© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Neuere Erfahrungen bei der Entwässerung und Verbrennung von industriellen und häuslichen Schlämmen

G. Thomas

Das Problem der Schlammaufbereitung rückt mit den neuen wirksameren Verfahren zur Wasser- und Abwasseraufbereitung immer mehr in den Vordergrund. Es ist teilweise schon so, daß eine neue Abwasseraufbereitungsanlage erst nach vollständiger Klärung der Schlammfrage gebaut werden darf. Wenn man bedenkt, daß gegenwärtig im Ruhrgebiet mehr als 5 Mill. m³ Schlamm/Jahr anfallen, dann kann man die oben angeführte Forderung verstehen, mit der verhindert werden soll, daß die nicht aufbereitete Schlammenge noch weiter anwächst. Da aber auch der Absatz und die Lagerung entwässerter Schlämme immer schwieriger wird und diese Möglichkeit für eine Reihe von Schlämmen überhaupt ausscheidet, wird auch die Nachfrage nach wirtschaftlichen Schlammverbrennungsanlagen immer größer. Die Problematik bei der Schlammaufbereitung wird dadurch gekennzeichnet, daß es sich dabei fast immer um einen Zuschußbetrieb handelt und daß die Investition allein für den maschinellen und apparativen Teil bei einer Anlage für etwa 100 m³ Schlamm/Tag mit 10 t Feststoffen eine Million DM ausmacht. Bei den aufzubereitenden Schlämmen unterscheidet man zwischen industriellen Schlämmen und Schlämmen, die in Kläranlagen für häusliche Abwässer anfallen. Bei den häuslichen Schlämmen wird zwischen Frisch-, Faul- und Belebtschlamm unterschieden, bei den industriellen Schlämmen handelt es sich vorwiegend um Schlämme aus Textil-, Papier- und chemischen Fabriken, aus Molkereien, Hüttenwerken und Raffinerien. Die Feststoffkonzentration schwankt hier zwischen 0,05 und 4%, während bei Faulschlamm oft Feststoffkonzentratioen von 10% erhalten werden. Der Schlamm stellt also keine dicke, pastenförmige Masse dar, sondern eine Suspension mit sehr hohen Wassergehalten.

Seit mehreren Jahren führt LURGI Versuche im Labor- und im halbtechnischen Maßstab durch, um die in Wasser- und Abwasseraufbereitungsanlagen anfallenden Schlämme durch geeignete chemische Behandlungen entwässerbarer zu machen und um wirtschaftliche Schlammaufbereitungsverfahren einschließlich Verbrennung zu finden. Bis jetzt sind in Deutschland fünf großtechnische, von LURGI erstellte

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Anlagen mit einem Etagenofen als Verbrennungseinrichtung in Betrieb. Im Etagenofen werden Vortrocknen, Verbrennen, Abkühlen der Asche und Vorerwärmen der Verbrennungsluft in einer Baueinheit in mehreren übereinander angeordneten Etagen durchgeführt. Die bisher gebauten Anlagen haben sich nach einigen anfänglichen Schwierigkeiten bewährt.

Die Schlammverbrennung liefert Asche. Obwohl schon lange bekannt ist, daß diese Asche filtrationsverbessernde Eigenschaften besitzt, fand die großtechnische Anwendung einer derartigen Arbeitsweise jedoch erstmals bei den in Deutschland von der LURGI errichteten Anlagen

