Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 44

Artikel: Die Jahreskosten der Abfallbeseitigung
Autor: Wuhrmann, K.A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67603

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

$$g_{21} = \left[(\delta^2 - \omega^2)\, c_{11} + \delta\, c_{21}\right] + \left[(\delta^2 - \omega^2)\, c_{12} + \delta\, c_{22}\right] \frac{\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)} - \omega\,(2\delta\, c_{12} + c_{22}) \frac{\sin(2\,\omega)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)}\,;$$

$$g_{22} = \omega \left[(2\,\delta\, c_{11} + c_{21}) + (2\,\delta\, c_{12} + c_{22}) \frac{\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)}\right] + \left[(\delta^2 - \omega^2)\, c_{12} + \delta\, c_{22}\right] \frac{\sin(2\,\omega)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)}\,.$$

5. 2. *Die Funktionen* $b_j\,(\delta\,,\,\omega)$

$$b_1 = \left[2\delta\,(D\,C_1 + c_{11}) + (P\,C_1 + c_{21})\right] + \left[2\,\delta\,(D\,C_2) + c_{12}) + (P\,C_2 + c_{22})\right] \frac{\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)} - 2\,\omega\,(D\,C_2 + c_{12}) \frac{\sin(2\,\omega)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)} +$$

$$+ 2\left[(\delta^2 - \omega^2)\,(D\,C_2 + c_{12}) + \delta\,(P\,C_2 + c_{22}) + I\,C_2\right] \frac{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)}{\left[\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)\right]^2} + 2\,\omega\left[2\,\delta\,(D\,C_2 + c_{12}) + (P\,C_2 + c_{22})\right] \frac{\sin(2\,\omega)\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\left[\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)\right]^2}\,;$$

$$b_2 = 2\,\omega \left[(D\,C_1 + c_{11}) + (D\,C_2 + c_{12}) \frac{\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)}\right] + \left[2\,\delta\,(D\,C_2 + c_{12}) + (P\,C_2 + c_{22})\right] \frac{\sin(2\,\omega)}{\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)} -$$

$$- 2\left[(\delta^2 - \omega^2)\,(D\,C_2 + c_{12}) + \delta\,(P\,C_2 + c_{22}) + I\,C_2\right] \frac{\sin(2\,\omega)\operatorname{sh}(2\,\delta)}{\left[\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)\right]^2} + 2\,\omega\left[2\,\delta\,(D\,C_2 + c_{12}) + (P\,C_2 + c_{22})\right] \frac{\cos(2\,\omega)\operatorname{ch}(2\,\delta)}{\left[\cos(2\,\omega) + \operatorname{ch}(2\,\delta)\right]^2}\,.$$

5. 3. *Flussschema des Rechenprozesses*

Bild 3 zeigt ein Flussschema des Rechenprozesses, dessen Aufbau sich wesentlich aus der Unsicherheit bei der Wahl geeigneter Anfangsnäherungen $\beta_k^{(0)}$ ergibt. Deshalb mussten nämlich Möglichkeiten zur Kontrolle und Korrektur einer einmal begonnenen Iteration dem eigentlichen Rechenprozess hinzugefügt werden. Diese Kontroll- und Korrekturmöglichkeiten werden benutzt oder übergangen je nach der Stellung zweier sogenannter Konsolenschalter, die manuell zu jeder beliebigen Zeit während des automatischen Programmablaufs verstellt werden können. Solche Konsolenschalter sind bei den meisten Rechenautomaten zu finden; sind sie nicht vorhanden, so können sie oft simuliert werden.

Sobald sich aus einem bestimmten Anwendungsbereich des Rechenverfahrens die Variationsbereiche der Konstanten sicher angeben lassen, ist auch die Unsicherheit bei der Wahl der Anfangsnäherung überwunden. Auf eine dauernde Überwachung und Korrektur der Rechnung kann dann verzichtet werden, so dass sich das Fluss-Schema entsprechend vereinfacht.

Literaturverzeichnis

[1] *W. Traupel:* Thermische Turbomaschinen. Bd. 1, Springer 1958.

[2] *P. Frank, R. v. Mises:* Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Bd. 2, Braunschweig 1961.

[3] *J. Raabe:* Stabilitätsbetrachtungen an Wasserturbinenreglern. «Z. Maschinenmarkt», 67. Jg. (1961), Nr. 12.

