

Die Nachbehandlung von entwässerten Klärschlämmen mit Kalk: Alternative oder Ergänzungslösung zur landwirtschaftlichen Nassschlammverwertung

Autor(en): **Aarburg, Joseph von / Meyer, Martin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 48

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74614>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Nachbehandlung von entwässerten Klärschlämmen mit Kalk

Alternative oder Ergänzungslösung zur landwirtschaftlichen Nassschlammverwertung

Von Joseph von Aarburg und Martin Meyer, Bern

Klärschlamm als Produkt der Abwasserreinigung, vorab seine Verwertung oder Beseitigung, entwickelte sich im Bereich des Gewässerschutzes zum Problemfaktor, sei es, weil technische Lösungen lange nicht in den Griff zu bekommen waren, oder auch ausgelöst durch die vielfach aufgebaute Gefährdung von Mensch, Tier und Boden durch Schwermetalle und Salmonellen.

Neben der ökologisch sinnvollen landwirtschaftlichen Nassschlammverwertung - nachhaltig wirksame Hygienisierungsverfahren sind seit einiger Zeit in der Praxis erprobt - besteht in der maschinellen Schlammwässerung mit anschließender Deponierung eine interessante Alternative. Allerdings sind die Ablagerung oder die landwirtschaftliche Verwertung von grösseren Mengen nur dann ein gangbarer Weg, wenn der Schlamm dickstoff konditioniert, z. B. mit Branntkalk nachbehandelt und dadurch verfestigt und höher belastbar wird. Über Erfahrungen mit einer Branntkalkbeimischanlage und die Verwertungsmöglichkeiten des Endproduktes wird hier berichtet.

Problemstellung

In der Schweiz werden bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen jährlich rund 2,5 Mio Tonnen Klärschlamm erzeugt. Rund 70 Prozent dieser Menge werden dank ihrer wertvollen Düngestoffe wie Phosphor und Stickstoff in der Landwirtschaft verwertet. Die restlichen 30 Prozent werden entwässert oder verbrannt und in Deponien abgelagert [1]. Am 5. Europäischen Abwassersymposium in München wurden diese Verwertungsraten als Grenze des theoretisch Erreichbaren bezeichnet und die Schweiz zusammen mit den Niederlanden, als Musterbeispiele hervorgehoben, denen es nachzustreben gilt, Länder, in denen trotz oder gerade wegen der hohen Qualitätsanforderungen und der geringen Ausbringraten dem Recycling-Gedanken erfolgreich nachgelebt wird [2].

Jeder Kläranlagebetrieb wird sich früher oder später die Frage stellen müssen, welches Ziel für den Schlammab-satz zu setzen sei, und er wird danach die geeigneten Behandlungsverfahren evaluieren. Im Falle der Erweiterung der ARA Bern-Neubrück wurde durch das Tiefbauamt der Stadt Bern Anfang der siebziger Jahre ein «Zweiwegesystem» festgelegt. Als Hauptweg gewissermassen die landwirtschaftliche Nass-

schlammverwertung, die sich in der Praxis bisher mit Quoten bis zu 90 Prozent gut eingespielt hatte, und als Ausweichmöglichkeit die Entwässerung und Deponierung.

Im Verlaufe des Jahres 1980 traten für Bern entscheidende Ereignisse ein, welche die gewählte Philosophie grundsätzlich unangetastet belassen, hingegen zu einigen Projektänderungen führten:

- Erstmals wurde im regennassen Sommer 1980 die unangenehme Erfahrung gewonnen, dass auch trotz einer sehr gut funktionierenden Faulschlammwässerung auf Zentrifugen mit Trockensubstanzgehalten von 35 Prozent der Schlamm *à la longue* nicht deponiefähig ist (Schlamm aus Anlage mit kombinierter Vorfällung-Flockung sowie Tropfkörpern). Seine breiige Konsistenz bei andauernden Regengüssen, die im Verhältnis zum Kehrriecht grossen Schlammengen und die dadurch gefährdete Deponiestabilität veranlassen die Deponiebetreiber zu einem Annahmeverbot.
- Die eidgenössische «Klärschlammverordnung», in Kraft gesetzt auf den 1. Mai 1981, schreibt richtigerweise vor, dass u. a. auf durchnässte und gefrorene Böden kein Schlamm auszutragen sei, was in der Praxis faktisch einem Abgabeverbot wäh-

rend 3 bis 4 Monaten gleichkommt. Die konventionelle Schlammwässerung ohne Nachbehandlung, mit Ausnahme der Kammerfilterpressen (unter Einsatz von Eisenchlorid und Kalk), dürfte also für mittlere und grössere Anlagen keine Lösung sein. Eine Stapelung andererseits ist nur für kleinere Anlagen sinnvoll.

- Es zeichnete sich eine unverkennbare Tendenz nach einem Nachfrage-rückgang ab, welcher nach unserer Meinung auf die teilweise polemische Verunglimpfung des Klärschlammes in den Medien und durch gewisse Milchwirtschaftsvertreter zurückzuführen ist.

Dies sind die Hauptgründe, die das Tiefbauamt der Stadt Bern veranlassen, die bislang als «Nebenweg» betrachtete Schlammwässerung und Deponierung aufzuwerten und durch eine technische Lösung, allen Eventualitäten und Unvorhergesehenem gerecht werdend, mit Versuchen unterstützt, abzusichern.

Vorerst war abzuklären, mit welcher Verfahrenstechnik die geeignete Schlammnachbehandlung zu erreichen war. Aus verschiedenen Publikationen war bekannt, dass in Deutschland zurzeit in 18 Anlagen entwässerter Schlamm mit gebranntem Feinkalk vermischt wird, um damit eine problemlose Ablagerung in Deponien erreichen zu können [3].

