

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Erfahrungen mit der Kehrichtverwertungsanlage der Stadt Basel  
**Autor:** Palm, Robert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61879>

#### 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:** 27.01.2026

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

den, sondern man kann nach statischen Prinzipien auf die wirkenden Kräfte schliessen.

2. Infolge Fliessvorgang beim Stauen des Schnees wirken auf die Objekte Kräfte in Strömungsrichtung der Lawine wie auch quer dazu, speziell nach oben, wobei das Druckmaximum der verschiedenen Kräfte zeitlich nicht zusammenfallen muss. Die resultierende Stosskraft der Lawinen wirkt in der Regel nach oben, besonders an wenig geneigten Hängen und in Mulden (Dalaas, Monstein); sie kann aber auch unter sehr steilen Hängen von oben nach unten wirken (Vals). Bei den untersuchten Fällen überschritt die Druckwirkung in Stoss-Richtung der Lawine selten  $5 \text{ t/m}^2$  getroffener Objektfläche, wobei es sich vornehmlich um Lockerschnee — oder Staublawinen handelte. Nur drei Sonderfälle aus der Schweiz lassen auf maximale Druckwirkungen von 10 bis 20  $\text{t/m}^2$  schliessen, wobei es sich um starke Hangneigungen, 45 bis 100 %, und z. T. um Grundlawinen handelte.

Die infolge Staues einer Lawine durch ein in der Gleitbahn stehendes Hindernis auftretenden Vertikalkräfte können bei normaler Ausführung der Häuser etwa die Hälfte der Horizontalkraft erreichen. Ihre Wirksamkeit ist abhängig von den in der Aufprallfläche auftretenden Gleitwiderständen, wie Reibung an rauen Fassaden (Steinquader, Schindeln) oder Fassadenöffnungen, Fenstergewände, Dachvorsprünge usw. Für den Fall Blons war das Verhältnis  $P_v/P_h \sim 0,2$ , im Fall Dalaas im ungünstigsten Fall  $\sim 0,5$ . Im Fall Vals war der Druck nach unten wirkend. Nach unten gerichtete Druckwirkungen werden auch in der Schweiz am Fuss von Steilhängen häufig festgestellt (Andermatt, Zuoz).

3. Decken, welche von Lawinen überfahren werden, werden entsprechend der bei den jeweiligen Verhältnissen auftretenden Lawinenhöhe bzw. Stauhöhe durch das Schneegewicht beansprucht.

4. Durch mitgeschleppte Trümmer, Steine, Bäume usw. können Rammeffekte auftreten, die gegebenenfalls bei einer

Neuanlage durch Anwendung von Konstruktionen oder Verwendung von Materialien mit grossem Arbeitsvermögen berücksichtigt werden können.

5. Die Zerstörungswirkung des Luftstosses, welcher der Lawine vorausseilt, war bei den untersuchten Fällen gering und reichte nur zum Eindrücken von Fenstern und leichten Türen, wofür erfahrungsgemäss ein Druckstoss von höchstens  $500 \text{ kg/m}^2$  genügt. Dagegen können sich die Wirbelschichten einer Staublawinenfront ähnlich auswirken wie Druck- und Sogwirkungen eines Verdichtungsstosses der Luft. Zerstörungen, welche auf eine typische Sogwirkung zurückzuführen wären, konnten weder bei den Zerstörungen im Vorarlberg noch aus den verfügbaren Angaben aus der Schweiz nachgewiesen werden.

6. Die obigen Feststellungen ergeben sich aus der unmittelbaren Beobachtung der Zerstörungswirkungen von Lawinen. Der nächste Abschnitt wird zeigen, wieweit sie theoretisch bestätigt werden.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Vergl. Berichte des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Weissfluhjoch, Davos.
- [2] Die Lawinenkatastrophe 1951. Rechenschaftsbericht des Internationalen Koordinationskomitees über die Verwendung der vom Schweizerischen Roten Kreuz für die Hilfeleistung gesammelten Geldmittel, Bern 1953.
- [3] Eidg. Dep. des Innern, Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei: Veröffentlichungen über Verbauungen Nr. 1 (1925), 2 (1934), 3 (1935), 4 (1936) und 6 (1951).
- [4] Beiheft Nr. 26 zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins 1951: Lawinenverbau.
- [5] «Bündnerwald» 1954, Nr. 7: Verbauungen von St. Antönien.
- [6] R. Haefeli: Schneemechanik, Zürich 1939.
- [7] E. Bucher: Beitrag zu den theoretischen Grundlagen des Lawinenverbauens. Beiträge zur Geologie der Schweiz — Geotechn. Serie-Lieferung 6. Bern 1948.
- [8] M. de Quervain: Protection contre les Avalanches. Zeitschrift des Schweiz. Forstvereins 1954, Nr. 7.

## Erfahrungen mit der Kehrichtverwertungsanlage der Stadt Basel

Von Dipl. Ing. R. Palm, Basel

DK 628.492

Die Aufgabe jedwelcher Kehrichtverwertung ist, den Anfall aus Haushaltungen und Kleinindustrie *hygienisch* zu beseitigen. Es entstehen dabei Kosten für die Mülleinsammlung und Anfuhr sowie für den Betrieb der Verwertungsanstalt. Weil für die Einsammlung kein geldlicher Gegenwert zu erhalten ist, jedoch die für den Betrieb entstehenden Kosten unter Umständen durch gewisse Einnahmen gedeckt werden können, müssen beide Kostenelemente getrennt erfasst werden.

Es sei hier nachdrücklich darauf hingewiesen, dass das, was in einer Stadt richtig ist, je nach Umständen in einer anderen Stadt nicht angewendet werden darf. Es trifft dies nicht nur für die Verbrennungsöfen und Kesseltypen zu, sondern auch für die Verwendungsart der anfallenden Produkte, nämlich ob die Wärme als Warmwasser oder Heisswasser, als Dampf für Stromerzeugung oder für Heizzwecke, ob die Anlage mit Zusatzfeuerung auszurüsten sei, ob die Schlacke direkt in die nächste Grube abgeföhrt oder als Auffüllmaterial weiter transportiert werden darf, oder ob sie gar in Schotter auszusieben, auf Basaltstein nochmals erschmolzen oder zu Steinplatten oder zu anderem zu verarbeiten sei. Das selbe gilt für die Flugasche. Ob sie ohne Verwendung trotz des staubentwickelnden Transportes abgeföhrt werden oder mit Wasser oder Luft evakuiert, oder für Dünger, Bodenverbesserung, als feuchtigkeitshaltendes Material, in anderen Fällen als Träger für Bitumenmischungen, Oele und andere Stoffe in der Fabrikation zu verwenden ist, ob sie sich wieder als Brennstoffzusatz eignet, oder in Zyklonfeuerungen zu Steinen erschmolzen werden soll, oder ob sie für Schlackenwollefabrikation zu gebrauchen ist.