[4] *T. Stein:* Wasserturbinenregler mit identischer Integral- und Differentialwirkung. «Schweiz. Bauzeitung», 72. Jg. (1954), Nr. 11 und 12.

[5] *G. Lein, H. Eilken:* Regulierung von Kaplanturbinen. J. M. Voith GmbH, Heidenheim/Brenz (als Manuskript gedruckt).

[6] *R. C. Oldenburg, H. Sartorius:* Dynamik selbstätiger Regelungen. Bd. 1, München 1955.

[7] *G. Hutarew:* Regelungstechnik. Springer 1955.

[8] *T. Stein, D. Hinze:* Einfluss der Elastizität auf die optimale Reglereinstellung von Wasserturbinen. «Schweiz. Bauzeitung,» 82. Jg. (1964), Nr. 13.

Die Jahreskosten der Abfallbeseitigung

DK 628.49.003

Von **K. A. Wuhrmann,** dipl. Ing., Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Zürich

Viele Gemeinden und Regionen stehen vor der Aufgabe, die Abfallbeseitigung auf hygienische und grosszügige Art zu planen. Beim Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten und Verfahren tritt alsbald die Frage der Bau- und Jahreskosten in den Vordergrund. Die mit der Planung beauftragten Behörden und Berater sind im allgemeinen ohne Schwierigkeiten in der Lage, sich anhand eingeholter Offerten ein Bild über die Baukosten sowie die eventuell in Frage kommenden Subventionen zu machen. Schwieriger wird es mit den Jahreskosten. Sie setzen sich zusammen aus Kapitaldienst und Betriebskosten.

1. Kapitaldienst

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit eines Projektes und für Variantenrechnungen ist die Einrechnung des Kapitaldienstes unerlässlich, und zwar unabhängig von der vorgesehenen Finanzierungsart. Die letztgenannte kann einem der beiden Grundtypen entsprechen: 1. Eigenfinanzierung aus vorhandenen Mitteln. 2. Fremdfinanzierung durch aufgenommenes Kapital.

Die jährlich wiederkehrenden Belastungen bestehen aus dem Kapitalzins sowie der Abschreibung im ersten, der Tilgung im zweiten Falle. Funktionell entspricht die Abschreibung der Tilgung, mit dem Unterschied jedoch, dass sich die Abschreibung immer auf die Abschreibungsperiode, die der Lebensdauer der Anlage angemessen sein muss, die Tilgung lediglich auf die mit dem Kapitalgeber vereinbarten Bedingungen bezieht. Ein weiterer Unterschied in den Berechnungsarten kann darin bestehen, dass jährlich gleiche Abschreibungs- bzw. Tilgungssätze mit entsprechend degressiven Jahreszinsen zur Anwendung gelangen, oder, was den Überblick erleichtert, dass konstante Annuitäten gemäss Rentenrechnung kalkuliert werden. Schliesslich wird bisweilen argumentiert, dass der Zinsfuss für Eigenkapitalien nicht notwendigerweise die gleiche Höhe aufweisen müsse, wie derjenige für fremdes Geld, doch ist dieser Gesichtspunkt im allgemeinen zu vernachlässigen.

Die Festlegung der Abschreibungs- oder Tilgungsdauer ist im Falle der Abfallbeseitigung schwierig. Es sind Fälle bekannt, in denen Verbrennungsanlagen ohne grundsätzliche Erneuerung oder Umbau während 50 Jahren betrieben wurden. Anderseits weiss man von Kompostwerken, deren Ausrüstung schon nach wenigen Jahren ergänzt oder geändert werden musste und zwar mit einem Aufwand, der nicht über Unterhalt (siehe nächsten Abschnitt) abgebucht werden konnte. Die Schwierigkeit besteht darin, zu entscheiden, was in einem solchen Fall unter Lebensdauer der Anlage zu verstehen sei. Ferner gibt es Werke, die vorzeitig, d.h. vor Erreichen des vorgesehenen Ausbauzieles, erweitert werden mussten. Auch in einem solchen Falle ist es zweifelhaft, ob die Abschreibungsdauer noch wesentlich über den Zeitpunkt der Erweiterung hinausreichen soll, da ja von diesem Moment an wiederum neue, nach dem Gang der Dinge meist höhere Kapitaldienstkosten erwachsen. Müssen im Zuge der Erweiterung wesentliche Teile der alten Anlage stillgelegt werden, so sollte ihre Abschreibung beendet sein.

