

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizer Ingenieur und Architekt
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	99 (1981)
<b>Heft:</b>	48
<b>Artikel:</b>	Die Nachbehandlung von entwässerten Klärschlämmen mit Kalk: Alternative oder Ergänzungslösung zur landwirtschaftlichen Nassschlammverwertung
<b>Autor:</b>	Aarburg, Joseph von / Meyer, Martin
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-74614">https://doi.org/10.5169/seals-74614</a>

### **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:** 25.01.2026

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

# 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 aufgebauschte Gefährdung von Mensch, Tier und Boden durch Schwermetalle und Salomonen.

Neben der ökologisch sinnvollen landwirtschaftlichen Nassschlammverwertung – nachhaltig wirksame Hygienisierungsverfahren sind seit einiger Zeit in der Praxis erprobt – besteht in der maschinellen Schlammwäscherung mit anschliessender Deponierung eine interessante Alternative. Allerdings sind die Ablagerung oder die landwirtschaftliche Verwertung von grösseren Mengen nur dann ein gangbarer Weg, wenn der Schlammkalkkonditioniert, z. B. mit Branntkalk nachbehandelt und dadurch verfestigt und höher belastbar wird. Über Erfahrungen mit einer Branntkalkbeimischsanlage 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 Schlammabsatz 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 «*Zweigesystem*» festgelegt. Als Hauptweg gewissmässen 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 beliessen, hingegen zu einigen *Projektänderungen* führten:

- Erstmals wurde im *regennassen Sommer 1980* die unangenehme Erfahrung gewonnen, dass auch trotz einer sehr gut funktionierenden Faulschlammwäscherung 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 Kehricht grossen Schlammengen und die dadurch gefährdete Deponiestabilität veranlassten 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 Schlammwäscherung 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 *Nachfragerückgang* 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 veranlassten, die bislang als «*Nebenweg*» betrachtete Schlammwäscherung 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

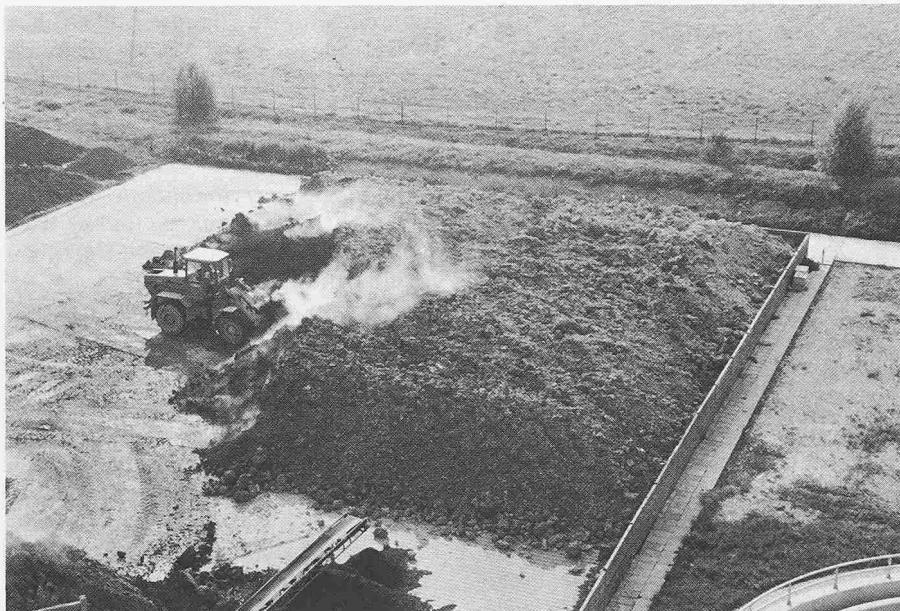


Bild 1. Deponie für entwässerten, mit Kalk verfestigten Schlamm in München-Grosslappen

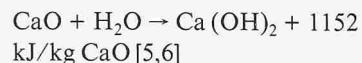
dieses Endprodukt in einer Deponie also sorglos gelagert werden kann, war zunächst in einer Kostenanalyse festzustellen, ob eine ganzjährige Entwässerung und Deponierung nicht wirtschaftlicher sei als das angestrebte Zweigesystem mit Nassverwertung oder Entwässerung bei ungünstigen meteorologischen Voraussetzungen.

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-Mischchanlage installiert und parallel dazu, unter Integration der Versuchsergebnisse, ein Bauprojekt für eine definitive Anlage ausgearbeitet.