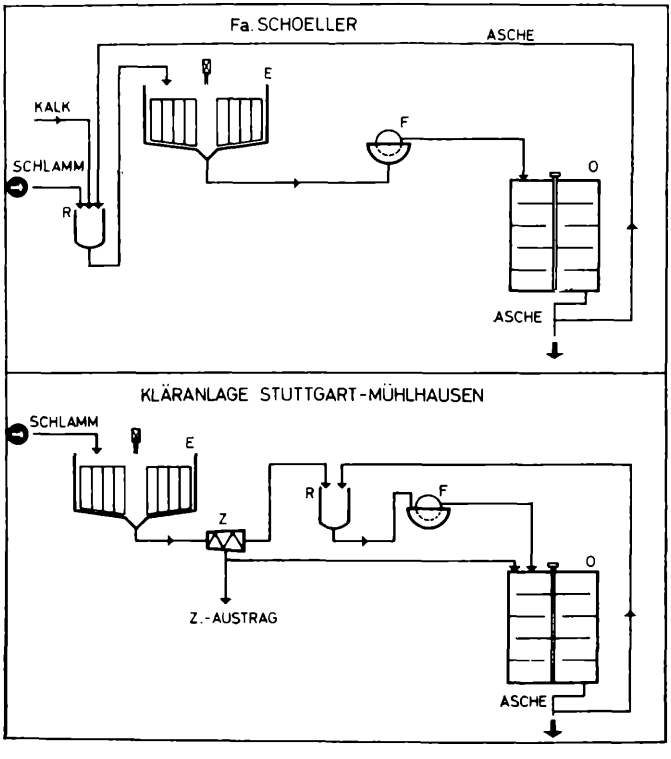

Bild 1. Verfahrensschemata für die Aufbereitung von Papierabwasserschlamm und Schlamm aus häuslichen Abwässern.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

statt. Außer diesen Schlammverbrennungsanlagen sind noch eine Reihe von Schlammentwässerungsanlagen in Betrieb gegangen. Nachfolgend sollen an Hand von Schemata die im wesentlichen in den Großanlagen zur Anwendung kommenden Aufbereitungsverfahren erläutert werden.

Im Bild 1 oben ist die Aufbereitung des Schlammes aus einer Papierfabrik schematisch dargestellt. Der Schlamm aus der Wasseraufbereitungsanlage wird in den Reaktionsbehälter gegeben, wo er mit Kalk und Asche aus der nachgeschalteten Verbrennung intensiv vermischt wird. Danach wird der behandelte Schlamm in den Eindicker gepumpt und filtriert. Als Filter wird ein Vakuum-Drehfilter verwendet. Der teilentwässerte Schlamm wird in einem Drehetagenofen verbrannt.

Im unteren Teil von Bild 1 ist die schematische Darstellung der Aufbereitung von Schlamm aus einer städtischen Kläranlage wiedergegeben. Hier ist zu erkennen, daß für die Entwässerung außer einem Filter noch eine Zentrifuge verwendet wird. Der eingedickte Schlamm wird zuerst zentrifugiert, wobei etwa 60% der Trockensubstanz als stichfestes bis trocken-krümeliges Material anfallen. Der Rest der Feststoffe wird mit dem Zentrifugat in den Reaktionsbehälter geführt und dort mit Asche behandelt und danach filtriert. Zentrifugenaustrag und Filterkuchen werden verbrannt. Als Endprodukt fallen Asche oder Zentrifugenaustrag und Asche an. Der Zentrifugenaustrag kann mit Überschußasche vermischt werden, so daß ein transportables, als Düngungsmittel brauchbares Endprodukt erhalten wird.

Im Bild 2 oben ist das Aufbereitungsschema für Raffinerieabwasserschlamm dargestellt. Es unterscheidet sich von der in der Papierfabrik beschriebenen Arbeitsweise dadurch, daß der Reaktionsbehälter nicht vor dem Eindicker, sondern hinter dem Eindicker angeordnet ist. Verfahrenstechnisch gesehen ist es oft besser, den Reaktionsbehälter vor dem Filter anzuordnen, weil dadurch die schwankenden Verhältnisse des Schlammes sofort durch Zugabe von Chemikalien oder Asche weitestgehend ausgeglichen werden können. Die Zwischenschaltung eines Eindickers zwischen Reaktionsbehälter und Filter hat aber für manche Fälle den großen Vorteil, daß man einen völlig ausreagierten und egalisierten Schlamm der Filtration zuführt und dort keine Schwierigkeiten durch die Auskristallisation von chemischen Verbindungen am Filtertuch und in den Filtratleitungen bekommt.

Das Schema im unteren Teil von Bild 2 zeigt bei gleicher Behandlung des Schlammes einer städtischen Kläranlage die mit einbezogene Beseitigung von Müll. Der Grund für die Zugabe des Mülls liegt darin, daß der Müll als Heizmittel für die Verbrennung des Schlammes dienen