Beachten wir ferner, dass die technische Entwicklung auf dem hier behandelten Gebiet heute schneller verläuft als früher, so kommt man zum Schluss, dass die Gefahr der Veraltung ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Bemessung der Abschreibungsdauer sein muss. Wegen der meist engen Verflechtung von Bauwerk und maschineller Ausrüstung besteht auch für das erstere, obwohl es meist in einer für viel längere Zeit berechneten Bauweise errichtet wird, die Notwendigkeit einer rechtzeitigen Abschreibung. Die im Tiefbau zusammengefassten Werkteile, wie Erschliessungsstrassen und Gleise, Werkleitungen usw. sind indessen meist über längere Zeitläufe nutzbar.

Ein wichtiger Aspekt bei kommunalen Werken der Abfallbeseitigung wie der Abwasserreinigung ist die Frage der Ausbaugrösse bzw. der Anfangsauslastung. Je nach Art der Investitionen wird man auf sehr unterschiedliche Ausbauziele tendieren mit der Konsequenz, dass oft gerade die aufwendigen und schwer zu erweiternden Anlageteile auf weite Sicht geplant, mit reichlichen Sicherheitszuschlägen angesichts der oft schwierigen Entwicklungsprognosen versehen, und daher mit geringer Anfangsauslastung eingesetzt werden müssen. Auch über die Verteilung der Kosten auf die zunächst Beteiligten und allfällige spätere Zuzüger kann man sich Gedanken machen, insbesondere wenn z.B. verschiedene Gemeinden ein gemeinsames Werk bauen,

dessen Ausbaukapazität vorwiegend durch die Wachstumsrate einzelner Gemeinden bestimmt ist, während andere nach dem Stand der Dinge praktisch stationär bleiben. Man behilft sich in solchen Fällen mitunter so, dass nur derjenige Anteil der Anlagekosten, der prozentual dem Anfangsauslastungsgrad entspricht, unter den Beteiligten aufgeschlüsselt wird, während die Restkosten nach Massgabe der sich jährlich ändernden Einwohnerzahlen oder Anlieferungsquoten verteilt und amortisiert werden. Bisweilen kann auch der Staat durch Subventionen diese Restkosten begleichen.

Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung sollten aber solche Zuschüsse zunächst nicht berücksichtigt werden, damit Vergleiche mit anderen Projekten und damit die Beurteilung der Projektgüte möglich ist. Für den Stimmberechtigten oder Gebührenpflichtigen hingegen ist eine zweite Jahreskostenrechnung mit Einbezug fremder Zuschüsse von Nutzen, da sich daraus sein effektiver Beitrag errechnet.

2. Betriebskosten

Diese umfassen gemäss Definition alle jährlichen Ausgaben zum Betrieb eines Werkes oder einer Organisation ohne die Verzinsung und Amortisation des investierten Kapitals. Sie gliedern sich in folgende Posten:

2.1. *Personalkosten*

Diese sind meist der wichtigste Teil der Betriebskosten. Die vorausgängige Bestimmung der erforderlichen Anzahl und Qualität des Personals stösst nun erfahrungsgemäss auf grössere Schwierigkeiten, als man angesichts der bereits bestehenden Betriebe auf diesem Gebiet vermuten sollte. Die Gründe dafür sind verschiedener Natur: Einerseits ist man sich noch immer nicht restlos einig darüber, ob die Kostenrechnung nach rein betriebswissenschaftlichen Normen wie in einem Privatbetrieb geführt werden soll, oder ob irgendwelche besondere, überlieferte Buchungs- und Berechnungsarten kommunaler Verwaltungen zur Anwendung gelangen sollen, bei denen oft namhafte Teile der Generalunkosten der gesamten Gemeinderechnung belastet werden, oder wo verschiedene Zweige der Gemeindebetriebe für gegenseitig geleistete Arbeiten keine interne Rechnung stellen. Um auf eindeutige und vergleichbare Werte zu kommen, müssen die Löhne und Soziallasten aller im Betrieb Beschäftigten, einschliesslich Ablösungs- und Aushilfspersonal eingerechnet werden, mit Ausnahme solcher Arbeiten, für die von anderer Seite ordnungsgemäss Rechnung gestellt wird. Die von den Promotoren irgendwelcher Abfallbeseitigungsmethoden manchmal zu niedrig angesetzten Personalbestände sind durch Vergleich mit gleichen oder ähnlichen bestehenden Anlagen nötigenfalls zu korrigieren.