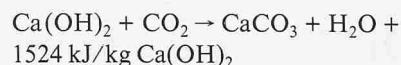
Bild 2. Umschichten des Kalk-Schlammgemisches auf der Zwischendeponie der ARA Ravensburg (BRD). Rauchentwicklung infolge exothermer Reaktion. Landwirtschaftliche Verwertung



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



Eine weitere Feststoffzunahme durch Karbonatisierung



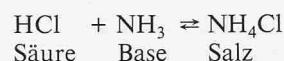
kann durch mehrmaliges Umschichten infolge Erneuerung der Grenzflächen Schlamm-Luft ( $\text{CO}_2$ ) erreicht werden, wodurch der hohe pH-Wert allmählich zurückgeht (Bild 2).

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 ( $\text{NH}_3$ ). Schwefelwasserstoffe sowie Merkaptane 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].

## Beschreibung der provisorischen Anlage

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

- mit möglichst wenig Aufwand ist ein deponiefähiges Material zu produzieren;
- die Disposition der seit 1974 bestehenden Schlammentwässerungsanlage 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 trogähnlichen 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, Auflockerungseinrichtungen und Absperrschieber ausgerüstet.

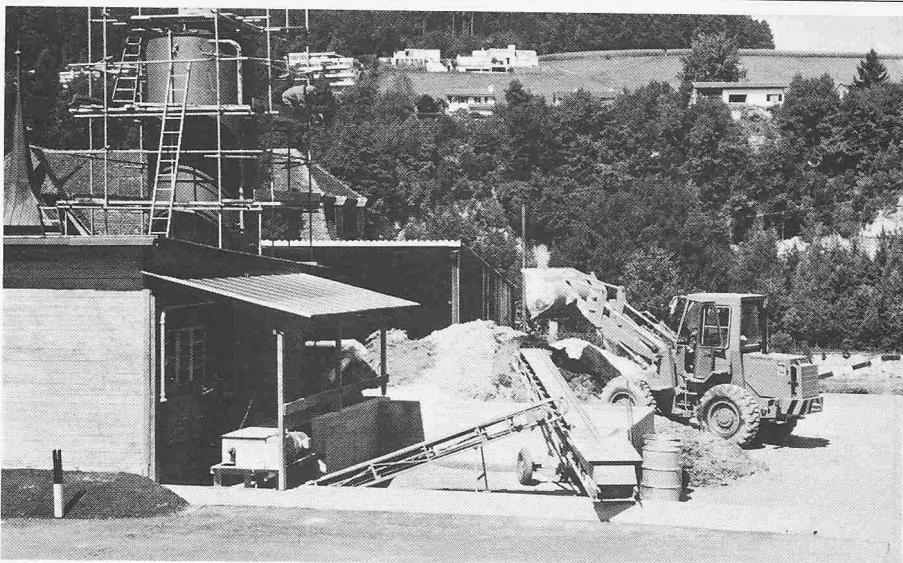
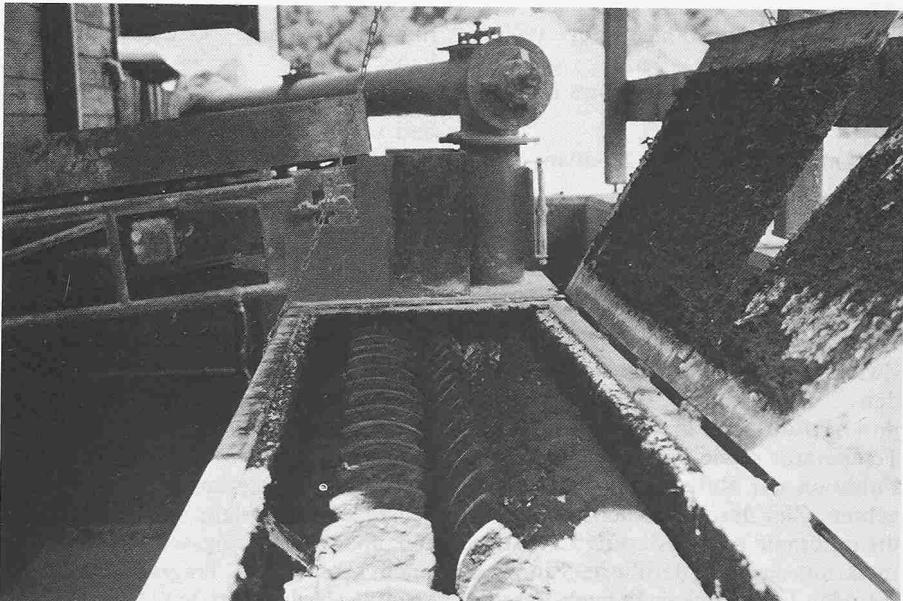
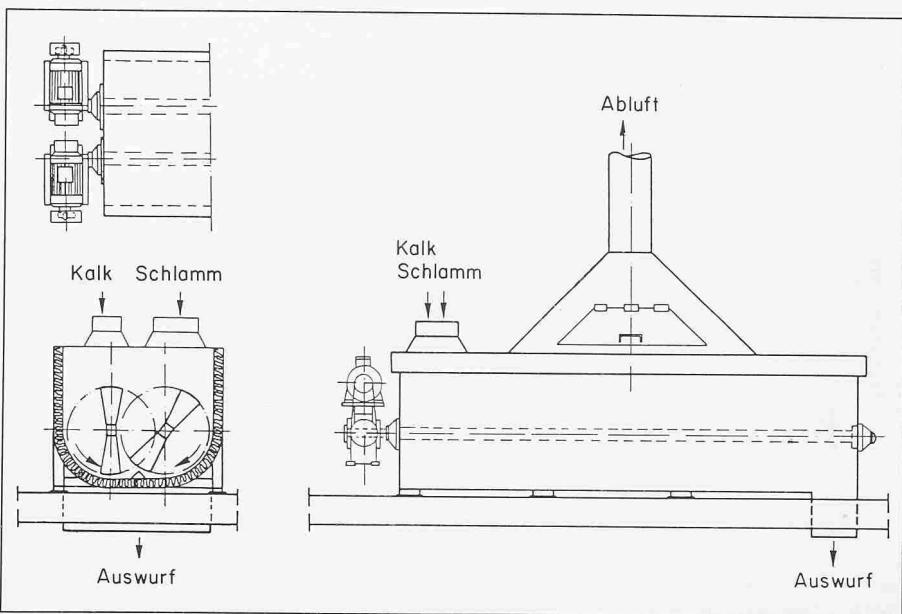