Die örtlichen Verhältnisse bestimmen auch, ob Teile der Müllzufuhr, z. B. Papier, Eisen oder Gemüse, Obstabfälle und dgl. durch geeignete mechanische Einrichtungen ausgeschieden und wieder verwendet werden sollen. Hierauf ist zu entscheiden, ob die Ausscheidungen z. B. die Zerealien auf Dün-

ger zu verarbeiten sind, oder ob es wirtschaftlicher ist, die Aussiebung des Kehrichts, welcher eventuell steril gemacht werden muss, sich besser dazu eignet. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Feinaussiebung des Mülls einen relativ höheren Düngewert hat als die gröberen Teile. Für die Art der Düngerherstellung werden die Platzverhältnisse, wie sie zur Verfügung stehen, und der Bedarf der verschiedenen Düngerarten ausschlaggebend sein.

Es kann sich hier keinenfalls darum handeln, alle Möglichkeiten zu untersuchen und die Lösungen anzugeben. Das ist Sache erfahrener Spezialisten. Es sollen hier nur einige Grundsätze aufgestellt werden.

Als erster ist ausschlag- und richtunggebend die hygienisch einwandfreie Beseitigung des Kehrichts. Dieser Forderung sind alle anderen unterzuordnen. Eine Kehrichtverwertungsanlage ist vor allem für das Wohl der Bevölkerung da. Verbunden mit dieser Forderung ist der Grundsatz zu wahren, dass jede Handarbeit vermieden werden soll. Damit wird auch das nächstgestellte Ziel erreicht, die Kehrichtbeseitigung möglichst wirtschaftlich zu gestalten. Die Zeiten sind vorbei, in denen es angängig war, mit dieser Arbeit Menschen zu beschäftigen, welche bei dem geringsten Lohne arbeiten oder gar Strafgefangene zu verwenden.

Die Wirtschaftlichkeit wird durch die Menge der absetzbaren Produkte und die Preise, die mit ihnen erzielt werden können, bestimmt. Es empfiehlt sich auch aus diesem Grund, die Kehrichtverwertung als sauberen Industriebetrieb und nicht als eine Abfallbeseitigungsanlage aufzuziehen, der man nur Abfallpreise glaubt zahlen zu müssen. Für die Preisbildung sind die Absatzmöglichkeiten ausschlaggebend. Es sollen die Fehler nicht wiederholt werden, die z. B. darin bestehen, dass neben einer Kiesgrube, welche den guten, harten Schotter im Tagbau liefert, Kehricht als solcher ausgeschmolzen und zu Steinen verarbeitet wird, obwohl der Fall vorliegen kann, dass Steine einen besseren Absatz finden als Wärme. Abfall-

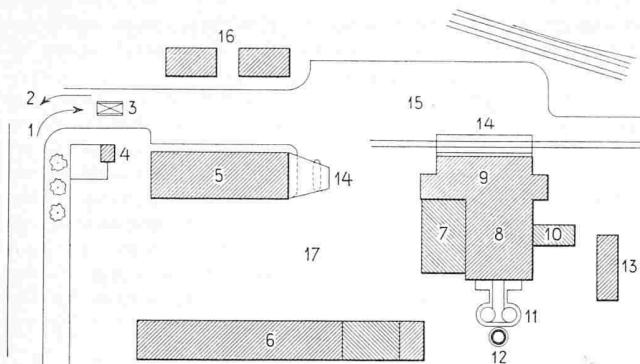


Bild 1. Lageplan der Kehrichtverwertungsanlage Basel, Maßstab 1:2000

1 Einfahrt	10 Bureau
2 Ausfahrt	11 Staubabscheider
3 Brückenzaage	12 Hochkamin
4 Waaghaus	13 Schlackenaufbereitung
5 Kehrichtabfuhr, Dienstgebäude	14 Vordächer
6 Ochsnerwagengarage	15 Kehrplatz
7 Wärmezentrale	16 Maschinistenwohnungen
8 Ofenhaus	17 Waschplatz
9 Bunkerhaus	

wärme oder elektrische Energie sind unter Umständen wirtschaftlicher als konsumangepasste Produkte, welche oft nur mit Zusatzfeuerungen hergestellt werden können. Bodenverbesserungsmittel können Dünger vorgezogen werden, z. B. dort, wo starke Viehwirtschaft genügend Dünger bringt. Wie schon bemerkt, ist es dort, wo guter Kiesboden ist, sinnlos, Schlackenschotter herzustellen, und dort, wo Granit und Gneis eine nationale Industrie ist, darf keine Basaltschlacke erschmolzen werden.

Müssen lange Abfuhrwege oder ungünstige Transportverhältnisse nach der Kehricht-Schlackengrube benutzt werden, so rechtfertigt sich unter Umständen die Ausnutzung grösserer Sperrgüter in der Verbrennung und eine einheitliche Abfuhr mit den Kehrichtschlacken nach der Grube.

Die Fragen, ob Hochkamine oder Saugzuganlagen aufzustellen sind, wie weit die Abgase entstaubt und abgekühlten werden dürfen, müssen unter Berücksichtigung der Lage, der Stadtnähe, des Strompreises, des Baugrundes und nicht allein mit Rücksicht auf einen möglichen Verschleiss der Ventilatorenshaufeln entschieden werden. Dieser kann übrigens durch die Bauart und durch geeignete Hilfs-einrichtungen verringert werden.

Auch in kleineren Gemeinden, z. B. in Kurorten, können Kehrichtverwertungsanlagen aufgestellt werden, trotzdem sie nicht wirtschaftlich sind, jedoch aus hygienischen Gründen unerlässlich erscheinen. Sie sind gerechtfertigt, wo eine Ab Lagerung das Grundwasser verunreinigt, sofern es nicht erwünscht ist, aus den Abfällen Humusdünger herzustellen. In diesen Fällen gehen die gesundheitlichen Rücksichten der Kostenfrage vor.

Im allgemeinen eignen sich Kehrichtverbrennungsanlagen, welche wirtschaftlich betrieben werden sollen, nur für Städte mit mindestens 100 000 Einwohnern und dort, wo der Müll noch einen Heizwert von mindestens 900 kcal/kg aufweist. Beziiglich des Heizwertes des Mülls sei auf den Aufsatz von R. Tanner «Kehricht als Brennstoff» in der Festschrift, die Prof. Dr. Paul Schläpfer gewidmet ist, verwiesen<sup>1)</sup>. Es sei aber beigelegt, dass bei dieser Frage noch vieles abzuklären bleibt, beispielsweise die Frage, in welcher Weise die Beimischung der Hausfeuerungs- und Zentralheizungsschlacke den Verfeuerungswert des Kehrichts beeinflusst.

\*

Die Kehrichtverwertungsanlage der Stadt Basel kam im Spätherbst 1943 in Betrieb. Sie wurde von Dipl. Ing. C. Felber in der Schweiz. Bauzeitung beschrieben<sup>2)</sup>. Es dürfte für weitere Kreise interessant sein, zu erfahren, in welcher Weise sie heute betrieben wird, was für Erfahrungen an ihr gesammelt wurden und wie diese Erfahrungen auf andere Verhältnisse anzuwenden sind.

<sup>1)</sup> Solothurn 1950, Verlag Vogt-Schild AG.

<sup>2)</sup> SBZ Bd. 124, S. 325 und 340 (Dezember 1944).