Wie auf einer Informationsreise zu erfahren war, musste in einigen Anlagen, so z. B. in München und Darmstadt, die gut eingeführte landwirtschaftliche Verwertung untersagt werden, da durch sehr hohe Schwermetallgehalte, insbesondere durch Kadmium, eine Vergiftung des Bodens zu befürchten war. Die eilends installierten Nachkonditionierungsanlagen mit Branntkalk funktionieren zur Zufriedenheit, und es wurden teilweise klärwerkeigene Deponien erstellt (Bild 1).

Danach wurde überlegt, inwieweit die gewählte Schlammverwertungsstrategie noch richtig war, d. h. ob der durch Vorpasteurisation hygienisierte und ausgefaulte Nassschlamm an die Landwirtschaft abzugeben oder ob der gleich vorbehandelte Schlamm zu entwässern, mit Kalk zu versetzen und zu deponieren sei. Da Kalk neben einer Schlammverfestigung bei genügender Dosierung auch eine Hygienisierung bewirkt und



Bild 1. Deponie für entwässerten, mit Kalk verfestigten Schlamm in München-Grosslappen

dieses Endprodukt in einer Deponie also sorglos gelagert werden kann, war zunächst in einer *Kostenanalyse* festzustellen, ob eine ganzjährige Entwässerung und Deponierung nicht wirtschaftlicher sei als das angestrebte Zweiwegesystem mit Nassverwertung oder Entwässerung bei ungünstigen meteorologischen Voraussetzungen.

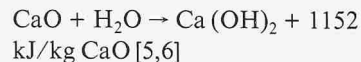
Der Entscheid zugunsten der ökologisch sinnvolleren und flexibleren Variante Nassschlammverwertung in Kombination mit der Entwässerung/Kalkung/Deponierung war rasch gefällt, nachdem auf Grund der Studie eine annähernde Kostengleichheit gegenüber dem Einwegsystem, der ganzjährigen Entwässerung/Kalkung/Deponierung, zu erwarten war [4]. Daraufhin wurde eine provisorische Schlamm/Kalk-Mischanlage installiert und parallel dazu, unter Integration der Versuchsergebnisse, ein Bauprojekt für eine definitive Anlage ausgearbeitet.

Die Grundlagen zur Schlammbehandlung mit Branntkalk

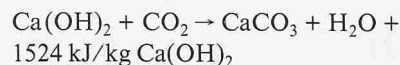
Bei dem als Kalknachbehandlung bezeichneten Verfahren wird Feinkalk (Branntkalk CaO) unter intensivem Mischen den Schlämmen aus Zentrifugen oder Siebbandpressen zugesetzt mit dem Ziel, ein verfestigtes, belastbares und seuchenhygienisch unbedenkliches Produkt für die Deponierung oder für die Verwendung als landwirtschaftlicher Dünger zu erhalten.

Für die Erhöhung des Feststoffgehaltes im Schlamm durch Zugabe von Branntkalk kann die chemische Wasserbindung (Hydratation) und die durch den Temperaturanstieg beim Löschvorgang hervorgerufene Verdunstung ausgenutzt werden. Neben der Wasserbindung und der Löschreaktion treten bei Temperaturerhöhungen um 23 bis 40

° C zusätzlich noch *Verdunstungseffekte* auf. Die Reaktionsgleichung in der ersten Phase lautet:



Eine weitere Feststoffzunahme durch *Karbonatisierung*



kann durch mehrmaliges Umschichten infolge Erneuerung der Grenzflächen Schlamm-Luft (CO₂) erreicht werden, wodurch der hohe pH-Wert allmählich zurückgeht (Bild 2).

Diese Reaktionen bewirken eine beachtliche Verbesserung der Tragfähigkeit und Standfestigkeit (vgl. Bild 2) der Schlämme, was gerade bei einer Deponierung von erheblichem Interesse ist.

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass die Schlammerwärmung im Zusammenwirken mit der pH-Wert-Erhöhung gegen 11 bis 12 in der Lage war, pathogene Keime auch in den grösseren Schlamm-Kalk-Partikeln abzutöten [7, 10].

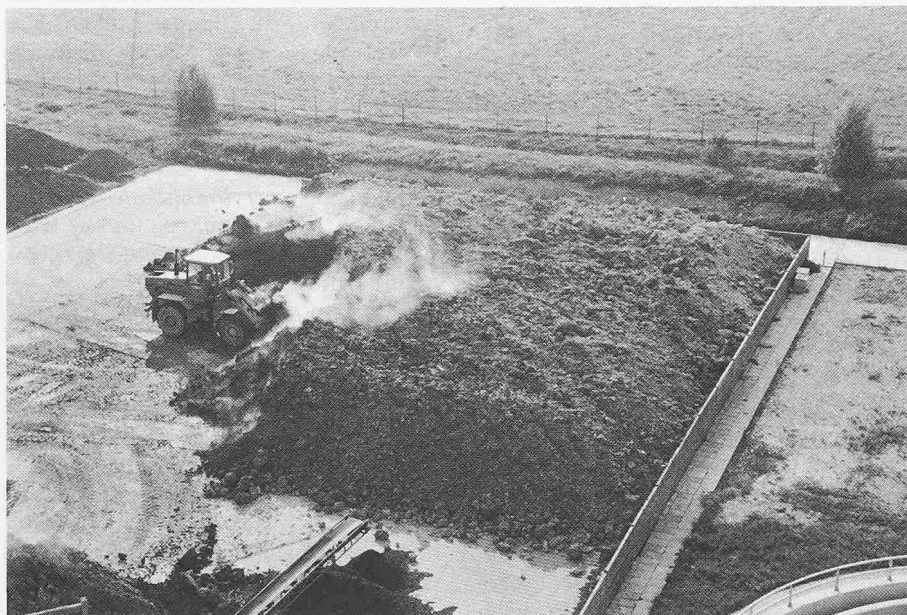
Als weiterer Nebeneffekt der Kalkbehandlung wurde eine *Fixierung der Schwermetalle* beobachtet [3]; ein wesentlicher Faktor in Deutschland, wo bei stark kadmiumbelasteten Schlämmen Rücklösungen in den Deponien zu vermeiden sind.