Bild 3. Die provisorische Branntkalkbeimisch-Anlage auf der ARA Bern-Neubrück. In der Baracke ist die Schlammentwässerungsanlage installiert

Bild 4. Doppelwellenpaddelmischer zur Vermischung von entwässertem Schlamm mit Branntkalk



## 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-

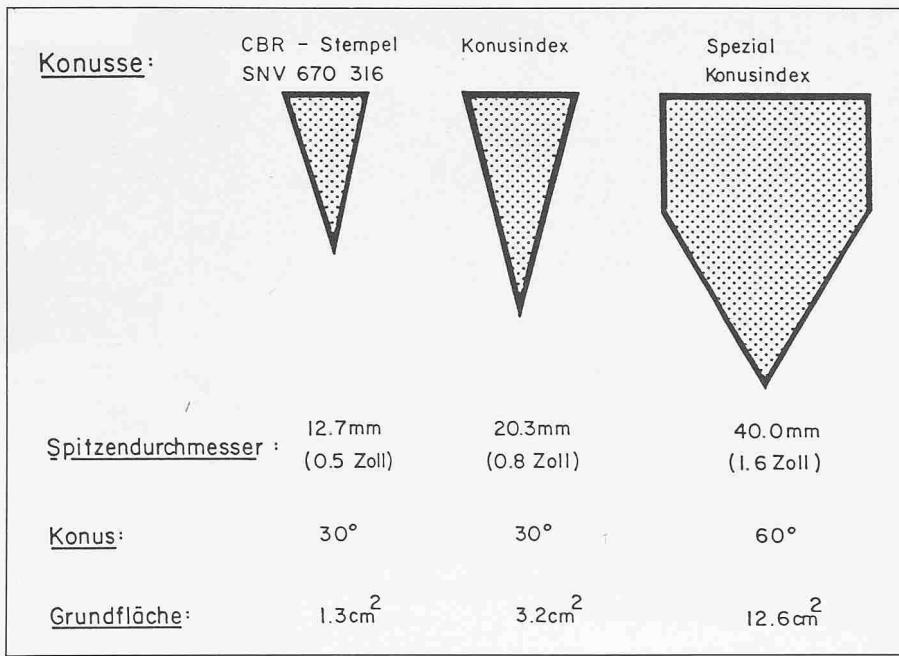


Bild 5. Penetrometer. Technische Daten der verschiedenen Konusse

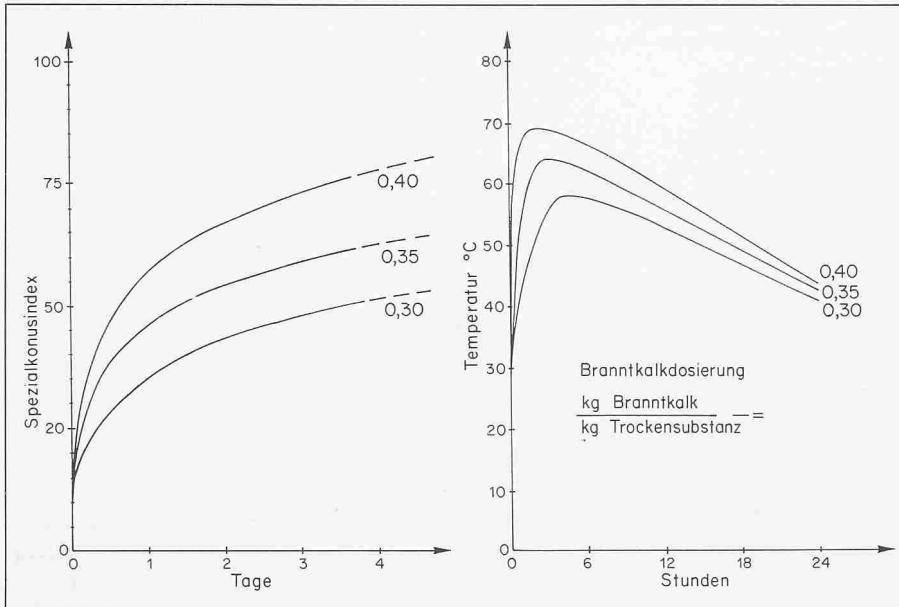


Bild 6. Temperatur- und Konusindizesentwicklung des Schlammes in Funktion der Kalkdosierung

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

Schlammtdurchsatz: 25-30 m<sup>3</sup>/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 Versuchsserien 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 Wittringseinfüssen, 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/mm<sup>2</sup> 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].

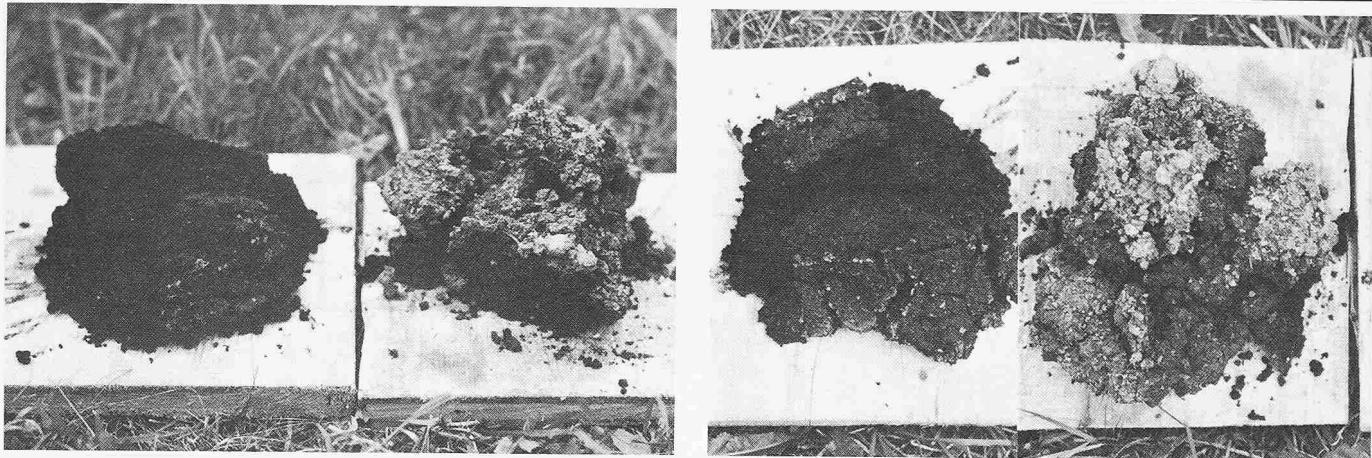


Bild 7. Struktur des entwässerten Schlammes vor (links) und nach der Branntkalkbeimischung (rechts)

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-Neubrück hergestellt werden kann.

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

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

### Streuversuche mit Mistzettler

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 Mistzetttern und somit eine landwirtschaftliche Nutzung erlaubt (Bild 7).

In Zusammenarbeit mit dem *Zweckverband der Abwasserregion Sennetal* sowie der *Forschungsanstalt fürviehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve*, und der *Landwirtschaftlichen Schule Rütti* wurden mit zwei unterschiedli-

chen Mistzetttern 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 Mistzetttern 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-Neubrück 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 Kohlensäure der Luft zu verfolgen sein.