Vor allem darf festgestellt werden, dass die Anlage in Basel die an sie gestellten Anforderungen reichlich erfüllt hat. Wenn nachfolgend einzelne Teile einer Kritik unterzogen werden, so geschieht es in durchaus konstruktivem Sinn, um zu zeigen, wie diese Teile heute mit Vorteil auszuführen wären.

Die Anlage ist für eine maximale Kehrichtmenge von 10 t/h gebaut worden. Sie ist für eine Stadt wie Basel mit etwa 200 000 Einwohnern und einem täglichen Kehrichtanfall im Jahresdurchschnitt von 140 t (im Sommer 80 t, im Winter 60 t) reichlich bemessen, wenn berücksichtigt wird, dass damit 24 Stunden im Tag gefahren werden könnte und dass eine 100 %ige Reserve in einem zweiten Ofen mit Kessel vorhanden ist. Die anfallende Kehrichtmenge reicht heute für eine tägliche Vollbetriebszeit von nicht mehr als maximal 16 Stunden. Dieser Umstand ergibt hohe An- und Abheizverluste.

### 1. Die Kehrichtanfuhr

Die Wahl von sieben Fülltoren zu den Tiefbunkern (bei 9, Bild 1) hat sich bewährt. Es dürfen nicht zu wenig sein, damit keine Störungen und Wartezeiten für die Fuhrwerke entstehen, besonders, wenn die Möglichkeit offen gehalten werden soll, dass ausser eigenen Kehricht- und Sperrgutwagen private Wagen brauchbaren Abgang zuführen können. Ein Teil der Tore muss sich automatisch öffnen lassen. Wie wir noch sehen werden, soll auch das Fassungsvermögen des Tiefbunkers nicht zu klein gewählt werden. Bei der Reduktion auf sechs Tore wäre eine billigere Bauweise möglich, ist aber nicht zu empfehlen. Es hat sich gezeigt, dass eine Bunkerentwässerung bei dem Kehricht, wie er hier anfällt, nicht notwendig ist.

Vor den Toren sollte unbedingt eine Halle angeordnet werden. In Basel ist der Platz vor dem Bau zu beschränkt, so dass die Einfahrt der Wagen in eine Vorhalle sich kaum durchführen lässt.

Die grossen Vorteile eines Vorbauers bestehen vor allem darin, dass dieser nachts als Garage benutzt werden kann. Dann hält er den Wind ab, so dass es beim Kippen nicht stäubt und kein Papier und dgl. herumfliegt. Die in der Halle vorgewärmte Luft, welche beim Öffnen der Tore eingesogen wird, erzeugt in der Bunkerhalle keine so grossen Temperaturdifferenzen. Der Staub wird dadurch nicht hochgesogen und belästigt nicht den Kranführer.

Bahnanschluss zur Zufuhr brauchbarer Abfälle ist zu empfehlen. Es ist jedoch eine leicht an- und abmontierbare Schrägrampe vom Waggon nach dem Bunker anzuordnen, damit der Wageninhalt rasch eventuell mit einer mechanischen Schaufel über diese Rampe aus dem Wagen ausgestossen werden kann. Bei einem Bahnanschluss sollte, wenn der Bahnverkehr rege ist, ein Ausweichgleis vorgesehen werden.

Die Entlüftung der Bunkerhalle durch Absaugen der Verbrennungsluft aus dieser Halle hat sich nicht bewährt, weil einerseits dadurch eine Luftbewegung von unten nach oben entsteht und den Staub vermehrt mitträgt. Andererseits ist diese Luft kalt und stört die Verbrennung. Viel zweckmässiger ist es, die Verbrennungsluft warm unter der Kesselhausdecke abzusaugen. Da sich Bunkerbrände besonders im Winter durch unabgelöste Schlacke, welche mit den Kehrichtautos angefahren wird, nicht ganz vermeiden lassen, sollte im Bunker eine fest eingebaute Löschvorrichtung z. B. ein Strahlrohr mit Nebelschleier eingebaut werden.

### 2. Die Krananlage

Es sind zwei Kranbrücken vorzusehen, damit eine sichere Reserve vorhanden ist. Die Konstruktion der Seiltrommel soll sehr sorgfältig ausgeführt werden, um den grossen Seilver-schleiss nach Möglichkeit zu reduzieren. Automatische Schmierung macht von der Aufmerksamkeit der Arbeiter unabhängig. Da die Staubausbildung sich nicht vermeiden lässt, genügt die angebrachte Belüftung der Krankabine den hohen Anforderungen nicht, welche das Fabrikinspektorat diesbezüglich stellt. Es ist daher zweckmässiger, eine feststehende Bedienungskabine anzubringen, die vom Bunkerraum durch dicke Glasscheiben getrennt ist, obwohl dadurch die Uebersicht etwas verschlechtert wird.

Mit den beiden Kranen, deren mit Zähnen versehene Greifer pro Hub rund 1 t Kehricht in die Trichter der beiden

Verbrennungsöfen heben, lässt sich bei 10 bis 16 Hüben pro Stunde die Beschickung der Oefen richtig durchführen. Es ist auch möglich, abends nach dem Abfeuern den Ofen für die Nacht mit Kehricht bei vermehrter Hubzahl aufzufüllen, um das Feuer über Nacht abzudecken.

Um an Bauhöhe für das Gebäude zu sparen, sollte die Leerlaufhöhe zwischen Trichter und Kranbrücke nicht zu gross gewählt werden.

Bei verschiedenen Untersuchungen der Luft in der Bunkerhalle konnten nie gesundheitsschädigende Bakterien nachgewiesen werden. Auch im ganzen Betrieb sind in diesen Jahren noch keine Infektionen oder Krankheitserscheinungen festgestellt worden, welche auf eine unhygienische Arbeit schliessen liessen. Immerhin dürfte dabei eine gewisse Vakzinierung eine Rolle spielen.

### 3. Aufgabevorrichtung

Jeder Ofen ist mit einer Schüttelrinne versehen, die den Müll nach dem Füllschacht zur Verbrennungskammer, Bild 2, befördert. Durch die Stossbewegung wird die Schachttöffnung gefüllt und das Material so eingepresst, dass dabei ein rauchdichter Abschluss der Trockenkammer entsteht. Dabei setzt die Bewegung der Schüttelrinne automatisch aus, wenn die Pressung, welche die Abdichtung bewirkt, genügt, und springt wieder an, wenn sie sich lockert. Diese Automatik wurde nachträglich und nach eigener Konstruktion angebracht. Um jedoch Sperrgüter durch den Schacht abrutschen zu lassen, wobei dieser nicht gasdicht abgeschlossen ist, und um die Rauchgasentwicklung im Aufgaberaum zu beseitigen, wurde auf der kesselseitigen Stirnwand des Schüttelrinnengehäuses eine Absaugevorrichtung angebracht.