Eine eher *unangenehme* Begleiterscheinung des Mischprozesses ist die durch die pH-Erhöhung bedingte Austreibung der im Schlamm enthaltenen Stickstoffe als gasförmiger Ammoniak (NH₃). Schwefelwasserstoffe sowie Mercaptane treten infolge der pH-Erhöhung nicht in Erscheinung. Mit einer nur einstufigen, sauren Abluftwäsche kann das Ammoniak z. B. nach der Gleichung



neutralisiert und die Abluft gereinigt werden [8].

Bild 2. Umschichten des Kalk-Schlammgemisches auf der Zwischendeponie der ARA Ravensburg (BRD). Rauchentwicklung infolge exothermer Reaktion. Landwirtschaftliche Verwertung



Beschreibung der provisorischen Anlage

Ende 1980 konnte die Branntkalkbeimischanlage mit den zugehörigen Ausstattungen in Betrieb genommen werden (Bild 3). Bei der Installation und Disposition mussten folgende *Randbedingungen* berücksichtigt werden:

- a) mit möglichst wenig Aufwand ist ein deponiefähiges Material zu produzieren;
- b) die Disposition der seit 1974 bestehenden Schlammmentwässerungsanlage ist beizubehalten;

- c) die Anlage wird nur bis zur Inbetriebnahme der definitiven Anlage betrieben (1985);
- d) Für die Auslegung der zu projektierenden definitiven Anlage sowie für die mögliche Verwendbarkeit des gekalkten Schlammes sind Betriebserfahrungen zu sammeln.

Der flüssige Faulschlamm wird mit einem Feststoffgehalt von 7 bis 10 Prozent in der Zentrifugenanlage auf 30 bis 35 Prozent Feststoffgehalt entwässert und mit einem Förderband zum Mischer transportiert. Hier wird der breiige Schlamm kontinuierlich und intensiv mit Branntkalk vermischt. Nach einer Misch- und Verweilzeit von ungefähr einer Minute fällt das Kalk/Schlamm-Gemisch auf ein Förderband und wird auf den Lagerplatz transportiert.

Der Mischer ist als *Doppelwellenpaddelmischer* ausgebildet. In einem trogförmigen Behälter sind in der Längsachse zwei gegenläufig drehende Wellen, an denen verstellbare, blattförmige Paddel montiert sind, installiert (Bild 4). Die Paddel sind so angeordnet, dass die am Kopf des Mischers anfallenden Produkte nicht nur vermischt, sondern auch gleichzeitig entlang der Längsachse verdrängt und am Ende des Mischers abgeworfen werden. Die Aufenthaltszeit kann durch eine allerdings aufwendige Verstellung der Paddel sowie durch eine stufenlose Regulierung der Tourenzahl der beiden Wellen beeinflusst werden.

Der Branntkalk wird ab Silo über eine Dosierschleuse mit zwei Transportschnecken kontinuierlich zum Kopf des Mischers befördert. Die Kalkdosierung kann durch Verstellung der Tourenzahl der Schleuse stufenlos in einem breiten Bereich reguliert werden. Das Kalksilo ist mit den entsprechenden Abluftfiltern, Niveausonden, Auflockereinrichtungen und Absperrschieber ausgerüstet.

Betriebserfahrungen und Versuchsergebnisse

Bei der Inbetriebnahme der Anlage entstanden die *Hauptschwierigkeiten mit dem Mischer*. Innerhalb von ein paar Stunden baute sich soviel Material, hauptsächlich aus Haaren und Plastikstreifen bestehend, um die Blattkanten der Paddel auf, dass der freie Durchgang verkleinert wurde und der Mischer verstopfte. Eine wirksame Verbesserung der Lage wurde nach dem Einbau eines langsam laufenden Feststoffzerkleinerers vor der Entwässerungsanlage erreicht. Seitdem funktio-