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

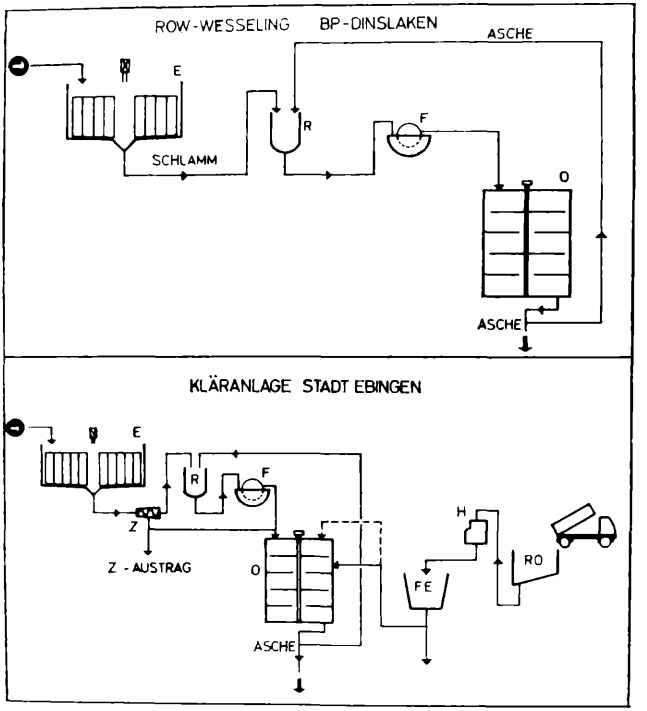

Bild 2. Verfahrensschemata für die Aufbereitung von Raffinerieabwasserschlamm und für die gemeinsame Aufbereitung von städtischem Müll und Schlamm aus häuslichen Abwässern.

soll, da der untere Heizwert des Mülls mit 1200 kcal/kg Rohmüll sehr beachtlich ist. Auf diese Weise sind sowohl das Schlamm- als auch das Müllproblem mit einer Verbrennungsanlage wirtschaftlich zu lösen. Der Müll wird mit Müllwagen angefahren, in einen Rohmüllbunker gegeben und von hier mit einem Förderband der Zerkleinerungeinrichtung, einer Hammermühle zugeführt. Der zerkleinerte Müll wird kurzzeitig gelagert, um den diskontinuierlichen Anfall auszugleichen, und dann kontinuierlich dem Ofen zugeführt.

In den soeben beschriebenen vier verschiedenen Aufbereitungsverfahren wird zweimal, und zwar bei dem Aufbereitungsverfahren in

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Ebingen und in der Kläranlage Stuttgart, das in der Literatur angeführte LURGI-Asche-Verfahren erwähnt. Bei diesem Verfahren, das als Entwässerungsverfahren zu betrachten ist, wird Asche aus der Verbrennungsstufe für die Filtration verwendet. Die Asche übt dabei zwei Wirkungen aus. Einmal bedingt der in der Asche vorliegende Kalkgehalt eine Flockung des Schlammes und zum anderen wirken die anorganischen Bestandteile der Asche als Stützgerüst. Beide Faktoren wirken sich filtrationsverbessernd aus. Mit der Zentrifuge werden etwa 60% der anfallenden Feststoffe des Schlammes als stichfestes Material abgeschieden mit einem Wassergehalt von 50 bis 60%. Der Rest der Feststoffe befindet sich im Zentrifugat. Der Feststoffgehalt des Zentrifugates liegt meist bei 4%. Je nach seiner Beschaffenheit benötigt man 80—200 g Asche/l, um eine Filtrationsgeschwindigkeit von 200 l/m²h und mehr zu erhalten. Durch diese Maßnahme ist es in vielen Fällen möglich, den Wassergehalt der Materialien, die der Verbrennungseinrichtung zugeführt werden und die den hohen Aufwand erforderlich machen, niedriger zu halten, als bei der üblichen Chemikalienbehandlung.

Im folgenden Bild 3 ist dieses Verhalten graphisch dargestellt. Die oberste Kurve zeigt die Abhängigkeit der Feststoffkonzentration des Filterkuchens vom Aschegehalt des behandelten Zentrifugates. Man erkennt, daß bei geringen Zugaben nur geringe Effekte auftreten, daß aber bei Zugaben, bei denen der Ascheanteil größer als 50% ist, wesentlich höhere Feststoffkonzentrationen erhalten werden. Bei Asche allein erhält man eine Feststoffkonzentration von 70%. Das mittlere Bild zeigt die mit dem Aschegehalt verbundene Filtrationsgeschwindigkeit. Auch hier ist zu ersehen, daß erst bei hohem Ascheanteil ein relativ starker Anstieg der Filtrationsgeschwindigkeit eintritt. Wenn man die hohen Aschezugaben berücksichtigt, die zum Erreichen der erforderlichen Reaktion notwendig sind, dann drängt sich die Frage auf, ob dadurch nicht doch größere Wassermengen als bei einer Entwässerung mit Chemikalien zur Verbrennung gelangen. Daß dies bei der kombinierten Behandlung nicht der Fall ist, zeigt untenstehende graphische Darstellung. Hier ist die gesamte Wassermenge, also die Wassermenge im Zentrifugenaustrag und im Filterkuchen in Abhängigkeit vom Aschegehalt des Zentrifugats je Tonne Schlammtrockensubstanz aufgetragen. Deutlich ist bei höheren Aschegehalten ein Minimum zu sehen, das zum großen Teil in den Arbeitsbereich der Schlammentwässerung fällt. Für diesen speziellen Fall liegt die Wassermenge bei Zudosierung von 12 g Kalk/l und 3 g Eisenchlorid/l mit 2,86 t/t Schlammfeststoff wesentlich höher als im Arbeitsbereich des LURGI-Asche-Verfahrens.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