Die Schüttelrinne könnte so ausgebildet werden, dass der Feinanteil des Mülls bis etwa 8 mm Körnung auszusieben ist. Wie es sich an anderen Orten gezeigt hat, ist dies für die Verbrennung sehr fördernd. Diese Aussiebung besitzt nur sehr wenig Heizwert, verstopft aber die Luftkanäle in der Brennstoffschicht. Bisher hat aber die Aussiebung Schwierigkeiten bereitet, weil bei der stossenden Bewegung die Körner aufgeworfen und beim Niederfallen, besonders, wenn sie nass

sind, die Sieböffnungen verstopfen. Durch geeignete Massnahmen können Verbesserungen getroffen werden.

Es empfiehlt sich, dem Abschlusschieber über dem Füllschacht besondere Beachtung zu schenken, damit er beim Stillstand gasdicht abgeschlossen werden kann.

### 4. Der Trocknungsrost

Eine starke Vortrocknung des Kehrichts, dessen Feuchtigkeit im Sommer bis auf 60 % und mehr ansteigen kann, ist äusserst wichtig. Das Einblasen von Rauchgasen, die anfänglich aus der Vorkammer des Kessels abgesogen wurden, hat sich bei diesem Feuchtigkeitsgehalt nicht bewährt. Die abgesaugten Gase enthalten zu viel Wasserdampf und vor allem zu grosse Mengen Flugasche. Bei der Absaugung werden diese im Kanal und im Ventilator so stark abgekühlt, dass Wasserausscheidungen vorkommen. Damit ergibt sich mit dem Staub eine Paste, welche die Ventilatorflügel belagert. Da ausserdem im Kondensat Säuren enthalten sind, wird der Ventilator nach sehr kurzer Zeit unbrauchbar. Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Trocknung erzwungen werden kann, wenn die Decke über dem Anzündrost durchbrochen und ein Teil der Feuergase unter den Trocknungsrost geleitet werden. Ausserdem ist durch geeignete Massnahmen dafür gesorgt, dass die Feuergase vermehrt durch die Oeffnung über dem Anzündrost nach dem Trocknungsrostraum strömen und so dadurch, dass sie über den Kehricht streichen, diesen durch Strahlung trocknen.

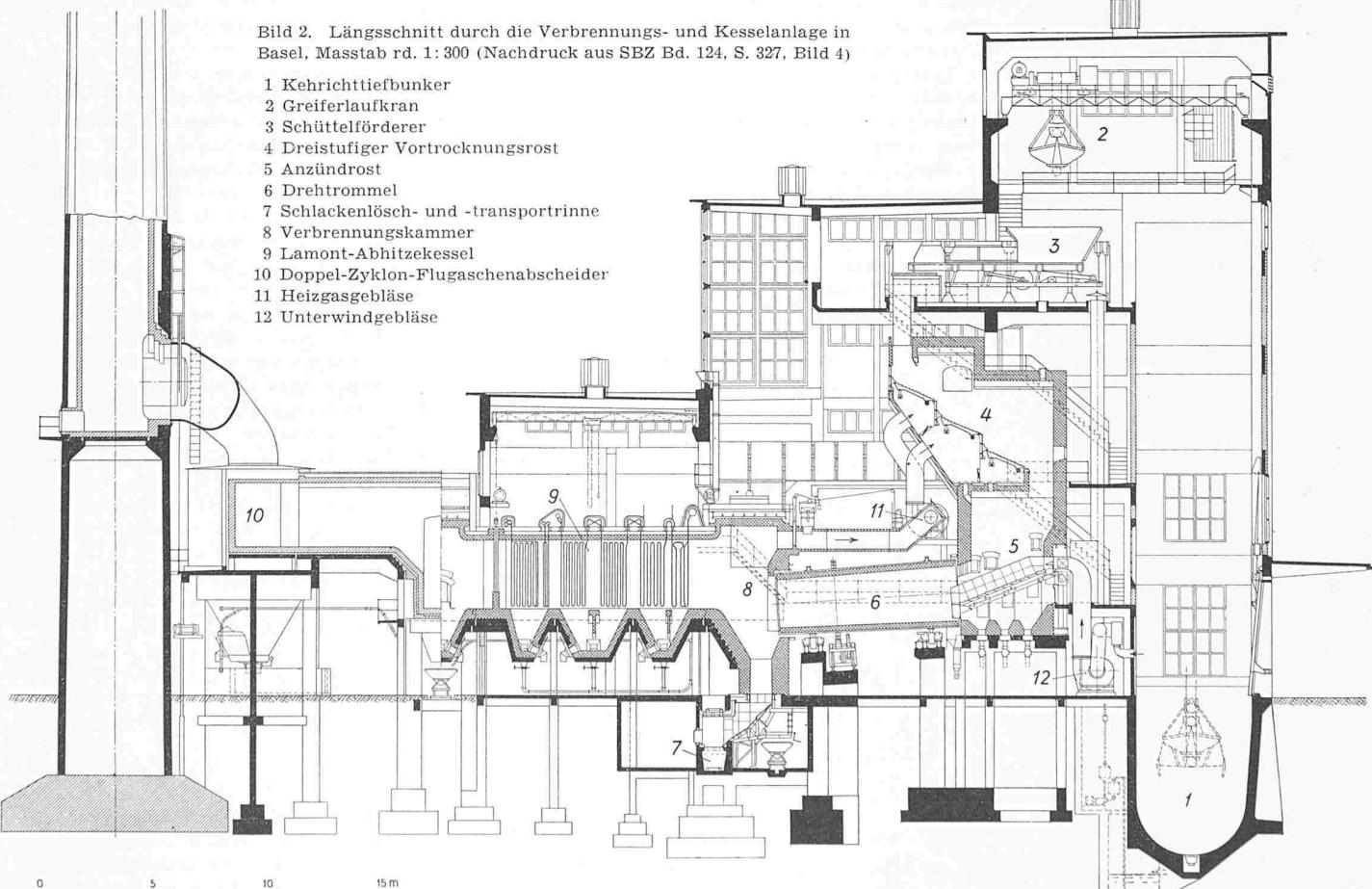
Wir konnten im Laufe der Entwicklung eine sehr interessante Beobachtung machen. Frischer Kehricht zündet, ob er trocken ist oder nicht, sehr schlecht oder gar nicht. Lässt man ihm einige Zeit liegen, bis er anfängt zu gären, also Methan zu bilden, erfolgt die Zündung viel leichter, sogar bei sehr nassen Brennstoffen. Deswegen soll der Bunkerraum wie oben bemerkt, reichlich gross sein.

### 5. Der Anzündrost

Der hiefür gewählte Unterschubrost hat sich bewährt. Es muss aber darauf geachtet und alle Einrichtungen daraufhin konstruiert und bedient werden, dass am Anfang dieses

Bild 2. Längsschnitt durch die Verbrennungs- und Kesselanlage in Basel, Maßstab rd. 1:300 (Nachdruck aus SBZ Bd. 124, S. 327, Bild 4)

- 1 Kehrichttiefbunker
- 2 Greiferlaufkran
- 3 Schüttelförderer
- 4 Dreistufiger Vortrocknungsrost
- 5 Anzündrost
- 6 Drehtrommel
- 7 Schlackenlösch- und -transportrinne
- 8 Verbrennungskammer
- 9 Lamont-Abhitzekekessel
- 10 Doppel-Zyklon-Flugaschenabscheider
- 11 Heizgasgebläse
- 12 Unterwindgebläse



Rostes, d. h. dort wo der vorgetrocknete Kehricht auffällt, ein so tiefes und starkes Anfangsfeuer vorhanden und unterhalten wird, dass es weder vom frischen evtl. noch nassen Kehricht abgedeckt und ausgelöscht, noch durch den Rostvorschub weggetragen wird. Die Verbrennungsluft darf dort nicht so stark zugeführt werden, dass sie dieses Grundfeuer ausbläst. Anderseits muss die sehr hohe, etwa 1,80 m mächtige Brenntoffsicht durchblasen werden können.