Vergessen wir nicht, dass jeder Verantwortliche und auch die ihn beauftragende Öffentlichkeit einen sauberen Betrieb wünscht, dass aber Sauberkeit in der Abfallbeseitigung stets mit einem erheblichen Aufwand an Handarbeit erkauft wird. Die sauber gehaltenen Anlagen in unserem Land beweisen dies. Abfallbeseitigung ist im allgemeinen auch keine begehrte Arbeit. Bei den Personalkostenberechnungen tut man gut daran, dies nicht zu übersehen.

2.2 *Unterhalt*

Hier ist eine möglichst eindeutige Abgrenzung gegenüber solchen Aufwendungen nötig, die im Zusammenhang mit allfälligen Gesamterneuerungen, Betriebserweiterungen und -Verbesserungen oder durch Ereignisse nicht zweckbedingter Art entstehen. Eine Regelung kann zweckmässigerweise so getroffen werden, dass unter Unterhalt alle diejenigen Reparatur- und Auswechslungskosten zu buchen sind, die zur Aufrechterhaltung des garantiekonformen Betriebes im Rahmen der gewählten Ausbaugrösse bis zum Ende der vorbestimmten Abschreibungsdauer erwachsen. Wo für verschiedene Anlageteile oder Betriebsgeräte unterschiedliche Abschreibungszeiten vorgemerkt sind, ist dies beim Unterhalt zu berücksichtigen.

Die nicht regelmässig auftretenden Kosten, wie z.B. diejenigen für den Ersatz grosser Maschinenteile, Ofenausmauerungen usw. sind meist schwierig zu erfassen, sollten aber unter allen Umständen pro rata temporis in Erscheinung treten.

Bei der Müllzerkleinerung ist auf Grund verschiedener Rapporte mit einem Verschleiss von rund 1 Fr./t zu rechnen. Bei Öfen sind die Aussichten für die Lebensdauer der Ausmauerung je nach eingesetztem Material und Erfahrung des Erbauers sehr verschieden. Diese Tatsachen sprechen dagegen, die Unterhaltskosten des maschinellen Teils als Prozentsatz der Anlagekosten zu berechnen, auch wenn ein gewisser Teil der Instandhaltung (Entrostung, Anstrich usw.) mit dem Anlagewert in Zusammenhang gebracht werden könnte.

2.3 *Betriebsmittel*

Darunter werden Kraft, Brenn- und Treibstoffe, Wasser, Zuschlagstoffe, Schmiermittel usw. verstanden. Die Kosten des Kraftverbrauches lassen sich anhand von Motorenlisten und Einschaltzeiten meist befriedigend genau bestimmen. Schwieriger steht es mit den Brennstoffen für Abfallverbrennungsanlagen, sind doch die entweder für Stützfeuer oder Heizungs- und Trocknungszwecke erforderlichen Mengen nicht nur von der Art der Öfen und der Bedienung, sondern auch von der nicht genau zum voraus bestimmbaren Art und Menge der Abfälle, insbesondere auch von der eventuellen Anlieferung von Altöl abhängig.

2.4. *Reststoffbeseitigung*

Jedes Verfahren, ausser der geordneten Deponie, benötigt zusätzliche Aufwendungen, um diejenigen Stoffe, die als Verbrennungsrückstände oder als ausgeschiedene nicht kompostierbare oder unbrennbare Materialien anfallen, aus der Anlage zu entfernen und schadlos zu beseitigen. Dabei spielt die sorgfältige Planung und Organisation, insbesondere die Bereitstellung geeigneter Deponieplätze und Transportgelegenheiten eine entscheidende Rolle.

Bei der Verbrennung sind 30 bis 40% der zugeführten Abfälle gewichtsmässig als nasse Schlacke zu beseitigen. Darin ist der Feinschrott enthalten, der häufig die Ausscheidung nicht mehr lohnt.

Bei der Kompostierung sind es die Schlacken der Hilfsverbrennung mit rund 10% der zugeführten Abfälle, einschliesslich des schwer verwertbaren Feinschrottes und der ausgelesenen Sperrgutstücke, die wegen der kleineren Ofeneinheiten nicht aufgegeben werden sollten (grössere Keramikteile).