Bild 8. Streuversuche mit zwei verschiedenen Mistzetttern



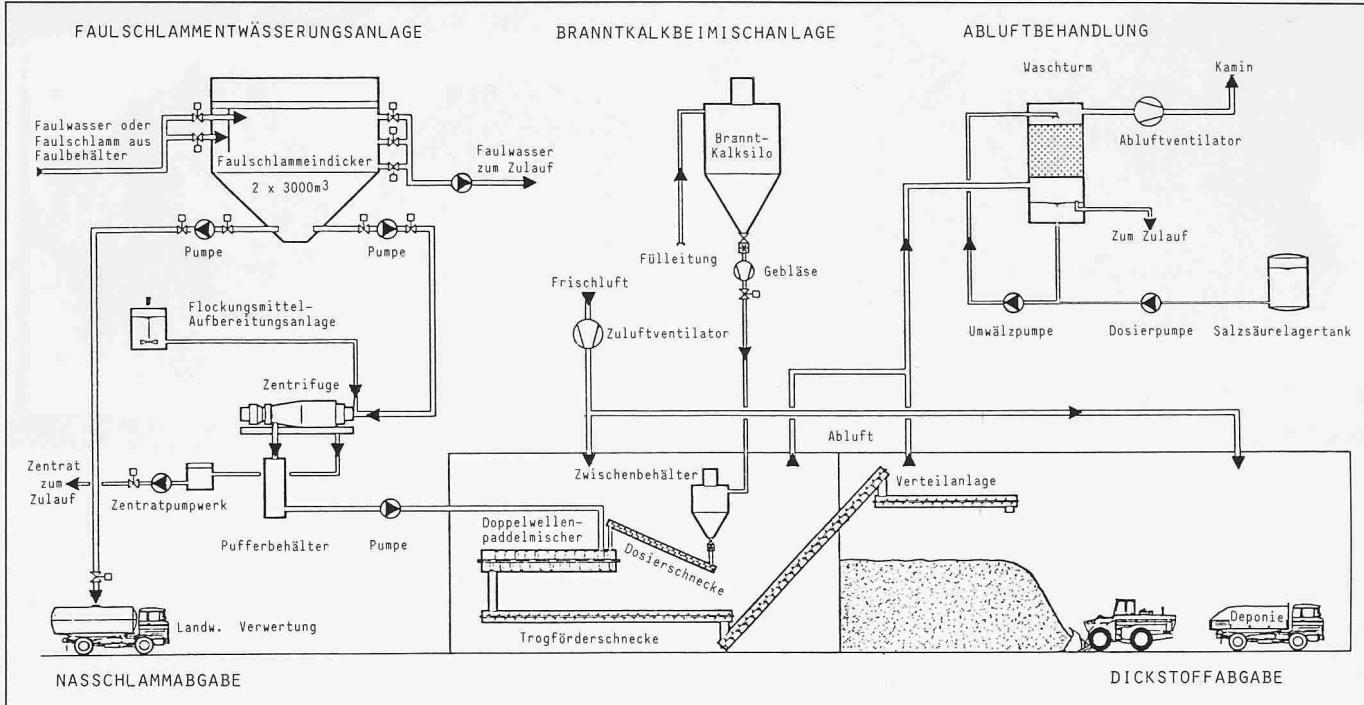


Bild 9. Prinzipielle Anlagenschemata der projektierten Branntkalkbeimischchanlage auf der ARA Bern-Neubrück

## Verfahrensschema

In Bild 9 ist das vereinfachte Prinzipielle Anlagenschemata 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 Geruchsemisionen 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 Faulschlamms zusammengestellt. Die angegebenen Kapitalkosten sind nur für die ARA Bern-Neubrück zutref-

fend, 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 Faulschlamms mit einem Trocken-Substanzgehalt von 8,3 Prozent

Schlammverwertung	100%	66%	-
Flüssig	-	34%	100%
Entwässert und konditioniert			
Zusatzinvestitionen			
Stapelbehälter	ja	nein	nein
Entwässerungsanlage	nein	ja	ja
Betriebskosten			
Transport	7.—		2.50
Flockmittel	-		2.20
Branntkalk	-		4.25
Deponiegebühr	-		3.35
		7.—	12.30
		→ 8.80 ←	
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 Klärschlamm». 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 Schlammtennwässerung». Korrespondenz Abwasser Nr. 6/79
- [6] *Peschen, N.*: «Die Verwendung von Kalk bei der Wasserbehandlung Abwassertechnik und Rauchgasreinigung». Der Städte- tag, 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: Offerete 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.