Die Brenntoffsicht brennt nach dem Rostende bis auf etwa 60 cm ab. Bei der sehr verschiedenen Brennstoffzusammensetzung besteht immer die Gefahr der Löcherbildung im Brennstoffbett, welche sich besonders störend auswirkt, wenn sie am Rostende auftritt. Die zonenweise Zuführung der Verbrennungsluft unter den Rost ist daher notwendig, doch kann sich die Regulierung auf das Rostende beschränken.

An den Seitenwänden der Verbrennungskammer backt die Schlacke rasch an und verhindert so dort den Vorschub des Kehrichts. Hochfeuerfeste Spezialsteine können dies verhindern. Es darf an solchen daher trotz ihres hohen Preises nicht gespart werden. Schauöffnungen sollen so angebracht werden, dass auch bei einer hohen Brenntoffsicht in der Brennkammer der Verbrennungsverlauf beobachtet werden kann. Bei der wechselnden Kehrichtzusammensetzung ist dies sehr notwendig.

#### 6. Die Zusatzfeuerung

Oelbrenner lassen sich in die Verbrennungskammer einbauen. Es muss aber dabei darauf geachtet werden, dass die Flamme die Brennstoffoberfläche nicht trifft und an dieser Auftreffstelle der Kehricht, ohne dass die notwendige Verbrennungsluft vorhanden ist, austrocknet und dabei gleichzeitig so verkrustet, dass er die Verbrennungsluft von unten her nicht mehr durchlässt.

Der Antrieb des Rostes durch den Oeldruck-Pulsator hat sich sehr gut bewährt, da Brüche im Rostantrieb trotz den durch eingeklemmte Eisenteile vorkommenden Hemmungen vermieden werden. Um aber den Vorteil der kontinuierlichen Regelung des Rostvorschubes auszunützen zu können, müssen die Heizer, wie schon oben gefordert, die Möglichkeit haben, den Brennvorgang gut beobachten zu können.

Die Verbrennung kann wesentlich unterstützt werden, wenn vorgewärmte Luft zur Verfügung steht. Besonders angenehm ist dieses Hilfsmittel bei schwankendem Feuchtigkeitsgehalt des Kehrichts, wenn die Temperatur der Verbrennungsluft danach geregelt werden kann. Dies geschieht in vorteilhafter Weise durch einen Heisswasser- oder Dampflufterhitzer. Rauchgas-Luftvorwärmer eignen sich nicht, weil dessen Kanäle wegen des grossen Staubgehaltes der Ofenabgase leicht verstopft werden, und die Kehrichtabgase nicht unter etwa 190 °C abgekühlt werden dürfen. Unter dieser Temperatur findet schon Kondensation in den Rauchgasen statt, deren Taupunkt sehr hoch liegt. Ausser den Verstopfungen macht sich auch der unangenehme Geruch der zu tief abgekühlten Kehrichtsabgase störend bemerkbar.

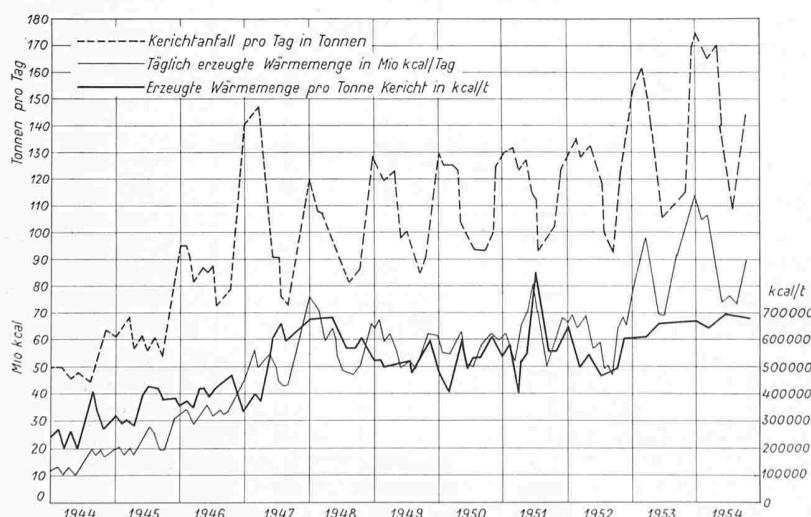


Bild 3. Kehrichtanfall in t/Tag und erzeugte Wärme in Mio kcal/Tag der Anlage in Basel im Verlauf der letzten zehn Jahre

#### 7. Die Ausbrandtrommel

Bei der mechanischen Verbrennung des Kehrichts stellt diese Trommel ein sehr wertvolles Glied der Anlage dar. Sie erlaubt, den Kehricht restlos auszubrennen. Auf einem Rost ist dies wegen der sehr verschiedenen Stückung und den verschiedenen Brenneigenschaften nicht möglich, da bei der unvermeidlichen Löcherbildung im Brennstoffbett die Luft in den Feuerraum strömt und diesen zu stark kühl, ohne dass sie sich mit dem Brennstoff mischen würde. Diese Luft müsste nämlich einem solchen Rost nicht nur von unten zur Verbrennung, sondern auch zur Kühlung des Rostmaterials von den Seiten zugeführt werden.

In der Trommel kann das geziündete Gut solange zurückgehalten werden, bis es vollständig ausgebrannt ist. Bedingung dabei ist aber, dass der Aufenthalt der ausbrennenden Schlacke in der Trommel nach Bedarf einreguliert werden kann. Dies geschieht durch Änderung der Umdrehungszahl der Trommel. Auch hierzu muss man den Zustand in der Trommel beobachten können. Bleibt die Schlacke zu lange in der Trommel, d. h. dreht sie zu langsam und wird gleichzeitig, durch zu wenig Verbrennung auf dem Anzündrost, viel Brennmaterial nach der Trommel befördert, wird die Schlakkentemperatur in der Trommel zu hoch. Es besteht dann die Gefahr des Anbackens von Schlacke am Trommelmantel, so dass sich der Querschnitt verringert. Der Schlackenansatz muss mit Werkzeugen abgestossen werden, wobei die Ausmauerung der Trommel beschädigt wird. Da anderseits bei zu hoher Umdrehungszahl die Schlacke nicht Zeit zum Ausbrennen hat, ist es wichtig, dass die Drehzahlregulierung der Trommel gut ausgebildet ist. Wo das der Fall ist, kann die Trommellänge reduziert werden.