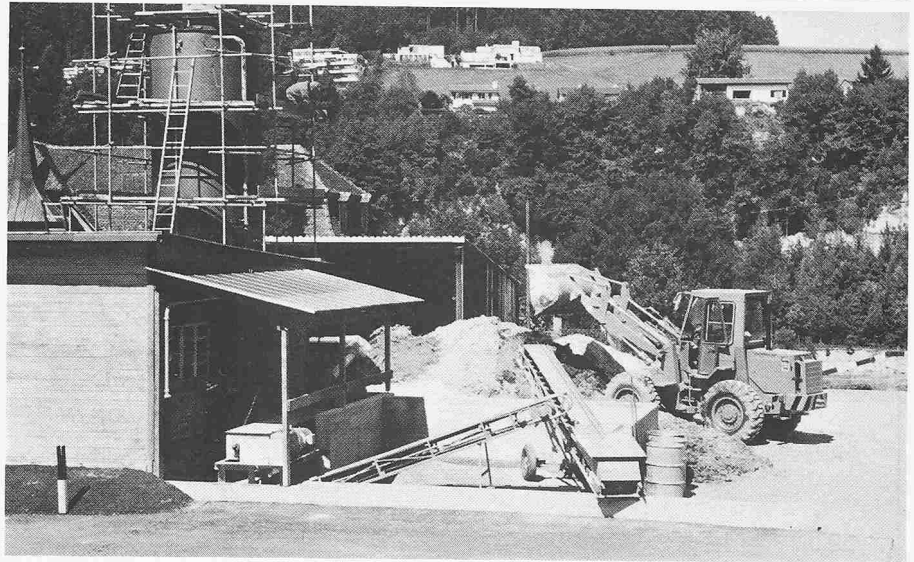
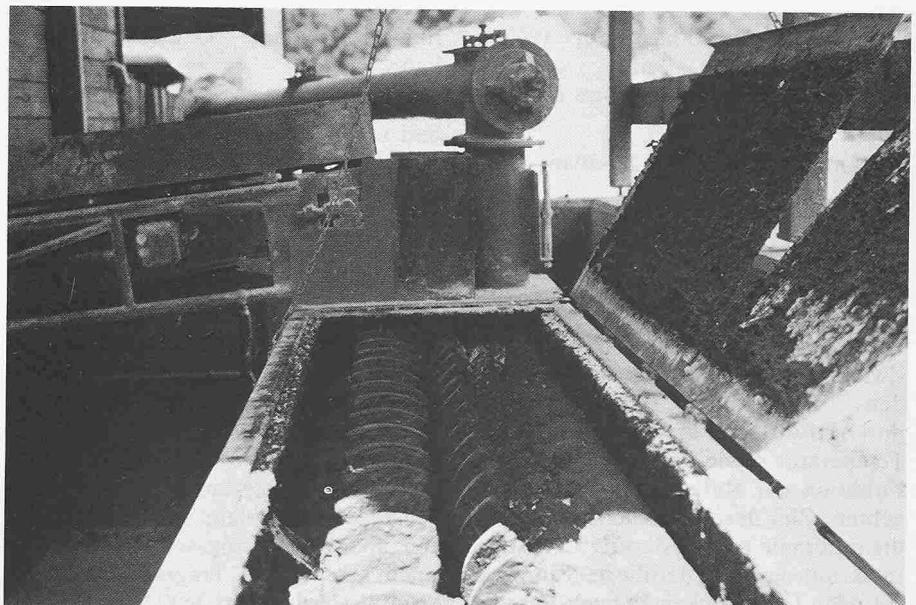
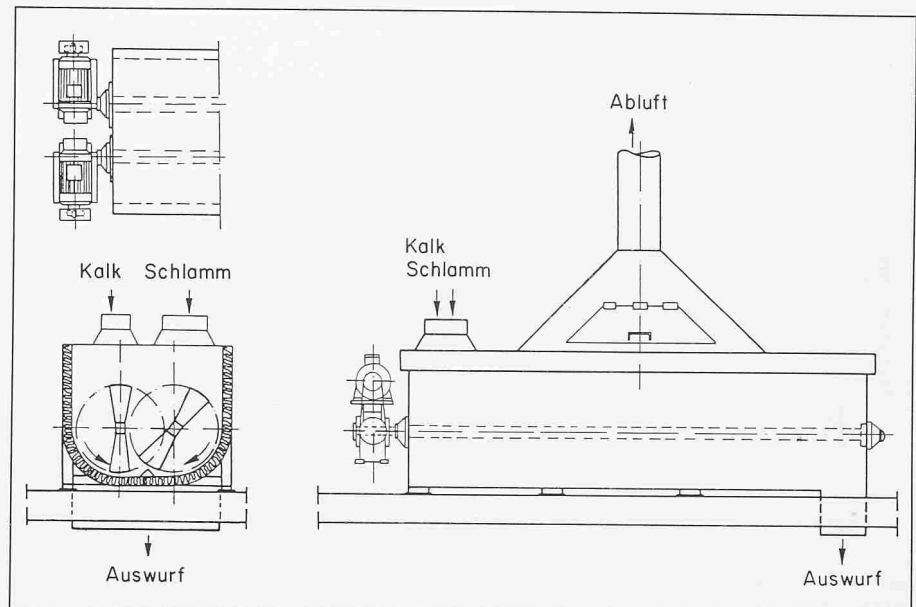


Bild 3. Die provisorische Branntkalkbeimischanlage auf der ARA Bern-Neubrück. In der Baracke ist die Schlammmentwässerungsanlage installiert

Bild 4. Doppelwellenpaddelmischer zur Vermischung von entwässertem Schlamm mit Branntkalk