Die Art der Verladung sowie die Speicherung zum Abtransport in grossen Posten sind für die Kosten bedeutungsvoll. Auf dem Deponiegelände müssen die nötigen Mittel zur Sicherstellung einer einwandfreien Ordnung und Emissionsfreiheit vorhanden sein (Trax usw.). Einzurechnen sind allfällige Deponiegebühren.

2.5 *Verschiedene*

Hierher gehören Bürokosten, Steuern, Versicherungen (ausser für Personal), Konzessionen, Lizenzgebühren, Vertriebskosten (z.B. für Kompost), Vergütungen für Ausweichdeponien oder vertragsmässige Übergabe der Abfälle an Dritte während der Revision der Anlage (zur Einsparung an Betriebsreserve).

3. Die sinngemässen Ansätze

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, dass die numerische Festlegung verschiedener Grössen heute noch Schwierigkeiten bietet, wegen mangelnder Vergleichsmöglichkeit und ungenügender Anzahl gewisser Anlagetypen. Unter diesen Umständen wird man versuchen, nicht nur allgemein die vorsichtigere Seite des Wahrscheinlichkeitsbereiches einzuhalten, sondern auch Rückschlüsse zu ziehen aus bekannten Werten in anderen Sparten der Verfahrenstechnik. Die nachstehenden Annahmen für solche Faktoren sollen somit für den Anfang dienen, d.h. im Lichte der wachsenden Erfahrung von Fall zu Fall korrigiert werden.

3.1. *Kapitaldienst*

Über die Abschreibungsdauer orientiert Tabelle 1. Die entsprechenden Annuitäten A ergeben sich aus der zugehörigen Bausumme K, der Abschreibungsdauer n und dem Verzinsungsfaktor $p = 1+z/100$, wo z der durchschnittlich anzuwendende Zinsfuss ist (für die Werte p^n siehe z.B. Hütte, Abschnitt Zinseszins und Rentenrechnung):

$$\frac{A}{K} = p^n \cdot \frac{p-1}{p^n-1}$$

Tabelle 1. Abschreibungsdauer in Jahren

	Verbrennung		Kompostierung
	alte Systeme	neue Systeme	
311 Bauwerk			
3111 Hochbau	30	20÷30	20÷30
3112 Tiefbau	40	30	30
312 Maschineller Teil	30	20	20
313 Restkosten (Projekt, Bauzinse usw.)	30	20	20

z. B. für 4% Zins:

n	=	10	15	20	25	30	40 Jahre
$\frac{A}{K}$	=	12,3	9,0	7,36	6,41	5,78	5,05 %

Beträgt die Anfangsauslastung der Anlage z. B. 60%, so kann für eine gemäss Abmachung ein- oder mehrjährige Anfangsperiode zunächst ein entsprechender Anteil von 60% des Kapitaldienstes zur Verrechnung gebracht werden. Nach Ablauf dieser Periode wird entweder die volle Bausumme oder aber wiederum ein der effektiven Auslastung entsprechender Anteil zu Grunde gelegt. Allerdings sollte dann eine um die seit Betriebsbeginn verstrichene Zeitspanne gekürzte Abschreibungsdauer in die Rechnung eingesetzt werden.

3.2 *Betriebskosten*

3.2.1 Personalkosten

Abgesehen von den zuvor genannten, aus verschiedenen Gründen entstehenden Unterschieden in der Personaldotierung können als Richtlinie für sauberen Betrieb der Anlage die Ansätze der Tabelle 2 gelten.

Tabelle 2. Personalbedarf von Kehrichtverwertungsanlagen

Betriebsstunden pro Woche		Kompostierung mit Reststoffverbrennung		Verbrennung mit Dampfabgabe		
		44 h	88 h	44 h	88 h	168 h
Leistung		Anzahl Beschäftigte				
100 t/W	5 000 Jato	3	5	4	6	8
200	10 000	5	8	6	10	14
500	25 000	7	11	8	14	20
1000	50 000	10	15	12	21	30

Die Zahlen der Tabelle 2 setzen für Kompostwerke Plattenbandbunker, für Verbrennungsanlagen Greiferbunker voraus, ferner für beide Varianten eine angemessene Reparaturmannschaft. Bei kleinen Anlagen treten die höheren Personalkosten für den Chef der Anlage anteilmässig stärker in Erscheinung, anderseits ist bei grossen Anlagen mit höheren Gehältern des Kaders zu rechnen, weshalb überall ein durchschnittlicher Aufwand von rund 17 000 Fr. pro Kopf der Belegschaft angemessen erscheint. Darin sind Schicht- und Schmutzzulagen, Schutzkleidung usw. inbegriffen.