#### 8. Schlackenaustrag

Die Schlacke fällt bei der Basler Anlage im Winter meist in grossen Blöcken zusammengeschmolzen aus der Trommel in den Schlackenschacht, im Sommer in feiner Körnung. Der Schacht muss daher gross genug dimensioniert und darf vor allem nicht nach unten eingezogen werden, um Verstopfungen, die sehr stark stören, zu vermeiden. Fällt die glühende Schlacke in die Wasserrinne, so zerspringen die grossen Stücke oft explosionsartig. Eingeschmolzene Koksstücke werden dabei abgelöscht und gehen als Verluste in die Schlacke ab.

Es wird daher untersucht, ob nicht eine Brechwalze wirtschaftlicher ist. Ueber der Walze fände dann noch ein weiterer Ausbrand der Schlacke statt. Eine solche Einrichtung würde auch die obenerwähnte Kürzung der Trommel rechtfertigen. Der bei der Abkühlung in der Wasserrinne aufsteigende Dampf ist hoch überhitzt und wird mit den Feuergasen angesogen. Sein Wärmeinhalt geht daher nicht verloren.

Die Schlackenabfuhr durch die Kette ist für einen vollmechanischen Betrieb, auch wenn Brechwalzen vorgesehen würden, unentbehrlich. Der Verschleiss der Kette wie auch der Wassertröge und Laufschienen hält sich in tragbaren Grenzen. Durch den normalen Verschleiss werden Reparaturen und Auswechslungen an der Einrichtung notwendig, besonders wenn mit dem Kehricht grosse Eisenstücke anfallen, was nicht ganz zu vermeiden ist. Ist die Schlackenkette defekt, so muss die ganze Anlage stillgelegt werden. Daher ist eine Reserveeinrichtung zur Sicherung des Betriebes nicht zu umgehen. Diese kann einfach ausgebildet werden; auf jeden Fall muss aber auch sie so gebaut sein, dass die Schlacke gefahrlos und ohne Vermehrung des Betriebspersonals abgeführt werden kann. Vor primitiven Einrichtungen sei hier ausdrücklich gewarnt.

Die Schlammwasserpumpe soll von sehr silder Bauart sein. Es ist vorteilhaft, wenn das Wasser ohne Pumpe in die Kanalisation ablaufen kann. Die Kanalisationsrohre müssen aber weit genug sein, um dem Verstopfen und Verkalken zu begegnen.

#### 9. Kesselanlage

Für die Gestaltung der Kesselanlage ist der Verwendungszweck der Wärme massgebend. Hohe Dampfdrücke oder hohe Heisswassertemperaturen sind nur angebracht, wenn der Dampf

Bild 4. Vorschlag für eine Kehrichtverwertungsanlage mit stark verringerten Ausmassen, Maßstab 1:300

- 1 Greifer
- 2 Trocknungsschacht
- 3 Trocknungsraum
- 4 Trocknungsrost
- 5 Vergrösserter Feuerraum
- 6 Anzündrost
- 7 Gekürzte Ausbrandtrommel
- 8 Rohrenbündel
- 9 Rauchgasklappe

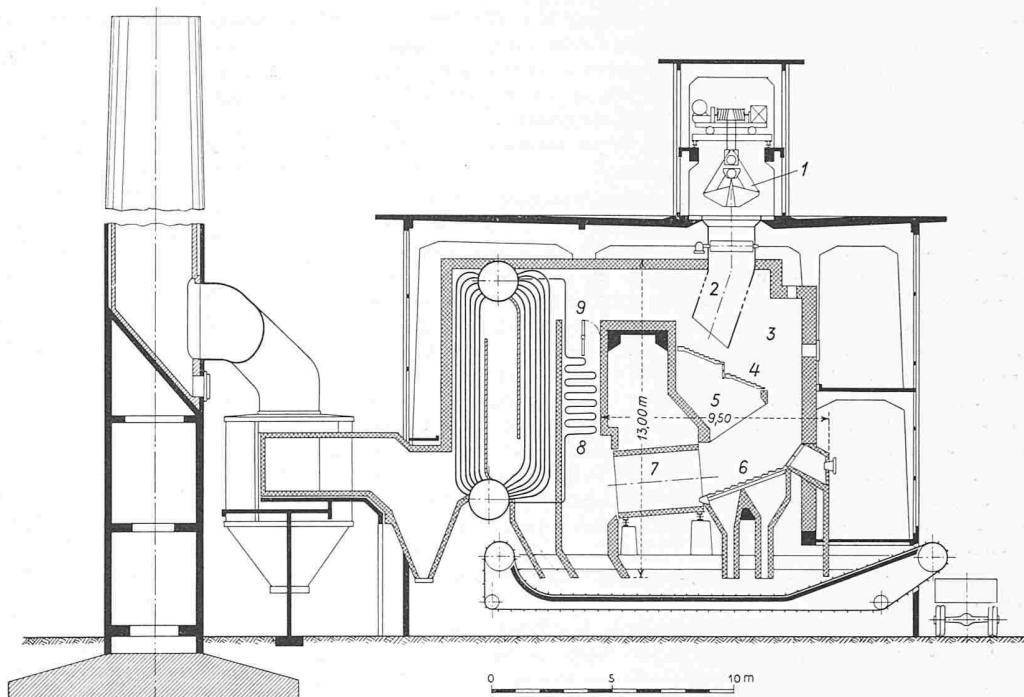
zuerst in einer Dampfturbine auf den Heizdampfdruck expandiert und anschliessend mit der Abdampfwärme ein Heizwerk betrieben werden soll. Bei reinen Heizanlagen ist es in den wenigsten Fällen richtig, hohe Temperaturen vorzuschreiben, denn die Wärmeverbraucher, die mit hohen Drücken oder Temperaturen arbeiten müssen, werden meistens in der Minderzahl sein. Wenn solche zur Aufstellung kommen, so ist es im allgemeinen vorteilhafter, für sie Elektrokessel vorzusehen, als das ganze Wärmeverteilernetz für den hohen Druck mit den teuren Armaturen auszurüsten. Auch für weit ausgedehnte Rohrstränge wird dies gelten, weil bei hohen Temperaturen die Fortleitungsverluste gross sind oder nur mit teuren Isolierungen verhindert werden können, obwohl die Rohrleitungen bei einer grösseren zugelassenen Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf einen kleineren Durchmesser verlangen.

Werden hingegen Gegendruckturbinen verwendet, so soll der Zentralen- und damit der Kesseldruck hoch sein. Wärmeerzeuger mit Zwangsumlauf sind bei Abhitzeanlagen zweckmässig. Dabei müssen verschiedene Stellen der Installationen mit Kühleinrichtungen versehen sein (Mauerwerk, Schieber, Dichtungen usw.). Diese lassen sich bei Wasserumlaufsystemen, die von den Höhenlagen der Heizflächen unabhängig sind, oft recht zweckmässig anbringen. Bei kleinen Anlagen, besonders bei niederen Kesseldräcken, werden wohl einfache Röhrenkessel vorgezogen, um Umwälzpumpen zu vermeiden. Bei der Wahl und der Konstruktion des Kessels für Abhitzeanlagen ist aber immer zu berücksichtigen, dass bei den relativ niederen Anfangstemperaturen, mit denen die Verbrennungsgase in den Kessel eintreten, und die mit Rücksicht auf den Schmelzpunkt der Kehrichtschlacke nicht viel über 1000 ° C liegen sollen, ein guter Wärmeübergang an die Heizflächen durch Aufteilung in dünnerne Teilströme bei grossen Rauchgasgeschwindigkeiten erzwungen werden soll, um die sonst sehr schwach belastete Heizfläche auszunützen.