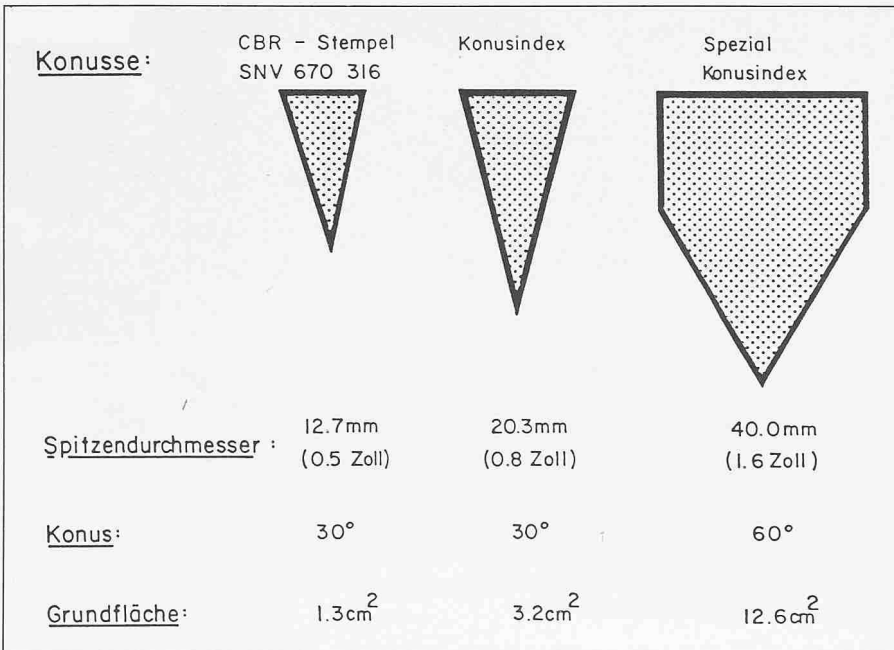


Bild 5. Penetrometer. Technische Daten der verschiedenen Konusse

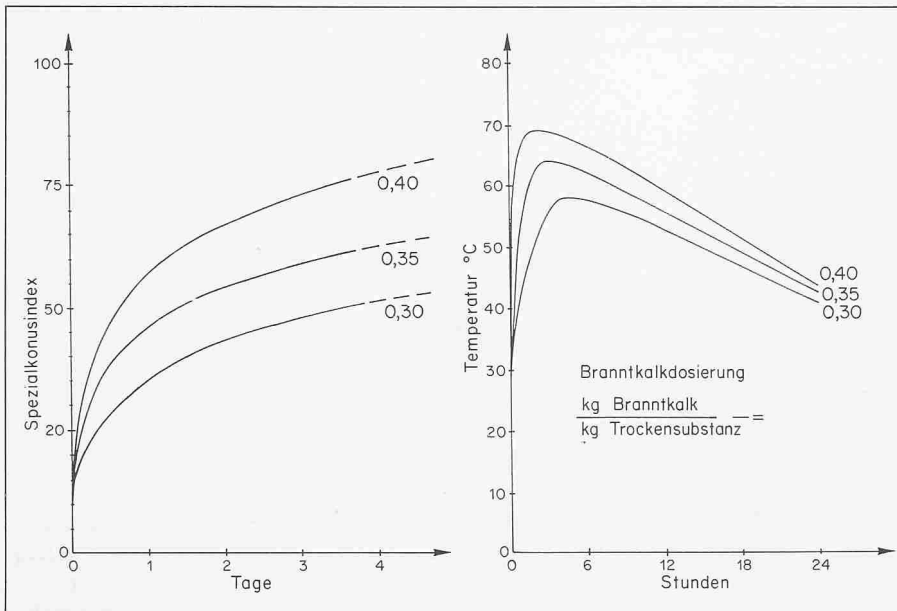


Bild 6. Temperatur- und Konusindizesentwicklung des Schlammes in Funktion der Kalkdosierung

niert die Mischanlage mit vollem Schlammumsatz und geringer Stromaufnahme verstopfungs- und störungsfrei.

Schlammumsatz: 25-30 m³/h
 Trockensubstanzgehalt vor Zentrifuge: 7-10%
 Trockensubstanzgehalt nach Zentrifuge: 30-35%
 Kalkdosierung: 300-1500 kg/h
 Tourenzahl Mischer: ca. 70 U/min

Zwischen April und August 1981 wurden verschiedene Versuchsreihen durchgeführt, um die Entwicklung der Temperatur sowie der Tragfähigkeit in Funktion der Kalkdosierung zu beobachten. Ziel der Untersuchungen war, die minimale Kalkdosierung zu bestimmen, mit der eine definierte Temperatur oder Tragfähigkeit je nach Verwer-

tungsmöglichkeit erreicht werden kann.

Die Untersuchungen wurden an Proben, die in Fässern (Inhalt: etwa 150 Liter) abgefüllt wurden, durchgeführt. Parallel dazu wurde untersucht, ob eine landwirtschaftliche Verwertung anstelle einer Deponierung unter gewissen Umständen auch möglich ist. Bevor die Versuche durchgeführt werden konnten, musste nach einer möglichst einfachen und aussagekräftigen Methode zur Messung der Tragfähigkeitszunahme gesucht werden. Diese wurde im CBR-Penetrometer-Gerät gemäss SNV-Norm 670-316 gefunden. Die normierten Messkegel (klein und gross) konnten aber nicht eingesetzt werden, da auch sehr kleine Tragfähigkeiten bestimmt werden mussten. Deshalb wur-

de ein Messkegel mit beträchtlich vergrößerter Grundfläche angefertigt (Bild 5). Nach Erreichen der Endfestigkeit wurden die Indizes mit allen drei Konussen bestimmt und untereinander verglichen, um eine Korrelation zwischen den einzelnen Indizes erhalten zu können.

In Bild 6 sind die Mittelwerte der Versuchsergebnisse zusammengestellt. Man kann feststellen, dass schon bei einer Kalkdosierung von ungefähr 300 kg/t Trockensubstanz eine Temperaturzunahme um etwa 30 °C erreicht wird. Das heisst, dass bei einer Ausgangstemperatur des Faulschlammes nach der Zentrifuge von 25 bis 30 °C Endtemperaturen von 55 bis 60 °C über mehrere Stunden erreicht werden. Gleichzeitig steigt der Konusindex innerhalb vier bis fünf Tagen von 10 auf etwa 50 an.

Mit fortschreitendem Alter nimmt der Konusindex je nach Schichtdicke und Lagerungsart, unabhängig von Witterungseinflüssen, weiter bis gegen 200 zu. Erfahrungswerte über die Befahrbarkeit im Verhältnis zum Spezialkonusindex sind in Tabelle 1 angegeben. Diese Werte wurden vom Konusindex umgerechnet, wie sie auf Grund einer Forschungsarbeit von der britischen Militär-Versuchs-Ingenieurabteilung angegeben werden [11].

Verglichen mit bekannten Bodenkennwerten wie ME-Wert oder Tragfähigkeit in N/mm² sind allerdings die er-

Tabelle 1. Minimaler Spezialkonusindex (Richtwert) damit ein bestimmtes Fahrzeug gerade noch durchkommt

Konusindex	Fahrzeug-Typ
<120	Spezialfahrzeuge, Moorraupen
120-150	Landrover (Allrad), Traktor
150-180	Lastwagen 1-10 t (Allrad)

reichten Indizes immer noch bescheiden. Deshalb wird während dieses Winters die Verarbeitbarkeit des gekalkten Schlammes in der Deponie (und nicht ihre Tragfähigkeit oder Befahrbarkeit) in Funktion des Konusindex' zu untersuchen sein.