Bei Verbrennungsanlagen ohne Wärmenutzung dürfte eine Personalreduktion bis auf die für Kompostwerke genannte Anzahl gerechtfertigt sein. Wird Strom erzeugt, so ist ein Zuschlag von mindestens 1 Mann pro Schicht erforderlich.

3.2.2 Unterhalt

Maschineller Teil, Kompostierung und Verbrennung rund 4 bis 6 Fr./t, wobei für kleine Anlagen eher der höhere Ansatz gilt; Gebäude rund 1,5% des Bauwertes. Dieser Ansatz ist geringer als der für Wohnbauten gerechnete, da ein Teil des Aufwandes in den Personalkosten enthalten ist.

Betriebsverbesserungen bedeutender Art und Korrekturen allfälliger Projektmängel können mit diesen Ansätzen nicht gedeckt werden. Sind solche wegen erstmaliger Ausführung eines Systems im Bereich des Möglichen, so empfiehlt sich ein Zuschlag von 1% der Anlagekosten des maschinellen Teils.

3.2.3 Betriebsmittel (siehe Tabelle 3)

Tabelle 3. Betriebsmittel-Aufwand

	Kompostierung	Verbrennung
1. Stromverbrauch	30 kWh/t	25–30 kWh/t [1]
2. Wasser für Kühlzwecke	–	1–4 m³/t [2]
Wasser für Speisung, Sanitär	4–6 l/t	100 l/t [3]
3. Brennstoffe	1–2 Fr./t [4]	0–2 Fr./t
4. Übrige	0,1 Fr./t	0,1 Fr./t

[1]) Je nach Dampfdruck und Art der Rauchgasreinigung für Verbrennung ohne Wärmenutzung höher.

[2]) Niedriger Wert für Rückkühlung, höherer Wert für Durchlauf.

[3]) Bei Rücknahme des Kodensates bzw. Heisswasserbetrieb.

[4]) Für kleine Anlagen höher als für grosse.

3.2.4 Reststoffbeseitigung

Sofern die Abfuhr der Reststoffe als Strassentransport durchzuführen und eine Silobeladung möglich ist, kann mit etwa 0,5 Fr./t km im städtischen Gebiet gerechnet werden. Die genaue Rechnung lässt sich indessen leicht durchführen.

Wird nur Schlacke deponiert, so ist die ständige Anwesenheit eines Trax auf der Deponie nicht unbedingt erforderlich; andernfalls müssen rund 4 Fr./t einkalkuliert werden. Die Deponiegebühr auf fremdem Gelände schwankt meist zwischen 1 und 2 Fr./m³, also in der Grössenordnung von 1 Fr./t. Die obengenannten Werte beziehen sich immer auf das Gewicht der Reststoffe, also entsprechend auf 10 bzw. 35% des Müllanfuhrgewichtes bei Kompostierung bzw. Verbrennung.

3.2.5 Verschiedenes

Die Aufwendungen dieses Titels sind von Fall zu Fall zu rechnen. Sofern keine Steuerfreiheit für die Anlage besteht, kann deren Höhe anhand der gesetzlichen Bestimmungen ermittelt werden. Abgesehen von Entschädigungen für die Übergabe der Abfälle an Dritte, kann der Posten Verschiedenes etwa 5% der Betriebskosten erreichen.

4. Beispiel

Verbrennungsanlage für vollumfängliche Beseitigung, jedoch ohne Schlämme, unter Dampfabgabe an ein Industrienetz. Schlackendeponie in 6 km Entfernung. Anfangsmenge 25 000 Jato = 60% der Ausbaugrösse von 42 000 Jato[1]). Volle Betriebsreserve am Ausbauziel. Anlagekosten angenommen zu: Hochbau 2, Tiefbau 0,5, Maschineller Teil 7, Restkosten 0,5, Gesamtkosten 10 Mio. Fr.

