

32. Untersuchungen über die Bedeutung des Klärschlammes als Düngemittel.

Von Prof. Dr. **Kleberger** und Dr. Th. **Schrader**, wissenschaftl. Hilfsarbeiter, Gießen.

Um die Bedeutung des Klärschlammes als Düngemittel für die Landwirtschaft klar zu stellen, wurden folgende Untersuchungen eingeleitet:

1. Untersuchung des Klärschlammes auf Trockensubstanz und Reaktion.
2. Untersuchung auf Nährstoffgehalt im 10% igen Salzsäure-Auszug.
3. Untersuchung auf wurzellösliche Nährstoffe nach Neubauer.
4. Untersuchung auf Nährstoffgehalt mittels Elektro-Ultrafiltration.
5. Untersuchung auf Löslichkeit der Phosphorsäure im 1% igen Zitronensäure-Auszug.

Soll der bei der Reinigung städtischer Abwässer nach modernen Grundsätzen entstehende Schlamm zu Düngungszwecken Verwendung finden, so muß er vorher gereinigt und getrocknet werden, da andernfalls sein Transport infolge des hohen Wassergehaltes mit allzu großen Schwierigkeiten verknüpft ist. Bei der Kläranlage Bad-Nauheim, deren Schlamm Gegenstand vorliegender Untersuchung bildet, geschieht die Reinigung derart, daß die Abwässer zunächst einer biologischen Reinigung unterzogen werden. Diese erfolgt nach dem Schlammbelebungsverfahren, wie es erstmals in Essen-Reklingshausen angewendet wurde. Bevor das Abwasser dem biologischen Prozeß unterzogen wird, wird es in vier Emscherbrunnen mit vorgeschaltetem Sandfang von den suspendierten Stoffen weitgehend befreit, so daß es fast nur noch gelöste und kolloidale Verunreinigungen bei Eintritt in die Schlammbelebungsanlage enthält. Die Schlammbelebungsanlage besteht aus zwei Becken, von deren Sohle aus durch poröse Platten Luft eingeblasen wird; gleichzeitig wird durch Rührwerke, die in der Längsrichtung der Becken angeordnet sind, das Wasser mechanisch umgewälzt, um einerseits Ablagerungen an der Sohle und damit verbundene Fäulnisherde zu vermeiden, andererseits die Schmutzstoffe mit der eingeblasenen Luft und den Mikroorganismen des belebten Schlammes in engste Berührung zu bringen. Den beiden Belebungsbecken nachgeschaltet ist die Nachklärung, in welcher der belebte Schlamm wieder durch Sedimentation zur Ausscheidung gebracht wird.

Dieser ausgeschiedene belebte Schlamm wird durch eine Pumpe in einen dauernden Kreislauf gebracht und vor Eintritt des mechanisch geklärten Rohwassers in die Belebungsbecken als sogen. Rücklaufschlamm zugesetzt. Da der belebte Schlamm sich durch den Lebensprozeß der Mikroorganismen fortgesetzt vermehrt, so ist dieser Zuwachs dauernd zu beseitigen, was dadurch geschieht, daß nicht der gesamte belebte Schlamm als Rück-

laufschlamm dem Rohwasser zugesetzt wird, sondern ein Teil als Überschußschlamm in die Vorklärung zurückgeleitet und in den Emscherbrunnen zusammen mit den daselbst anfallenden Schlamm-mengen des Rohwassers ausgeschieden wird. Der in dem oberen Stockwerk (Absetzraum) ausgeschiedene Schlamm sammelt sich in dem unteren Stockwerk (Schlammraum), wo er einen mehrere Monate dauernden Faulprozeß durchmacht. Die dabei entstehenden Gase, die zu etwa 75% aus CH_4 bestehen, werden durch Gas-hauben aufgefangen und dem städtischen Gasrohrnetz unmittelbar zugeführt. Durch die Rückleitung des Überschußschlammes nach der Vorklärung wird die Gasmenge erheblich vermehrt. Durch die aufsteigenden Gasblasen befindet sich der Schlamm in den Schlammräumen in dauernder Umwälzung, und es wird so die Methangärung stets aufrecht erhalten und eine saure Gärung verhindert. Periodisch wird der Schlamm aus den Brunnen abgelassen und auf dränierte Trockenbeete gebracht, wo er in kurzer Zeit stichfest wird.