Bei einer höheren Kalkdosierung können höhere Temperaturen oder Indizes erreicht werden. Einen weiteren grossen Einfluss auf die Entwicklung der Temperatur und der Konusindizes spielt bei gleicher Kalkdosierung der Trockensubstanzgehalt des entwässerten Schlammes vor der Branntkalkbeimischung. Die Maximaltemperaturen liegen im Bereich der theoretisch zu erwartenden Werte. Weitere exotherme Reaktionen wurden nicht festgestellt [9].

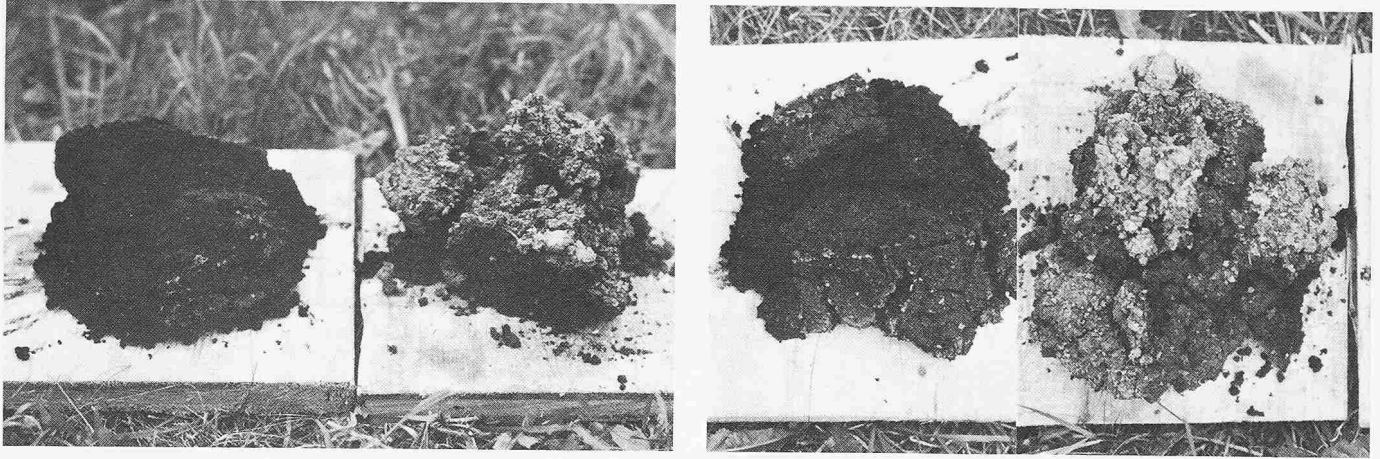


Bild 7. Struktur des entwässerten Schlammes vor (links) und nach der Branntkalkbeimischanlage (rechts)

Die *Feststoffzunahme* des Endproduktes, hervorgerufen durch die Kalkhydratbildung und die Wasserverdampfung, erreicht ungefähr 10–15 Prozent. Der Endtrockensubstanzgehalt liegt bei 45–50 Prozent. Untersuchungen über eine Volumenzunahme oder -abnahme vor und nach der Branntkalkbeimischung wurden keine gemacht. Auf Grund von Versuchsergebnissen auf anderen Anlagen kann man die Annahme treffen, dass keine Volumenveränderungen stattfinden.

Berücksichtigt man, dass weder der Mischer noch die Fässer isoliert wurden und im Freien aufgestellt waren, so kann man zusammenfassend festhalten, dass bei einer Zudosierung von 300 kg Branntkalk je Tonne Trockensubstanz (entspricht 90 kg je Kubikmeter Faulschlamm mit 30 Prozent TS) ein sowohl hygienisch einwandfreies wie deponierfähiges Endprodukt auf der ARA Bern-Neubrücke hergestellt werden kann.

Aus der Literatur [3] ist bekannt, dass jeder Schlamm, je nach Art oder Inhaltsstoffen, in bezug auf Tragfähigkeits- und Temperaturzunahme schwächer oder stärker als in der ARA Bern-

Neubrücke reagieren kann, was bei der Auslegung der Anlage zur Vorsicht mahnen sollte. Eine wichtige Rolle bei Vergleichsversuchen ist die richtige Kenntnis über den aktiven, löslichen Anteil CaO im Branntkalk und dessen Dosierzuverlässlichkeit. Je nach Sorten und Herkunft kann die Aktivität des Kalkes variieren und mit zunehmendem Alter abnehmen.

Streuversuche mit Mistzetter

Nach der Beimischung von Branntkalk erfährt der entwässerte Schlamm eine massgebende Veränderung. Von seiner bisherigen teigigen Struktur nach der Entwässerungsanlage wird er in eine humusähnliche, verstückelte Form verwandelt, die eine Verteilung des Schlammes mit normalen Mistzettern und somit eine landwirtschaftliche Nutzung erlaubt (Bild 7).

In Zusammenarbeit mit dem *Zweckverband der Abwasserregion Sensetal* sowie der *Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve*, und der *Landwirtschaftlichen Schule Rütli* wurden mit zwei unterschiedli-

chen Mistzettern bzw. -streuern Versuche durchgeführt. Die Verteilung des Dickstoffes auf dem Felde, je nach Maschinentyp grob bis sehr fein, verlief befriedigend gleichmässig (Bild 8).