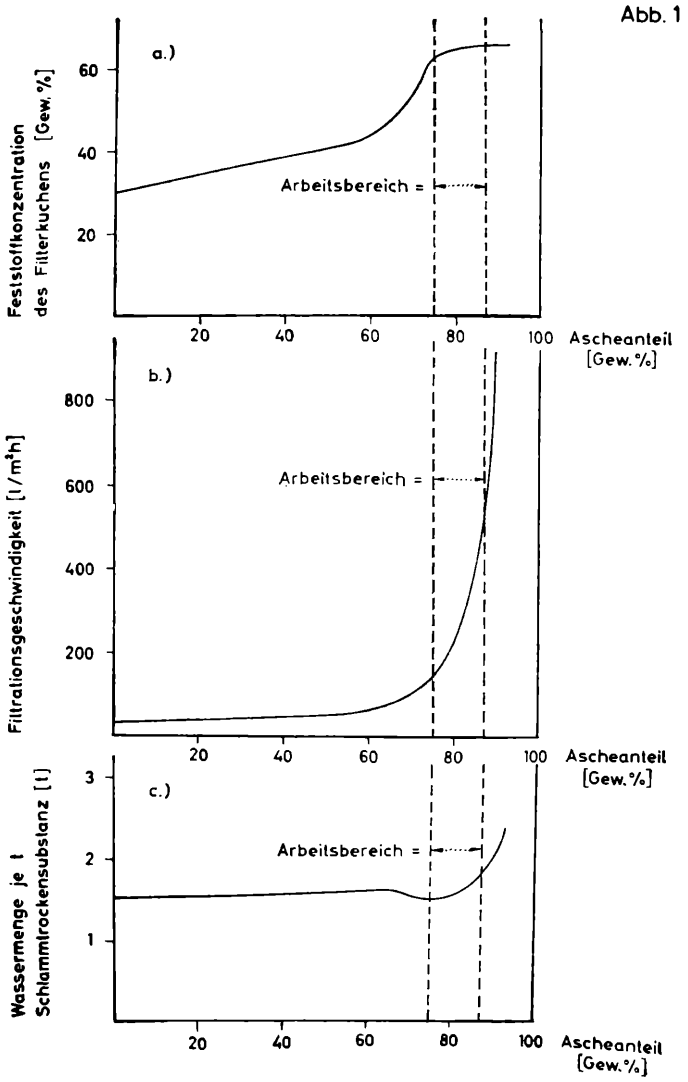

Bild 3. Verhalten von Schlämmen aus häuslichen Abwässern nach dem Behandeln mit arteigener Asche.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Diese Darstellung zeigt das wesentliche Merkmal des LURGI-Asche-Verfahrens, das darin besteht, durch Verwenden von Zentrifuge, Filter und Asche weniger Wasser der Verbrennung zuzuführen als bei einer Vakuumfiltration des Schlammes mit Chemikalien. Behandelt man den Schlamm mit Asche und filtriert ihn ohne Zentrifugation, so stellt man fest, daß auch dann die Restwassermenge größer ist als bei der kombinierten Entwässerung. Wegen der großen Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Schlämme tritt nicht in allen Fällen das hier gezeigte stark ausgeprägte Minimum in der Wassermenge auf. Es gibt auch Fälle, bei denen die Wirkung der Chemikalien größer ist als die der Asche. Das ist vor allem dann der Fall, wenn die Asche sehr kalkarm ist. Unter diesen Bedingungen wird das LURGI-Asche-Verfahren erst wieder vorteilhafter, wenn außer der Asche noch so viel Kalk zudosiert wird, daß der für die Filtration notwendige pH-Wert vorliegt. Diese Maßnahme weist schon auf eine Vielgestaltigkeit der Behandlung der Schlammprobleme hin, auf die später noch näher eingegangen werden soll.