Für die Bewertung des Schlammes als Düngemittel ist zunächst seine Reaktion von größter Bedeutung.

Im vorliegenden Falle wurde die Reaktion des lufttrockenen Schlammes zunächst mittels verdünnter Salzsäure geprüft. Es ergab sich ein leises Aufbrausen. Anschließend wurden pH-Messungen auf elektrometrischem Wege mit der Chinhydronelektrode vorgenommen und eine pH-Zahl von 6,99 festgestellt. Schließlich wurde der Schlamm mit normaler Kaliumchlorid-Lösung ausgeschüttelt, wobei sich ergab, daß zur Neutralisation von 100 g

Schlamm 7 ccm $\frac{n}{10}$ NaOH notwendig waren, d. h. zur Absättigung

der Säuren sind ca. 35 g für 1 dz trockenen Schlammes notwendig. Gibt man also 200 dz Schlamm pro ha, so würde in unserem Falle 7 kg CaCO_3 zur Absättigung genügen, eine Menge, die bei basenhaltigen Böden unberücksichtigt bleiben kann. Bei wiederholter Verwendung von Schlamm als Düngemittel wird man in der Praxis durch öftere Kalkdüngung einer unerwünschten Reaktionsverschiebung des Bodens nach der sauren Seite hin vorzubeugen bestrebt sein. Dabei muß naturgemäß der Reaktionszustand des zu düngenden Bodens sowie die anzubauenden Kulturpflanzen weitgehend berücksichtigt werden. Sind doch Roggen, Hafer, Kartoffeln viel weniger empfindlich gegen saure Reaktion, als Weizen, Gerste und Rüben.

Um einen Einblick in den Nährstoffgehalt des Schlammes zu erhalten, wurde der lufttrockene Schlamm zunächst mit 10% iger Salzsäure drei Stunden auf dem siedenden Wasserbad erhitzt. Bei diesem Verfahren wurden in 100 g Schlamm folgende Mineralstoffmengen ermittelt, in % des lufttrockenen Schlammes:

SiO_2 :	0,126	MgO :	0,898
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	6,085	P_2O_5 :	0,962
CaO :	7,873	K_2O :	0,217

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde nach dem Verfahren von Jodlbauer und Förster festgestellt und betrug 3,24%.

Diese Zahlen lassen einen hohen Gehalt an sämtlichen für die Pflanzen notwendigen Nährstoffen erkennen. Insbesondere fallen die großen Mengen Phosphorsäure und Stickstoff auf. Bezeichnet doch Wohltmann einen Boden, der mehr als 0,25% P_2O_5 und 0,3% Gesamtstickstoff enthält, als „sehr reich“, „Raubbau zulassend“.

Inwieweit die durch den Salzsäureauszug ermittelten Nährstoffmengen für die Pflanzen aufnehmbar sind, darüber sagt uns diese Analyse wenig oder garnichts. Aus diesem Grunde wurde der Schlamm weiterhin nach der Neubauer-Methode untersucht. Bei diesem Verfahren wurden 100 g lufttrockener Schlamm nebst der dazugehörigen Menge feinen Sandes in Glasgefäße eingewogen und in der üblichen Weise nach Neubauer untersucht.

Während der vegetativen Entwicklung entfalteten die jungen Roggenpflänzchen bald ein üppiges Wachstum, das bis zum Schluß der Vegetationszeit (nach 18 Tagen) anhielt. Abbauerscheinungen waren nur in ganz geringem Maße sichtbar, im Gegensatz zu den Pflanzen, die in reinem Hohenbockaer Glassand gewachsen waren, dabei aber mit einer mineralischen Volldüngung versehen waren. Nach 18 Tagen wurden die Roggenpflänzchen samt Wurzeln sorgfältig vom Schlamm gereinigt und untersucht. Hierbei fiel die geringe Ausbildung ihres Wurzelnetzes auf, eine Tatsache, die nach eingehenden Versuchen im hiesigen Institut in der Hauptsache auf das Vorhandensein größerer Mengen leicht aufnehmbarer Stickstoff- und Phosphorsäureverbindungen zurückzuführen ist.