Es ist ein Nachteil, wenn bei der Stellung des Zugschiebers hinter dem Kessel der Zug über dem Anzündrost gleichzeitig mit demjenigen über dem Trocknungsrost reguliert wird, also in beiden Kammern nicht unabhängig voneinander eingestellt werden kann.

#### 10. Speicher

Der Speicher hat die Aufgabe, den Ausgleich zwischen der Wärmeproduktion und der Wärmeabgabe herzustellen. Er darf aber den Heizer nicht dazu verleiten, auf die Regelung der Feuerung entsprechend dem Wärmebedarf zu verzichten. Er ist nur dazu da, die nicht vermeidbaren Unregelmässigkeiten in der Kehrichtqualität zu überbrücken. Es kann nämlich vorkommen, dass ein Greifer sehr nasses Material (Obst- und Gemüsereste) einmal oder bei Unachtsamkeit des Kranführers mehrmals hintereinander in den Ofen eingibt. Trotz der Trocknung wird dann das Grundfeuer, auf welches wir aufmerksam gemacht haben, beim Eintritt des Kehrichts auf dem Anzündrost sehr stark reduziert. Es kann dann bis zu einer Stunde und mehr dauern, bis der normale Gang des Rostes wieder zustande kommt. In dieser Zeit muss der Spei-



cher ausgleichen. Wird er aber aus Bequemlichkeit zum Ausgleich der Wärmebedarf-Schwankungen im Netz benutzt, können Störungen, wie sie eben geschildert wurden, nicht beseitigt werden. Ganz besonders unangenehm wird die Situation, wenn die Rücklauf-Temperatur hoch ist, was vorkommt, wenn — wie wir davor gewarnt haben — einzelne angeschlossene Hochtemperatur-Wärmeverbraucher besonders stark belastet werden und gleichzeitig der Heizbetrieb, welcher die tiefsten Rücklauftemperaturen liefert, eingeschränkt ist, eine Situation, welche im Sommer häufig und im Winter in den Nachmittagsstunden eintritt. Die Speicherfähigkeit fällt dann bis auf ein unwirtschaftliches Minimum zurück.

#### 11. Verschiedenes

Die Russbläser-Einrichtung, welche zum Reinhalten der Kesselrohre von anhaftender Flugasche gedacht und für welche ein besonderes Heizbündel zur Erzeugung von überhitztem Blasdampf vorgesehen war, muss nicht benutzt werden, da die ebenfalls vorhandene Vorrichtung zum Bewegen der haarnadelförmigen Heizrohre hierfür genügt.

Der ter Linden-Doppelzyklon für die Flugaschenabscheidung hat sich bewährt. Es sind uns nie Klagen über Staubbelästigungen zugegangen.

Im Winter 1949/1950 wurde der Schornstein von 67 auf 82 m erhöht<sup>3)</sup>, um eine Rauchbelästigung der inzwischen überbauten Umgebung zu vermeiden. Der Zug reichte bei der geringen Höhe sehr wohl aus.

Die Flugaschenabsaugung hat für den Zweck, für den sie vorgesehen war, genügt. Wenn aber die Flugasche für verschiedene Anwendungen in verschiedener Feinheit aufgefangen werden muss, so sind neue Einrichtungen notwendig.

#### 12. Beanspruchung der Anlage

Bild 3 lässt die zunehmende Steigerung des Kehrichtdurchsatzes in den ersten zehn Betriebsjahren deutlich erkennen. In den Kriegsjahren bereitete der geringe Heizwert des Kehrichts infolge der damals vorgenommenen Auslese von Schweinefutter, Papier, Lumpen und anderem gut brennbarem Material grosse Schwierigkeiten. Der Anfall war viel kleiner, und damit musste die tägliche Betriebszeit auf wenige Stunden verkürzt werden. Die Stillstandsverluste wurden sehr hoch. Das Feuer im Ofen kam nie auf die Temperatur, welche zur Verbrennung der schwer zündenden Teile notwendig gewesen wäre. Auch fehlten uns und der Lieferfirma die Erfahrungen. Die ausländischen Ingenieure der Lizenzgeberin konnten zur Betriebsinstruktion nicht einreisen.

In der Nachkriegszeit fiel mit den Feuerungsrückständen aus den Wohnungsheizungen sehr viel Schlacke an. Es ist be-

<sup>3)</sup> SBZ 1950, Nr. 45, S. 617.

kannt, dass gerade die Braunkohle schlacke sich für den Kehrichtfeuerungsbetrieb gar nicht eignet. Aus diesem Grunde haben in Deutschland alle Kehrichtverbrennungsanlagen bis auf diejenige in Hamburg, wo im Haushalt hauptsächlich Steinkohle verfeuert wird, den Betrieb eingestellt. Wie dieser Schlackenanfall gegen Schluss der Ersatzbrennstoffperiode anstieg, zeigt die Spalte im Jahre 1946/47.

Aus Bild 3 ist auch zu entnehmen, dass heute aus einer Tonne Kehricht rund 700 000 kcal Wärme erzeugt werden und dass die jährliche Wärmeproduktion 25 Mrd kcal beträgt. Die Spaltenwerte in den Jahren 1947 und 1948 zeigen den zeitweiligen Erfolg einer besonders sorgfältigen Betriebsführung, die angeordnet wurde, um das Personal in der Handhabung verschiedener Brennstoffe zu üben. Auf die Dauer kann der Kehrichtverwertungs-Betrieb nicht ausschliesslich auf eine möglichst hohe thermische Ausnutzung des Kehrichts ausgerichtet werden. Vielmehr müssen die Betriebszeiten, die Beseitigung des täglich anfallenden Materials und die Belastungen aus organisatorischen Gründen den oft vorkommenden ungünstigen Verhältnissen angepasst werden. Im Jahre 1951 konnten Lagerrückstände einer Brikettfabrik, bestehend aus Lignit, Walliser Kohlen u. a. übernommen werden. Dies zeigt sich in einer Leistungs- und Ausnutzungsspitze.

Da eine Tonne Koks bei einem Wirkungsgrad in der Zentralheizung mit etwa 60 % verfeuert wird, entspricht diese Wärmemenge jährlich 6000 t Koks. Ist der Kokspreis bekannt, so lässt sich die durch den Betrieb einer Kehrichtverbrennungsanlage zu erzielende Brennstoffeinsparung berechnen. Dieser Einsparung stehen die Ausgaben der aus 16 Mann bestehenden Belegschaft, die Stromkosten (benötigt werden 27,5 kWh/Mio kcal), die Wasserkosten (Verbrauch 8,5 m<sup>3</sup>/Mio kcal), die Reparatur- und übrigen Kosten (rd. 7 Fr./Mio kcal) gegenüber.