Vorerst soll mit der graphischen Darstellung, Bild 4, gezeigt werden, wie sich bei eingehenden Vergleichsversuchen im Labor- und halbtechnischen Maßstab an Hand einer Betriebskostenkurve das wirtschaftlichste Verfahren für einen bestimmten Bedarfsfall ermitteln läßt. Auf der Abszisse ist die Filtrationsgeschwindigkeit in l/m^2h aufgetragen und auf der Ordinate die aufzuwendenden Kosten in DM/m^3 10%iger Schlamm. In der unteren Darstellung sind für das LURGI-Asche-Verfahren die Energieaufwendungen für Zentrifuge und Filter und der Heizmittelbedarf eingetragen. Die parallel zur Abszisse verlaufende Gerade bezieht sich auf die Energiekosten für die Zentrifugation, die unabhängig von der Zentrifugatbehandlung sind und somit konstant bleiben. Die von links oben nach rechts unten verlaufende gestrichelte Kurve gibt die Energiekosten für die Filtration wieder, die mit steigender Filtrationsgeschwindigkeit abnehmen, weil dann kleinere Filter zur Anwendung kommen. Die steigende Filtrationsgeschwindigkeit wird, wie schon erwähnt, beim LURGI-Asche-Verfahren durch Zugabe von Asche erhalten und bei einer Behandlung des Schlammes mit Chemikalien durch größere Aufwendungen an Chemikalien. Mit steigender Aschemenge wird die im Filterkuchen insgesamt vorliegende Wassermenge ebenfalls größer, die in der Verbrennungseinrichtung den Heizmittelbedarf erforderlich macht. Bis zu einer bestimmten Aschemenge kann der Wärmebedarf noch aus der organischen Substanz des Schlammes, besonders der des Zentrifugenaustrages, gedeckt werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

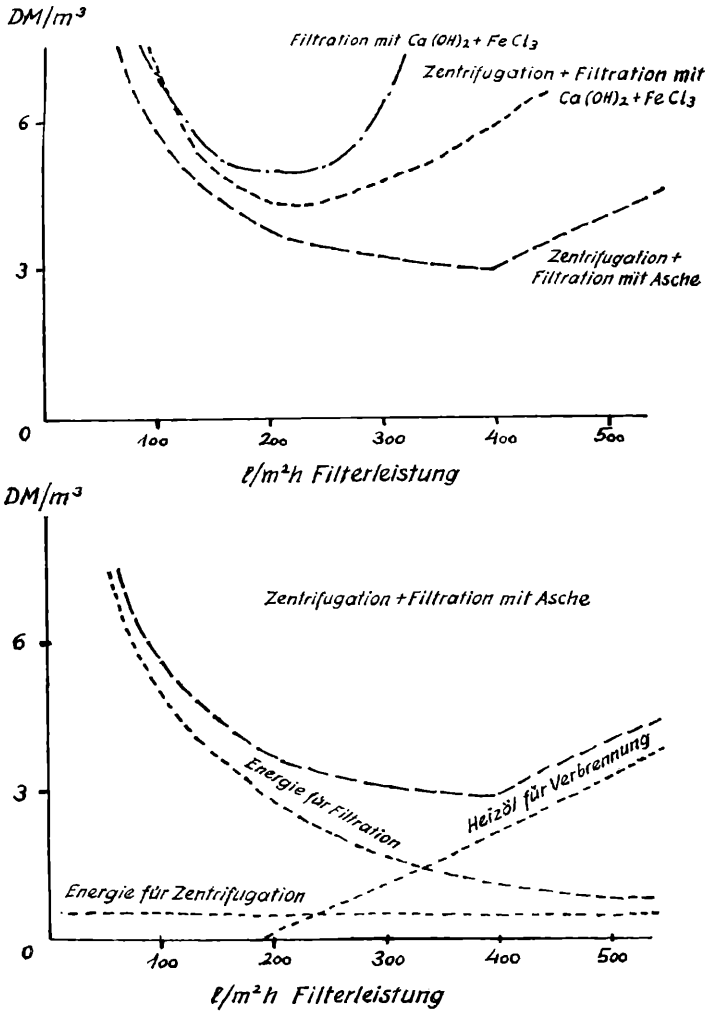

Bild 4. Ermittlung des Betriebskostenminimums.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Im vorliegenden Beispiel beginnt die Kostenkurve für den Heizmittelbedarf bei etwa 200 l/m²h und steigt gradlinig nach rechts in Richtung der höheren Filtrationsgeschwindigkeit an. Addiert man die Aufwendungen, so erhält man als Summenkurve die Betriebskostenkurve, die hier lang gestrichelt angedeutet ist. Aus ihr geht hervor, daß bei etwa einer Filtrationsgeschwindigkeit von 400 l/m²h ein Minimum vorliegt.