Der nach der Reinigung der Roggenpflänzchen zurückgebliebene Schlamm wurde abermals an der Luft getrocknet und in Neubauergefäße eingewogen. Um jedoch den Wurzeln mehr Gelegenheit zu geben, die ganze Schlamm-Menge zu durchdringen, wurden statt 100 g nur 50 g Schlamm mit entsprechend größerer Sandmenge in die Versuchsgefäße eingewogen und im übrigen die Untersuchungen in derselben Weise wie vorher durchgeführt. Bei diesem Versuch machte sich eine bedeutend stärkere Wurzelbildung bemerkbar, auch traten die Abbauerscheinungen früher hervor.

In 100 g Schlamm wurden gefunden:	P_2O_5	K_2O
bei der ersten Analyse	24,78 mg	59,07 mg
bei der zweiten Analyse	36,03 „	27,96 „

Vergleicht man die Zahlen der beiden Analysen untereinander, so fällt insbesondere der Abfall der Kaliwerte auf. Mithin ist die Menge der leicht löslichen Kaliverbindungen gegenüber den P_2O_5 -Verbindungen bedeutend geringer. Wurzellösliche Phosphorsäureverbindungen stehen den Pflanzen in größter Menge zur Verfügung. Ergab doch die zweite Analyse insgesamt aus zweimal 50 g Schlamm eine größere P_2O_5 -Menge als die erste Untersuchung. Sicherlich ein Beweis dafür, daß der Schlamm über bedeutende Phosphorsäurereserven verfügt, die sich die Pflanzen bei einer Düngung mit Schlamm im Laufe einer Vegetationszeit leicht aneignen können.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten wir bei der Untersuchung des Schlammes mittels Elektro-Ultrafiltration. Über Einzelheiten dieses Verfahrens soll in anderem Zusammenhang berichtet werden. Hier sei nur angegeben, daß es mit diesem Verfahren im allgemeinen gelingt, innerhalb eines Tages die für die Pflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffe zu ermitteln. Beim Schlamm wurde die Elektro-Ultrafiltration nach $4\frac{1}{2}$ Tagen unterbrochen, da nach dieser Zeit noch kein Abfall der Phosphorsäurewerte festgestellt wurde. Insgesamt wurden in dieser Zeit durch die Elektro-Ultrafiltration 132,4 mg P_2O_5 in 100 g Boden gelöst, während im allgemeinen ein Boden mit 50 mg P_2O_5 schon als gut versorgt gilt. Hinsichtlich des Kalis konnte zwar ein schnelleres Abfallen der Werte festgestellt werden, doch steht für die mittels Elektro-Ultrafiltration erlangten Zahlen noch keine Norm fest, bei der der Boden mit Kali versorgt gelten könnte, weshalb von einer Wiedergabe der erhaltenen Zahlen abgesehen sei.

Im 1^o/_o igen Zitronensäure-Auszug wurden 394,8 mg P_2O_5 festgestellt. Nach Lemmermann gilt aber ein Boden bereits schon genügend versorgt, wenn er mehr als 20 mg P_2O_5 je 100 g Boden enthält.

Die Bedeutung der gefundenen Analysenzahlen für die Düngung mit Klärschlamm wird uns am eindringlichsten an einem praktischen Beispiele klar werden. Angenommen, wir verabreichen eine mittlere Menge von 100 Ztr. Schlamm pro Morgen, also 200 dz je ha.