Bei hohem Phosphor- oder Kalkgehalt des Schlammes könnten infolge nicht beliebig feiner Streuung zu grosse Gaben je Hektare entstehen, was unzulässig wäre. Prinzipiell liessen die Versuche erkennen, dass eine Verteilung des Dickstoffes mit Mistzettern möglich ist, weshalb die Versuche weitergeführt werden. Bei diesem Vorgehen können wertvolle Nährstoffe wie Phosphor und Kalk in die Landwirtschaft zurückgeführt und Deponievolumen und Deponiekosten gespart werden. Da der grösste Teil des Ammonium-Stickstoffes beim Mischvorgang ausgetrieben wird, besteht auch keine Gefahr der Stickstoffüberdüngung.

Weitere zurzeit auf der ARA Bern-Neubrücke durchgeführte Versuche werden zeigen, wie der gekalkte Schlamm für Abdeckungen oder Rekultivierungen verwendet werden kann. Dabei wird der Prozess der pH-Minderung durch Rekarbonatisierung mit der Kohlenensäure der Luft zu verfolgen sein.

Bild 8. Streuversuche mit zwei verschiedenen Mistzettern



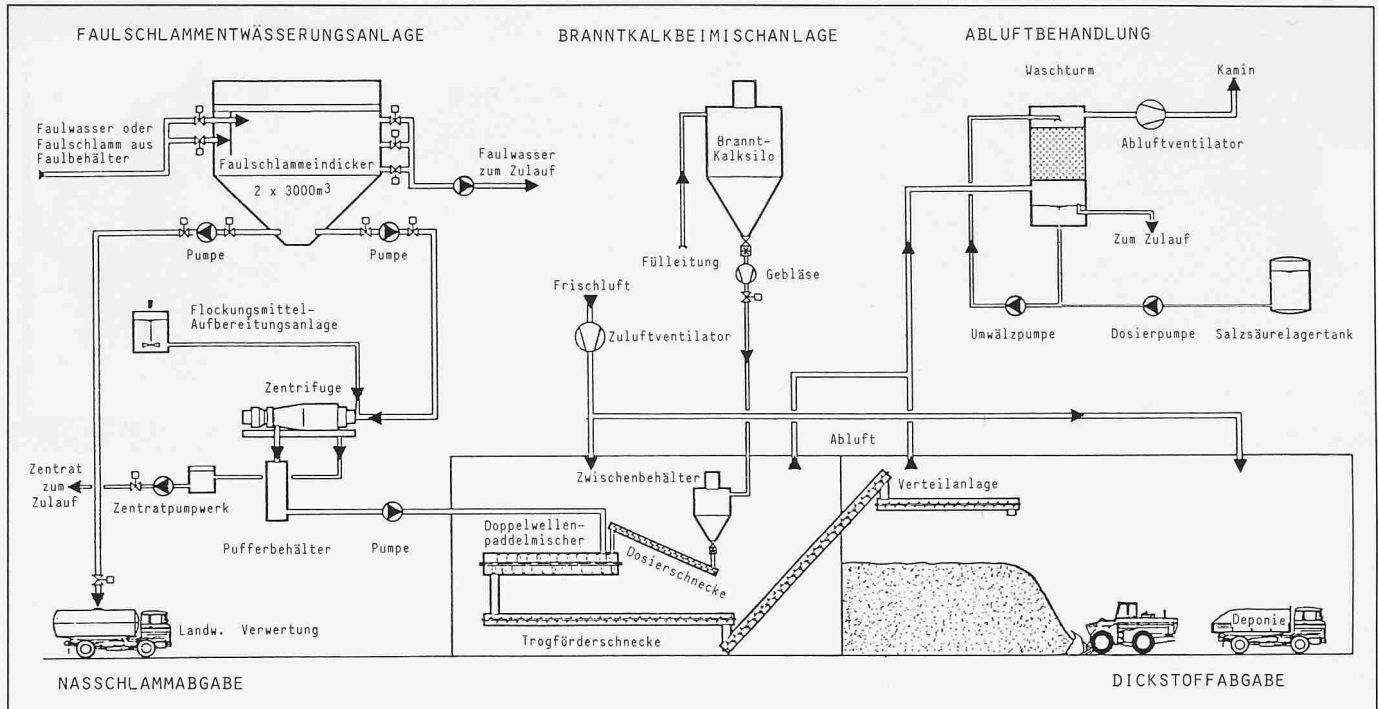


Bild 9. Prinzipschema der projektierten Branntkalkbeimischanlage auf der ARA Bern-Neubrück

Verfahrensschema

In Bild 9 ist das vereinfachte Prinzipschema des Ausbauprojektes dargestellt. Als Mischer, dem Kernstück der Anlage, kommen verschiedene Ausführungsarten in Frage (Paddelmischer, Pflugscharmischer usw.), wobei je nach Art ein kontinuierlicher oder ein Chargenbetrieb möglich ist. Der Vorteil des kontinuierlichen Betriebes liegt darin, dass je Konditionierungsstrasse nur ein Mischer notwendig und die Arbeitsweise und Steuerung einfacher ist. Ein Vorteil des Chargenbetriebes besteht darin, dass die Mischzeit sowie die Branntkalkdosierung besser kontrolliert werden können und somit eine intensivere bzw. effizientere Durchmischung möglich sein könnte. Je nach Grösse der Anlage, den Zielsetzungen und den ge-

gebenen Randbedingungen kann die eine oder andere Betriebsweise vorteilhafter sein.

Da im schlecht durchlüfteten Aaretalgraben der Verhütung von Geruchsemissionen grosse Priorität eingeräumt wird, ist für die definitive Anlage ein Abluftwäscher mit Salzsäure oder Schwefelsäure geplant.