Führt man diesen Arbeitsgang z. B. für das als klassisch zu bezeichnende Verfahren der Filtration des Klärschlammes unter Zugabe von Kalk und Eisenchlorid durch, so erhält man als Betriebskostenkurve die strichpunktierte Kurve in der oberen Abbildung. Das gleiche gilt, wenn man das Chemikalienverfahren so abändert, daß man vor die Filtration eine Zentrifugation schaltet. Das Ergebnis zeigt die kurz gestrichelte mittlere Kurve. Der Vergleich aller Betriebskostenkurven zeigt, daß die Betriebskosten für den hier angeführten Bedarfsfall für das LURGI-Asche-Verfahren am niedrigsten sind, und daß sie sich zwischen den Filtrationsgeschwindigkeiten von 200 und 400 l/m² nur unwesentlich ändern, während bei dem Chemikalienverfahren doch eine relativ starke Änderung im gleichen Bereich festzustellen ist. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß durch Heranziehen einer Zentrifugation auch für das Chemikalienverfahren eine Erniedrigung der Betriebsmittelkosten eintritt. Ergänzend muß gesagt werden, daß die anfallenden Betriebsmittelkosten noch um die Kosten der Bedienung und der Reparaturen zu erhöhen sind, die im vorliegenden Fall, da sie bei dem hier angeführten Vergleich keine wesentliche Verschiebung des Bildes hervorrufen, unberücksichtigt gelassen wurden.

Die hier angeführten Verfahrensmöglichkeiten zusammen mit dem Hinweis, daß durch Ersetzen eines Teiles der Asche durch Kalk eine weitere Verbesserung des LURGI-Asche-Verfahrens möglich ist, zeigen, daß das Lösen eines Schlammproblems keine einfache Angelegenheit ist, und daß es dafür vielleicht kein universelles Verfahren geben wird.

Welche Varianten bei der Schlammaufbereitung vorhanden sind, zeigt z. B. die Aufbereitung von Papierabwasserschlamm. Außer der Verbrennung des teilentwässerten Schlammes besteht durchaus die Möglichkeit einer Rückführung der Schlammfeststoffe in die Produktion. Allerdings darf diese Möglichkeit nicht verallgemeinert werden. Jedoch ist der bei der Rückführung stets verbundene Gewinn so interessant, daß man immer Versuche im großtechnischen Maßstab durchführen sollte, ehe man diese Möglichkeit fallen läßt. In Deutschland werden in einer Pappenfabrik seit zwei Jahren alle Schlammfeststoffe der Abwasserkläranlage in die Produktion zurückgenommen. In diesem Fall ist es

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

somit möglich, aus 100 kg Altpapier mindestens 100 kg Endprodukt zu machen. Damit der Schlamm ohne Störungen zurückgenommen werden kann, wird er nach Abzug aus der Wasseraufbereitungsanlage mit Kalk behandelt. Durch die Kalkbehandlung geht ein Teil der im Schlamm enthaltenen Aluminiumverbindungen in Lösung, und zugleich wird die Eindickfähigkeit und die Entwässerbarkeit des Schlammes verbessert. Nach der Behandlung mit Kalk wird der Schlamm eingedickt und das ablaufende aluminiumhaltige Trübwasser vor die Abwasseraufbereitungsanlage zurückgeführt und dort als Dosierlösung zum Flocken der Feststoffe verwendet. Der stark eingedickte Schlamm gelangt in einen Speicherbehälter, aus dem die Zuteilung zur Produktion erfolgt. Je nach den Erfordernissen kann der Schlamm vor Zugabe in die Produktion noch mit Schwefelsäure oder Al-Sulfat ganz oder teilweise neutralisiert werden.

In Schwäbisch Gmünd und in Kaiserslautern wurden und werden in umfangreichen Labor- und halbtechnischen Untersuchungen Vergleichsversuche durchgeführt, um die gegenwärtig bekannten Aufbereitungsverfahren für Schlamm aus Kläranlagen für häusliche Abwässer echt miteinander vergleichen zu können. In den umfangreichen Versuchen werden sowohl die Möglichkeiten für eine reine Entwässerung als auch für eine Entwässerung mit anschließender Verbrennung untersucht. Für eine reine Entwässerung kommt vor allem die Vakuumfiltration und die Druckfiltration in Frage. Weiterhin besteht die Möglichkeit, mit Kombinationen von Entwässerungseinrichtungen teilentwässertes Material zu erzeugen.