Muss mit einer Amortisation der Anlage gerechnet werden, so müssen die heutigen Anlagekosten, welche 1941/43 4,2 Mio Fr. betrugen, bekannt sein. Obwohl die Baukosten seit damals auf das Doppelte gestiegen sind, dürfte es doch möglich sein, auf Grund der Erfahrungen eine, bei gleicher Leistung nicht in dem selben Masse im Preis gestiegene Anlage zu erstellen. Angaben darüber zu machen, ist aber erst möglich auf Grund von genauen Untersuchungen, welche alle

die eingangs erwähnten, den Bau einer Kehrichtverwertungsanlage beeinflussenden Faktoren, berücksichtigt.

In SBZ 1951, Nr. 14, hat Dipl. Ing. R. Tanner die neue Kehrichtverbrennungsanstalt der Stadt Bern beschrieben und in Zeichnungen dargestellt, die gegenüber derjenigen von Basel, neben verschiedenen Vorteilen, eine wesentliche Verringerung der Ausmasse und der Erstellungskosten aufweist. Auf Grund der Erfahrungen mit der Basler Anlage wurde eine andere Ausführung entwickelt, deren Ausmasse gegenüber Bern noch weiter verkleinert werden konnten. Sie ist auf Bild 4 dargestellt, das im gleichen Maßstab wie Bild 2 und die Bilder der Berner Anlage wiedergegeben ist. Hier ragt der schmäler als die Trockenkammer ausgebildete Einflüschacht in diese hinein und dient als Trocknungsschacht. Eine ähnliche Anordnung wird bei Braunkohlenfeuerungen verwendet. Der Raum unter dem als wassergekühlter Vorschubrost ausgebildeten Trocknungsrost bildet eine Vergrösserung des Feuerraumes. In einem Röhrenbündel wird der aus der Ausbrandtrommel austretende heiße Gasteilstrom so abgekühlt, dass die Rauchgasklappe hinter dem Bündel angeordnet werden kann. Auf diese Weise wird es möglich, den Gasdurchfluss durch den Verbrennungsofen entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes zu regulieren. Die auf Bild 5 des Aufsatzes von Ing. Tanner zum Grössenvergleich herangezogenen Hauptdimensionen sind in Bild 4 ebenfalls eingetragen. Die Breite beträgt 11,6 m.

Bei diesen Neukonstruktionen, ob sie die Ausbrandtrommel oder den Schlackengenerator verwenden, ist die *rückkehrende Flamme* verwendet worden, deren Notwendigkeit bei der Basler Anlage schon früh erkannt wurde und die im Dampfkesselbau schon seit einiger Zeit angewendet wird. Durch deren Flammenrückstrahlung wird die Zündung des Kehrichts verbessert und die Rostleistung gesteigert. Wie wir dies behelfsmässig und noch recht unvollständig erreichen, habe ich schon angeführt. Bei der Kehrichtverbrennung muss aber die Intensität der Rückstrahlung auf die Kehrichtschicht, wie wir dies bei der Zusatzfeuerung erläutert haben, regulierbar sein. Aus dieser Notwendigkeit heraus wurde beim neuen Vorschlag die Ausbrandtrommel in verkürzter Ausführung beibehalten, jedoch dafür gesorgt, dass der durch sie austretende Teilstrom der heißen Feuergase geregelt werden kann.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. Robert Palm, Militärstr. 44, Basel

## Neuartige Wasserleitung aus Gummi

Von Alfred Saxer, Fabrikinspektor, St. Gallen

DK 621.643.33

Kunstseidenfabriken sind Industrie-Unternehmungen, welche einen sehr grossen Wasserverbrauch aufweisen. Die Zuleitung des frischen Brauchwassers bietet in der Regel keine allzu grossen Schwierigkeiten. Bedeutend mehr Sorgen kann aber die Ableitung des Abwassers verursachen. In den schon lange bestehenden Konzessionen zur Entnahme des Brauchwassers oder in denjenigen zur Ableitung und Einleitung des Abwassers in Wasserläufe oder Seen sind natürlich die entsprechenden Vorschriften zur möglichsten Reinhal tung der Gewässer enthalten. Trotzdem ist es Aufgabe der zuständigen Behörden, alles zu unternehmen, damit auch beim Eintreten unvorhergesehener Ereignisse keine Schädigungen entstehen.

Die entsprechenden Sicherheitsmassnahmen mussten angeordnet werden, als sich vor einiger Zeit für die Kunstseidenfabrik Feldmühle AG. in Rorschach die Notwendigkeit ergab, eine zweite Abwasserleitung zu erstellen. Die Ausführung erfolgte im vergangenen Jahre. Die neue Abwasserleitung führt zunächst vom komplizierten Kanal- und Schachtsystem der Fabrik über rd. 1 km als Landleitung zum Bodensee. Je nach den Gefällsverhältnissen besteht dieser Teil aus Steinzeug-Röhren von 400, 450 und 500 mm Lichtweite. Die Röhren sind in Beton verlegt. Teilweise mussten die Leitungsröhren in eigentliche Leitungs-Kanäle gelegt werden.

Ein schwierigeres Problem hatte der Bauherr bei der Errichtung des zweiten Teils der ganzen Anlage, nämlich der See-Leitung, zu lösen. Da in nicht allzu grosser Entfernung

vom Einlauf des Abwassers der Feldmühle die Trinkwasser-Entnahmestelle des Wasserwerkes «Riet»-Goldach der Stadt St. Gallen liegt, musste alles vorgekehrt werden, um eine mögliche Beeinträchtigung dieser lebenswichtigen Anlage zu verhindern. Genaue Aufnahmen des Seegrundes ergaben, dass sich in ihm eine tobelartige Vertiefung vorfindet. Um eine möglichst rasche und gründliche Vermischung des Abwassers mit dem Seewasser zu erreichen, wurde eine Auslauftiefe von 50 m unter dem normalen Wasserspiegel in Aussicht genommen. Aus den beiden soeben genannten Tatsachen ergab sich eine Länge der Seeleitung von etwa 500 m. Ein entsprechender Beschluss des Regierungsrates schrieb die Lage der Ausfluss-Oeffnung der Seeleitung genau vor. Außerdem wurde neben andern Auflagen verlangt, dass die Abwasserleitung im See aus Material zu erstellen und so zu unterhalten sei, dass sie auf der ganzen Länge dicht bleibt und jeder Austritt von Abwasser längs der Leitung ausgeschlossen sei.

Unter diesen strengen Vorschriften war es nicht einfach, die Wahl des richtigen Materials zu treffen. Holz schied wegen der Länge der Leitung und deren tiefer Lage aus. Erfahrungsgemäss wäre eine Holzleitung auch einem grossen Verschleiss ausgesetzt. Eine Leitung aus Metall schied aus ähnlichen Gründen ebenfalls aus. Neben den rein technischen Überlegungen wegen Verlegung und Unterhalt spielt natürlich für das Unternehmen auch die wirtschaftliche Seite einer an sich unproduktiven Anlage eine Rolle. Auf der Suche nach dem geeigneten Material, das allen behördlich gestellten