforderungen der 29. BImSch einzuhalten, entstehen zusätzliche Kosten für Bau und Betrieb der MBA.

Ausgehend von dem Stand der derzeit betriebenen technisierten MBA mit einem Abluftreinigungssystem aus gekapseltem Biofilter, Saurem Wäscher und Kamin entstehen Mehrkosten im Rahmen von 5,- bis 15,- DM/Mg_{MBA}. Deutliche Kostensprünge ergeben sich im Vergleich mit Anlagen, die entweder über keine oder eine einfache Abluftreinigung verfügen (Abbildung 11).

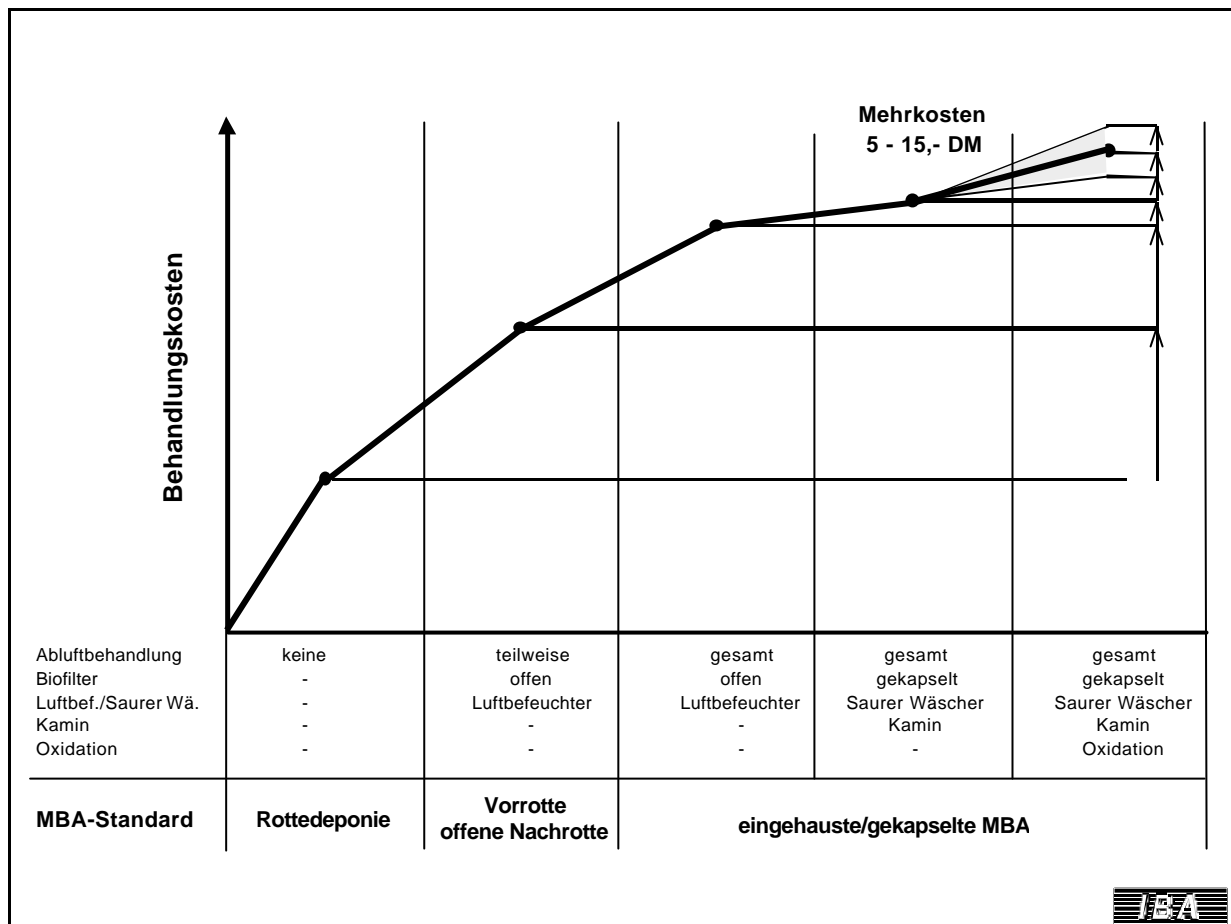


Abb. 11 Schematischer Zusammenhang zwischen vorhandenem MBA-Standard und Anstieg der MBA-Behandlungskosten durch die 29. BImSchV

140 Ausblick

Die hier dargestellten Kosten basieren auf realisierten Anlagen mit mehrjähriger Betriebserfahrung. Obwohl Kostenvergleiche zwischen verschiedenen Anlagen grundsätzlich und eine Übertragung auf andere Anlagen generell nicht zulässig ist, zeigt die vorgetragene Gegenüberstellung der Kostenstrukturen dennoch die wesentlichen Kostenstellen und Kostenfaktoren für den Bau und Betrieb von MBA.

Die aktuelle Preissituation bei MBA weicht zum Teil von den vorgestellten Kosten ab. Die Gründe dafür sind vielfältig (Wettbewerb, Vertragsbedingungen, Unterschiede im baulichen und verfahrenstechnischen Standard).

Im Rahmen von Kostenanalysen wurde für Neuplanungen der Einfluß der Anlagenauslastung, der Anlagengröße und des 1- bzw. 2-Schichtbetriebes herausgearbeitet.

Alle Kostenangaben beziehen sich auf einstufige, gekapselte MBA mit einer Abluftreinigung bestehend aus saurer Wäsche, gekapseltem Biofilter und Kamin.

Die Einhaltung zukünftiger Anforderungen an die Emissionen von MBA wird zur Zeit mit Techniken, die in industriellen Anwendungen erfolgreich sind, erprobt (Plasmaverfahren, Spaltkatalysator, Autotherme Oxidation, UV-Verfahren, Abluftverbrennung). Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser weitergehenden Abluftreinigungstechniken auf die MBA-Kosten werden ebenfalls zur Zeit untersucht. Erste Abschätzungen von Verfahrensanbietern und Betreibern zur Höhe der Mehrkosten schwanken je

nach Technik zwischen 5 und 50 DM/Mg. Nach Berechnungen in unserem Hause dürften die Mehrkosten bei Realisierung angepaßter Abluftmanagementkonzepten mit Teilstrombehandlung eher im unteren Bereich zwischen 5,- bis 15,- DM/Mg liegen.

Anschrift der Autoren:

Ketel Ketelsen, Elisabeth Fehre
Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft (IBA)
Friesenstr. 14
30161 Hannover