Folgende Kombinationen sind von Bedeutung:

Dekantierzentrifuge—Drehfilter

Dekantierzentrifuge—Filterpresse

Dekantierzentrifuge—Trockenbeet

Dekantierzentrifuge—Schälschleuder

Für die Schlammaufbereitungsverfahren mit einbezogener Verbrennung stehen als Verbrennungseinrichtung Etagenöfen, Wirbelschichtöfen und Drehrohröfen zur Verfügung. Beim Wirbelschichtofen wird das zu verbrennende Material in ein wirbelndes Sandbett gegeben. Das Sandbett wird durch Einblasen von Luft über einem Rost in Schwebe gehalten. Über der Wirbelschicht ist ein Nachverbrennungsraum angeordnet, dessen Größe sich nach den Eigenschaften des zu verbrennen-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

den Materials richtet. Diese Verbrennungseinrichtung eignet sich besonders für Schlamm aus Raffinerien, also für ölhaltige Schlämme und für die Mitverbrennung von Altölen, die dosiert zugegeben werden müssen. Auch die Verbrennung von zerkleinertem Müll ist in diesem Ofen möglich. Bis jetzt wurden viele halbtechnische Versuche mit den verschiedensten Materialien mit dieser Verbrennungseinrichtung durchgeführt, die alle zufriedenstellend verlaufen sind. Bis Ende nächsten Jahres werden vier Schlammaufbereitungsanlagen in Betrieb gehen, bei denen Wirbelschichtöfen eingesetzt werden.

Eingehende Laborversuche, die parallel zu halbtechnischen und großtechnischen Versuchen durchgeführt wurden, ermöglichen es, anstehende Probleme auf relativ einfache Weise genau zu untersuchen, da es gelungen ist, einwandfreie Übertragungsmaßstäbe vom Laborgerät zur großtechnischen Einrichtung zu finden.

Auf Grund der vorliegenden Erfahrungen im Labor, halbtechnischen und großtechnischen Maßstab darf gesagt werden, daß es eine ganze Reihe von Verfahren und Verfahrensschritten gibt, die für eine Schlammaufbereitung Bedeutung haben. Alle diese Fortschritte, deren Entwicklung teilweise sehr viel Mühe, Zeit und Geld gekostet hat, tragen mit dazu bei, die so wichtige Frage der Schlammaufbereitung einer wirtschaftlich tragbaren und technisch einwandfreien Lösung zuzuführen. Außer den hier angeführten großtechnischen Anlagen und den darin durchgeführten Verfahren sind weitere Verfahren für weitere Bedarfsfälle in Entwicklung. Es hat sich gezeigt, daß praktisch für jedes Schlammproblem ein spezifisch darauf abgestimmtes Aufbereitungsverfahren erarbeitet werden muß.

In der vorliegenden Betrachtung über die Probleme der Schlammaufbereitung konnte gezeigt werden, daß die gegenwärtig von LURGI erstellten und in Betrieb gegangenen Großanlagen spezifisch abgestimmte Aufbereitungsverfahren enthalten. Die Wahl von Verfahren und Einrichtung hängt aber nicht nur von den Verunreinigungen ab, sondern auch von den Forderungen an das aufbereitete Wasser, das z. B. einem sehr sauberen Vorfluter zufließen oder in den Betrieb zurückgenommen werden soll. Weder Abwasser noch Schlammaufbereitung dürfen für sich allein gesehen werden, sondern beide Probleme sind als eine Einheit zu betrachten, um für den betreffenden Bedarfsfall ein wirtschaftliches Verfahren zu erstellen.

Mit den nachfolgenden Bildern soll ein Überblick über die Größenordnung der in Betrieb gegangenen Anlagen gegeben werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

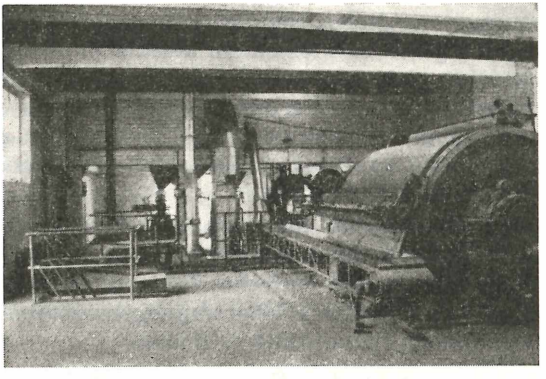

Bild 5 zeigt das Drehfilter in der Schlammaufbereitungsanlage der Firma Schoeller. In dieser Anlage werden täglich etwa 100 bis 150 m³ Schlamm mit 4 bis 6 t Trockensubstanz verarbeitet.

