Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 109/110 (1937)

Heft: 15

Artikel: Die Probleme der Düngung in der Landwirtschaft, mit besonderer Berücksichtigung der Verwertung von Abwasser und ausgefaultem Schlamm

Autor: Pallmann, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49029

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: 25.07.2025

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

INHALT: Die Probleme der Düngung in der Landwirtschaft, mit besonderer Berücksichtigung der Verwertung von Abwasser und ausgefaultem Schlamm. — Neuere Bauten der Arch. Kündig & Oetiker, Zürich. — II. Kongress des Internat. Verbandes für Materialprüfung London, 19. bis 24. April 1937. — Eine neue, unsichtbare Strahlung — Mitteilungen: 25 Jahre STUAG. Neue Schifflände in Montreux. Eine neue Zugsheizung. Rechenschieber «Wärme- und Kälteschutz«. Bahnbetrieb-Einstellung Leopoldshöhe-Hüningen-St. Ludwig. Vom Karren zum Auto. Holz als Baustoff. Kleinhaus in Holzbauweise. — Nekrologe: Alb. Stadelmann. — Wettbewerbe: Umbau der katholischen Kirche Sirnach. Kantonsbibliothek in Aarau. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 109 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 15

Die Probleme der Düngung in der Landwirtschaft, mit besonderer Berücksichtigung der Verwertung von Abwasser und ausgefaultem Schlamm

Von Prof. Dr. H. PALLMANN, E.T.H., Zürich; Vortrag gehalten am Einführungskurs für Abwasserreinigung an der E. T. H. 1936

[Im Rahmen unserer Berichterstattung über den letztjährigen «Abwasserkurs» an der E. T. H. bringen wir hier diesen, eigentlich ausserhalb unseres Arbeitsfeldes liegenden Vortrag, weil er auch von den am Kurs teilnehmenden Ingenieuren als sehr aufschlussreich geschätzt worden ist. Red.]

Inhaltsübersicht.

1. Welche Funktionen des Bodens sind für das Gedeihen der Pflanzen wichtig?
a) Die mechanische Festigung der Pflanze im Erdreich.
b) Die Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Wasser.
c) Die Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Nährstoffen.
d) Die biochemische Aktivität des Bodens.
2. Welche Maßnahmen stehen dem Pflanzenbauer zur Verfügung, um diese vier erwähnten Bodenfunktionen für die Pflanzenproduktion günstig zu beeinflussen?
a) Die richtige, kulturangepasste Bodenbearbeitung.
b) Die Düngung, d. h. zweckentsprechende Zufuhr von Pflanzennährstoffen zum Boden.
c) Die Bewässerung und Entwässerung.
3. Neuere Gesichtspunkte bei der Bewertung der Düngemittel.
4. Abwasser und Klärschlamm in ihrer Wirkung auf die Pflanzenproduktion und den Boden.
a) Der Chemismus des Abwassers und des Klärschlammes im Vergleich zu Gülle (Jauche) und Stallmist.
b) Düngeversuche mit Klärschlamm.
c) Düngeversuche mit Abwasser (Verregnung und Berieselung).
I. Allgemeines.
II. Praktische Düngungsversuche mit Abwasser.
III. Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden der Abwasser- und Klärschlammdüngung.
5. Rückblick und Ausblick.
Benutzte Literatur.

Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

Wer ist an einer richtigen Düngung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen interessiert? Der Pflanzenbauer, der seine Erträge steigern will; die Technik, die eine optimale Verwertbarkeit ihrer landwirtschaftlichen Rohstoffe wünscht; der Physiologe, der bestimmte Ansprüche an die chemische Zusammensetzung der tierischen und menschlichen Nahrung stellt, und die Hausfrau, für die Haltbarkeit, Wohlgeschmack und Bekömmlichkeit der Feldfrüchte von Bedeutung sind.

Einige Probleme der Düngung sollen kurz dargelegt werden. Am Beispiel der Abwasserdünger soll die Problemstellung dann noch näher präzisiert werden.

1. Welche Funktionen des Bodens sind für das Gedeihen der Pflanzen wichtig?

a) Die mechanische Festigung der Pflanze im Erdreich.

Flachgründigkeit und Rutschtendenz des Bodens wirken ihr am meisten entgegen.

b) Die Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Wasser.