Kosten

In Tabelle 2 sind auf Grund der gewonnenen Betriebserfahrungen auf der ARA Bern-Neubrück und der heutigen Preissituation die zu erwartenden Betriebskosten je Kubikmeter flüssigen Faulschlamm zusammengestellt. Die angegebenen Kapitalkosten sind nur für die ARA Bern-Neubrück zutref-

end, da je nach Randbedingungen und Auslegung der Kläranlage beträchtliche Abweichungen entstehen können. Die Kapitalkosten für die Hygienisierungs- und Faulanlage sind nicht enthalten.

Ausblick

Für die ARA Bern-Neubrück wurde eine Lösung der Nachbehandlung von entwässertem Schlamm gefunden, die sowohl verfahrenstechnisch als auch finanziell günstig ist. Durch die geschaffene Flexibilität müssen nicht alle Karten auf eine landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes gesetzt werden, obwohl auch für den Landwirt die Verwertung des Schlammes als Phosphordünger meistens günstiger zu stehen kommt als z. B. die Verwendung von Thomasmehl.

Eine langfristig sinnvolle, landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes ist nur möglich, wenn:

- zwischen dem Kläranlage-Betreiber und den Landwirten bzw. den Beratern der landwirtschaftlichen Schulen eine echte Zusammenarbeit im Interesse beider Partner vorhanden ist;
- Schlamm verwertet wird, der am richtigen Ort und zur richtigen Zeit eingesetzt wird und dessen Inhaltsstoffe (Hygiene, Schwermetalle usw.) keine Gefährdung für Mensch, Tier und Boden bilden.

Durch das Inkrafttreten der Klärschlammverordnung am 1. Mai 1981

Tabelle 2. Betriebs-, Kapital- und Jahreskosten je Kubikmeter flüssigen Faulschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 8,3 Prozent

Slammverwertung			
Flüssig	100%	66%	-
Entwässert und konditioniert	-	34%	100%
Zusatzinvestitionen			
Stapelbehälter	ja	nein	nein
Entwässerungsanlage	nein	ja	ja
Betriebskosten			
Transport	7.-		2.50
Flockmittel	-		2.20
Branntkalk	-		4.25
Deponiegebühr	-	2/3	3.35
	7.-	→ 8.80 ←	12.30
Kapitalkosten	4.80	2.40	2.40
Reparatur + Unterhalt	-35	-50	-50
Jahreskosten	12.15	11.70	15.20
		(10.55)*	(11.85)*

* Ohne Deponiegebühr, bzw. bei landwirtschaftlicher Verwertung.

sind die entsprechenden Grundlagen dazu geschaffen worden.

Die Probleme um die Verwertung des Schlammes sollen nicht verniedlicht werden. Jedes Mitglied der Gesellschaft kann seinen Beitrag leisten – im Haushalt, im Gewerbe und in der Industrie – indem Abfälle, die nicht auf landwirtschaftliche Nutzflächen gehören (Farbstoffe, Lösungsmittel, Plastikteile usw.), keinesfalls aus Gewohnheit oder Bequemlichkeit in die Kanalisation «entsorgt» werden.

Vielleicht sind die Diskussionen um dieses Thema teilweise zurzeit so heftig, weil jeder weiss, dass er mitbeteiligt ist und dass ein Boden, der vergiftet oder verseucht wurde, nicht «gereinigt» werden kann, nicht regenerierbar ist, sondern weggeführt werden muss.

Verdankungen

Für die Versuchsdurchführung war Herr *Rufener*, Betriebsleiter ARA Bern-Neu-

Zitierte Literatur

- [1] *Milani, B.*: «Die Erfüllung der Hygienisierungsanforderungen in der Schweiz». EAS-Seminar, Basel, September 1980
- [2] *Schenkel, W.*: «Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen». EAS, München, Juni 1981.
- [3] *Oppermann, B., Peschen, N.*: «Die Anwendung von Kalk bei der Schlammbehandlung». Korrespondenz Abwasser Nr. 6/81
- [4] *Holinger AG*, Bern: «Erweiterung ARA Bern-Neubrück, Variantenvergleich Branntkalk». Oktober 1980
- [5] *Fries, D., Rosenwinkel K.-H., Rüffer H.*: «Einsatz von Kalk bei der weitergehenden Schlammmentwässerung». Korrespondenz Abwasser Nr. 6/79
- [6] *Peschen, N.*: «Die Verwendung von Kalk bei der Wasserbehandlung Abwassertechnik und Rauchgasreinigung». Der Städtetag, 1-2/80
- [7] *Emrath, E.*: «Nachkonditionierung des entwässerten Schlammes mit Branntkalk». Wasser-Luft-Betrieb, Nr. 7-8/79
- [8] *Ciba-Geigy*: «ARA Bern-Neubrück: Offerte für eine Desodorierungsanlage». März 1981
- [9] *Gehrke, R.*: «Anwendung von Kalk in kommunalen Kläranlagen». Korrespondenz Abwasser, Nr. 11/78
- [10] *Strauch, D., Berg, T.*: «Mikrobiologische Untersuchungen zur Hygienisierung von Klärschlamm». 6. Mitteilung, gwf-Wasser/Abwasser Nr. 10/80
- [11] *Colombi, Schmutz, Dorthe AG*, Bern: «Beschreibung CBR-Penetrometer Modell 245».

brück, besorgt, wofür wir ihm bestens danken.

Für die Beratung bezüglich der Tragfähigkeitsmessungen wurde das Büro *Colombi, Schmutz, Dorthe AG*, Beratende Ingenieure und Geologen, Bern, zugezogen.

Adressen der Verfasser: *J. von Aarburg*, dipl. Ing. ETH, c/o Ingenieurbüro *Holinger AG*, Brunnmattstr. 45, 3007 Bern, *M. Meyer*, dipl. Ing. ETH/SIA, Tiefbauamt der Stadt Bern, Bundesgasse 38, 3011 Bern.