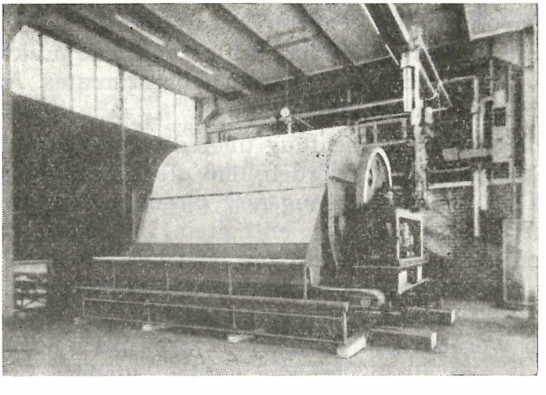

Bild 6 zeigt das Filter bei den Rheinländischen Olefinwerken in Wesseling. Dieses Filter ist mit 25 m² Filterfläche groß genug angelegt, so daß es nicht voll belastet werden muß und der Aschekreislauf deshalb auch nicht ständig in Betrieb ist.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

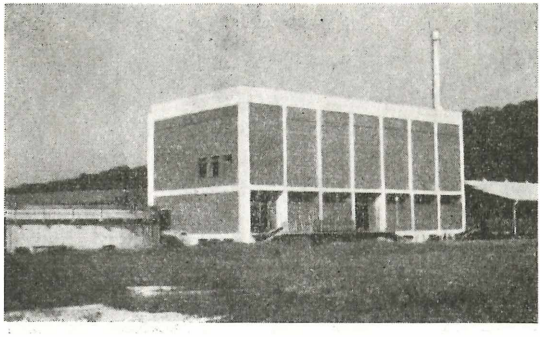

Bild 7 zeigt einen Blick auf die Verbrennungsanlage auf der Städtischen Kläranlage Stuttgart-Mühlhausen. Das Gebäude ist 18 m breit, 36 m lang und einschließlich Kellergeschoß 15 m hoch. In dieser Anlage werden 500 m³ Faulschlamm mit 50 tato Trockensubstanz verarbeitet.

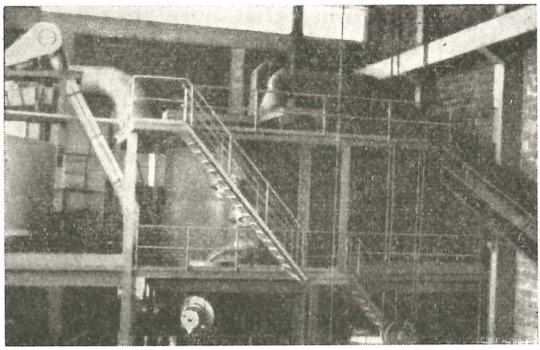

Bild 8 zeigt einen Blick auf den Ofen dieser Anlage. Links ist das Förderband für Filterkuchen und Zentrifugenaustrag zu sehen. In der Mitte des Bildes ist der Ascheredler sichtbar, rechts der Aschebunker.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

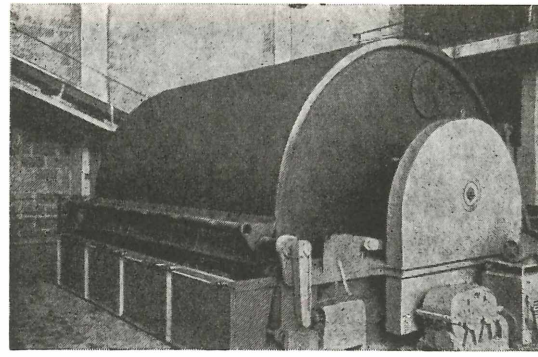

Bild 9 zeigt ein Filter mit 36 m² Filterfläche in vollem Betrieb.

Anschrift des Verfassers: Dr. Günther Thomas, Lurgi Ges. f. Chemotechnik m. b. H., Frankfurt am Main, Leerbachstraße 72/84.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: 1963

Autor(en)/Author(s): Thomas G.

Artikel/Article: Neuere Erfahrungen bei der Entwässerung und Verbrennung von industriellen und häuslichen Schlämmen 131-144