Nachfolgend sind die Jahreskosten nach zwei verschiedenen Methoden gerechnet, von denen aber nur die erste einheitlich für alle Fälle angewendet werden kann, um die Güte eines Projektes oder eines Systems der Abfallbeseitigung zu kennzeichnen.

4.1 *Methode des vollumfänglichen Kapitaldienstes unabhängig von der Anfangsauslastung*

Diese Berechnungsart ist unerlässlich, wenn ausschliesslich mit Fremdkapital gebaut wird.

Jahreskosten im 1. Betriebsjahr in 1000 Fr. pro Jahr.

4.1.1 Kapitaldienst

	Abschreibungsdauer Jahre	A/K %	bez. auf Vollausbau 1000 Fr./a
Hochbau	25	6,41	128
Tiefbau	30	5,78	29
Maschineller Teil	20	7,36	515
Restkosten	20	7,36	37
Total			709

4.1.2 Betriebskosten

Personal 14 Mann zu 17 000 Fr./a		238
Unterhalt		
Maschineller Teil 6 Fr./t	150	
Gebäude 1,5%	30	
Verbesserungen 1%	70	
	250	250
Betriebsmittel		
Strom 30 kWh/t zu 6 Rp./kWh	45	
Wasser für Kühlung zu 10 Rp./m³ 1 m³/t; Trinkwasser zu 60 Rp./m³, 0,1 m³/t	4	
Brennstoff 0,1 Fr./t	2,5	
Übrige	2,5	
	54	54
Reststoffbeseitigung		
Transport 35% von 25 000 Jato über 6 km zu 0,5 Fr./t km	26	
Deponiekosten 2 Fr./t	17,5	
Übertrag	43,5	542

[1]) 1 Jato = 1 «Jahrestonne» = 1 t pro Jahr.

Übertrag	43,5	542
Deponiegebühr 1 Fr./t	8,5	
	52	52
Verschiedenes 5%		30
Betriebskosten		624

4.1.3 Zusammenfassung der Jahreskosten

Kapitaldienst auf Ausbauleistung bezogen. Zu Vergleichszwecken mit anderen Anlagen oder Projekten geeignet.

	pro Jahr	pro t Abfall
Kapitaldienst	709 000	28,30
Betriebskosten	624 000	25,00
Total	1 333 000 fr./a	53,30 Fr./t

Unter der Annahme, dass im 5. Betriebsjahr die Auslastung auf 80% oder 33 000 Jato gestiegen ist, wird sich die Rechnung folgendermassen stellen:

4.1.4 Kapitaldienst wie unter 4.1.1, in 1000 Fr./a		709
4.1.5 Betriebskosten		
Personal 17 Mann zu 17 000 Fr./a		289
Unterhalt		
Maschineller Teil 6 Fr./t	198	
Gebäude und Verbesserungen	100	
	298	298
Betriebsmittel		
Strom 30 kWh/t zu 6 Rp./t	60	
Wasser	5	
Brennstoff	2,5	
Übrige	2,5	
	70	70
Reststoffbeseitigung	35	
Deponiekosten	23	
Deponiegebühr	12	
	70	70
Verschiedene 5%		33
Betriebskosten		760

4.1.6 Zusammenfassung der Jahreskosten im 5. Betriebsjahr:

	pro Jahr	pro t Abfall
Kapitaldienst	709 000	21,50
Betriebskosten	760 000	23,00
Total	1 469 000 Fr./a	44,50 Fr./t

4.2 *Methode des auf die Anfangsauslastung bezogenen Kapitaldienstes*

Diese Berechnungsart ist anwendbar, wenn die Bauherrschaft das restliche Kapital zinslos vorschiessen kann, oder wenn eine Subvention von entsprechender Höhe erhältlich ist. Im ersteren wird der Restbetrag später durch eine grössere Anzahl Teilnehmer[2]) gedeckt, für die auch die Grösse der Anlage bestimmt wurde. Zu Vergleichszwecken mit anderen Anlagen ist diese Methode nicht geeignet.

	pro Jahr	pro t Abfall
Kapitaldienst	425 000	17,00
Betriebskosten	624 000	25,00
Total	1 049 000 Fr./a	42,00 Fr./t

Unter der Annahme, dass im 5. Betriebsjahr die Auslastung auf 80% oder 33 000 Jato gestiegen ist, und der Kapitaldienst neu errechnet und aufgeschlüsselt wird, ergibt sich vorbehältlich eingetretener Teuerung:

[2]) Infolge Wachstum der am Bau beteiligten Gemeinden, oder zusätzlich infolge des Anschlusses weiterer Gemeinden, eventuell Industrien.