Gehen wir nun von der Voraussetzung aus, daß nur der fünfte Teil der bei der Neubauer-Analyse gefundenen Kali- und Phosphorsäuremenge den Pflanzen im Freiland zur Verfügung stehen, so wäre also in unserem Falle auf Grund der ersten Analyse 5 mg P_2O_5 und 12 mg K_2O für die Pflanzen verfügbar. Da der zur Düngung verwendete Schlamm noch ca. 50^o/_o Wasser enthält, verabreichen wir bei einer Zufuhr von 200 dz je ha dem Acker mindestens 50 kg P_2O_5 und 120 kg K_2O . Vergleichen wir diese Nährstoffmengen mit den Nährstoffen, die durch Höchsternten der verschiedenen Feldfrüchte dem Boden entzogen werden*), so ergibt sich folgendes Bild:

Bei einem Ertrag in dz je ha		werden an Nährstoffen entnommen in kg je ha		Durch Schlammdüngung von 200 dz je ha werden gedeckt in %	
		K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
Kartoffeln	320	220	55	54,5	90,9
Zuckerrüben	400	200	60	60,0	83,3
Futterrüben	800	280	70	42,8	71,4
Hafer	40	100	35	120,0	142,8

Mithin reicht die oben angegebene Schlamm-Menge aus, den Nährstoffbedarf unserer Hackfrüchte zum größten Teil, den der

*) Vergl. hierzu Wießmann: Agrikulturchemisches Praktikum.

meisten Getreidearten vollkommen zu decken. Dabei ist zu beachten, daß in Wirklichkeit die den Pflanzen zur Verfügung gestellten Nährstoffmengen noch größer sind, da die bei der zweiten Untersuchung gefundenen Zahlen keine Berücksichtigung fanden.

Wollen wir die durch Schlamm düngung zugeführten Nährstoffmengen mit der mineralischen Volldüngung vergleichen, so ergeben sich gewisse Schwierigkeiten, da die Nährstoffe nicht gleichwertig sind. Im allgemeinen rechnet man im Laufe eines Vegetationsjahres mit einer Ausnutzung der Düngerphosphorsäure von 10—15%, da die in den Boden gebrachte mineralische Phosphorsäure bald ihrer leichten Beweglichkeit beraubt wird. Die große Menge wurzellösliche Phosphorsäure im Schlamm deutet auf eine andere Ausbeutbarkeit hin und zwar hängt diese Tatsache vermutlich damit zusammen, daß die Phosphorsäureverbindungen im Schlamm nur zum kleineren Teil mineralischer, zum größeren Teil aber organischer Natur sind, so daß sie als kolloide Lösung im Boden beweglich bleiben und dadurch von den Pflanzen in höherem Maße verwertet werden können.

Für die anderen Nährstoffe liegen die Verhältnisse ähnlich, so daß ein Vergleich mit mineralischer Volldüngung nicht zugänglich erscheint.

Von unseren Kulturpflanzen haben sich besonders Hafer, Runkelrüben, Kartoffeln, Mais, Kohl dankbar für eine Düngung mit Schlamm erwiesen. Wie bereits erwähnt, rechnet man als durchschnittliche Gabe 100 Ztr. pro Morgen. Diese werden am zweckmäßigsten im November bis Februar verabreicht. Kopfkohl, Blumenkohl usw. sind aber auch in der Lage, größere Mengen (150—200 Ztr. pro Morgen) zu verwerten.

Für Wiesen und Weiden hat sich eine Düngung mit Kompost, der unter Zuhilfenahme von guter Erde und kohlen. Kalk aus Klärschlamm hergestellt ist, besonders vorteilhaft erwiesen. Die Herstellung des Kompostes geschieht in der Weise, daß der Schlamm im Sommer oder Vorherbst mit Erde und Kalk (ca. die Hälfte des Eigengewichtes Erde und ca. 10% Kalk) durchschichtet wird und im Laufe des Herbstes umgestochen wird. Bei Verwendung von 100 Ztr. dieses Kompostes konnte auf hiesigen sauren Wiesen ein Mehrertrag von 16 Ztr. Heu gegenüber ungedüngt erzielt werden. Von einer direkten Verwendung des Schlamms auf sauren Wiesen oder auf Böden, die stark zur Versauerung neigen, ist unbedingt abzusehen.

Insgesamt müssen wir also auf Grund vorliegender Untersuchungen zu dem Schluß kommen, daß der Klärschlamm aus ähnlichen Anlagen wie oben beschrieben ein hochwertiges billiges Düngemittel darstellt, das in seiner Eigenart mit keinem der vorhandenen Kunstdüngemittel verglichen werden kann und in seiner Wirkung bei richtiger Anwendung ganz vorzügliche Ergebnisse zeitigt.