4.2.1 Kapitaldienst

	Abschreibungsdauer Jahre	A/K %	Kapitaldienst bez. auf Vollausbau 1000 Fr./a
Hochbau	20	7,36	147
Tiefbau	25	6,41	32
Maschineller Teil	15	9,0	630
Restkosten	15	9,0	45
Kapitaldienst Vollausbau			854
4.2.2 Betriebskosten wie unter 4.1.5			760

4.2.3 Zusammenfassung der Jahreskosten ab 5. Betriebsjahr. Zu Vergleichszwecken mit anderen Anlagen nicht geeignet.

	pro Jahr	pro t Abfall
Kapitaldienst	854 000	25,80
Betriebskosten	760 000	23,00
Total	1 614 000 Fr./a	48,80 Fr./t

4.3 *Vergleich der Berechnungsarten*

Bruttokosten:	im 1. Betr.jahr 60% Auslastung	im 5. Betr.jahr 80% Auslastung
Methode des vollumfänglichen Kapitaldienstes	53,30 Fr./t	44,50 Fr./t
Methode des auf die Anfangsauslastung bezogenen Kapitaldienstes	42,00 Fr./t	48,80 Fr./t

Von diesen Auslagen kommen in Abzug die Erlöse aus dem Verkauf von Wärme und Schrott, unter Umständen aus Altstoffen und Schlacke.

Literatur:

Kumpf, Maas, Straub: Müll- und Abfallbeseitigung, Abschitt 4682, 7620 und 7630.

Adresse des Verfassers: *K. A. Wuhrmann*, dipl. Masch.-Ing., EAWAG, Physikstrasse 5, 8044 Zürich.

Die Beseitigung radioaktiver Abfälle in der Schweiz

DK 621.039.004.4

Schwach radioaktive Abfälle entstehen in Laboratorien der Hochschulen und der Industrie sowie in Spitälern, indem bei der Arbeit mit radioaktiven Stoffen Putzmaterial, Glaswaren, Instrumente usw. leicht kontaminiert werden. Daneben gibt es die Abfälle, welche bei der Spaltung der Atomkerne in Atomkraftwerken entstehen. Gegenwärtig sind in unserem Land nur *schwach radioaktive Abfälle* zu beseitigen. Die Eidg. Verordnung über den Schutz vor ionisierenden Strahlen verpflichtet das Departement des Innern, einen oder mehrere *zentrale Stapelplätze* für die gefahrlose Lagerung solcher Abfälle bereitzustellen. Mit dieser Aufgabe ist das Eidg. Gesundheitsamt betraut worden. Dieses plant die Errichtung eines grossen Magazins, das für die Aufnahme der Abfälle auf Jahrzehnte hinaus geeignet sein wird. Damit jedoch schon jetzt Abfälle, die in manchen Betrieben behelfsmässig gelagert werden, gefahrlos deponiert werden können, ist dem Gesundheitsamt ein unbenutztes Sprengstoffmagazin im Kanton Solothurn zur Verfügung gestellt worden, das alle vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus zu stellenden Forderungen und gleichzeitig die Bedingungen bezüglich zentraler Lage und Erreichbarkeit von der Strasse her erfüllt. Im Frühjahr 1963 hat erstmals ein Sammeltransport des Gesundheitsamtes stattgefunden, wobei insgesamt 80 normierte Fässer zu je 100 l eingesammelt wurden. Auf Wunsch verschiedener Firmen, Institute und Spitäler ist soeben eine zweite ähnliche Aktion durchgeführt worden.

Die *radioaktiven Abfälle aus Atomreaktoranlagen* teilen sich in zwei Gruppen. Die eine umfasst Luft und Wasser, die beim Betrieb kontaminiert werden. Bevor man diese Stoffe an die Umwelt abgeben kann, werden sie nach bewährten Verfahren sorgfältig gereinigt, bis sie den gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Die dabei anfallenden, kleinen Mengen hochaktiver Rückstände werden an Ort und Stelle in unterirdischen Behältern unter ständiger Überwachung gelagert.