Kein Leben ohne Wasser! Zur Synthese der Trockensubstanz verbraucht die Pflanze grosse Mengen an Wasser. Bereits die vereinfachte Assimilationsgleichung zeigt dies:

$$6\ CO_2 + 6\ HOH = C_6\ H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Die Menge Wasser, die für den Aufbau von einem Gramm Trockensubstanz von der Pflanze benötigt wird, bezeichnet der Physiologe als Transpirationskoeffizient. Dieser ist für eine bestimmte Pflanze abhängig von Boden und Klima.

Tabelle 1:
a) Transpirationskoeffizienten verschiedener Pflanzen nach Briggs und Shantz 1912.
b) Wasserverbrauch einer Trockensubstanzernte pro ha.

Feldfrucht	Transp.-Koeff. = g HOH pro g	Trockensubstanzertrag pro ha	Wasserbedarf kg/ha	in mm Regenhöhe
Weizen*)	513	5400 kg	2770000	277
Gerste*)	534	4300 kg	2300000	230
Hafer*)	597	4800 kg	2870000	987
Kartoffeln**)	636	5000 kg	3180000	318
Gräser	861	7000 kg	6030000	603

*) Korn + Stroh; **) Nur Knollen in Hektarertrag eingesetzt.

Der Wasserhaushalt des Bodens (Gehalt, Magazinierung, Bindung) hängt von den Befeuchtungsverhältnissen der Gegend (Niederschlag, Temperatur, Verdunstung) und seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften ab. Je schwerer und humusreicher der Boden ist, um so grösser erscheint dessen wasserhaltende Kraft.

Tabelle 2:
Feuchtigkeitsgehalt sandiger, lehmiger und toniger Böden. Woburn (England). Gleiche Niederschlagshöhen. Russell 1936 (4)

	Sandboden % HOH	Lehmboden % HOH	Tonboden % HOH
Bei höchster Befeuchtung	14,0	16,5	35,0
Bei minimaler Befeuchtung	1,1	6,0	15,8
Mittel aller Beobachtungen	9,0	12,0	27,0

Der beste Wasserspeicherer ist der Humus, der durch seine schwammartige Feinstruktur das Vielfache des eigenen Gewichtes an Wasser magazinieren kann. Diese Eigentümlichkeit des Humus ist für die Beeinflussung der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften von grosser Bedeutung, später soll bei der Besprechung der Schlamm- und Abwasserdüngung darauf noch eingegangen werden.

Tabelle 3:
Wasserhaltende Kraft der obersten Bodenschicht (10 cm) verschiedener Bodentypen der Schweiz (Schmuziger-Pallmann) (8).

Bodentypen	Humusgehalt	Wasserhaltende Kraft
Eisenpodsole A_1	60 %	402
Humuspodsole A_1	59 %	234
Insubrische Braunerde iA_1	17 %	192
Braunerde bA_1*)	7 %	122
Rendzina rA_1**)	7 %	100

Eisen- und Humuspodsole = Mittelwerte.
*) Braunerde Kleinweid-Turbenthal (Zürich) (9).
**) Rendzina: Remigen-Aargau.

Bei gegebenen Bodenklimaverhältnissen beeinflussen Bodenbearbeitung (Lockerung, Walzen, Decken) und die Vegetation den Wasserhaushalt eines Bodens (7).

c) Die Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Nährstoffen.

Die in Tabelle 4 schwarz umrandeten Elemente gelten als unentbehrliche pflanzliche Nährstoffe. Dem physikalischen Chemiker fällt dabei die interessante Tatsache auf, dass alle Pflanzennährelemente auf die chemischen Elemente mit ziemlich kleinem Atomgewicht oder niedriger Ordnungszahl entfallen (10). Die physiologische Bedeutung der schwereren Elemente ist bis heute noch nicht sichergestellt, Stimulationswirkungen bei sehr kleinen Konzentrationen scheinen häufig zu sein, bei höheren

Tabelle 4:

Die unentbehrlichen Elemente für die Pflanzenernährung
Stellung im Periodischen System

1	2	3	4	5	6	7	8	9
H	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– – –	He
Li	Be	B	C	N	O	F		Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		Ar
K	Ca	Sc	Ti	Vd	Cr	Mn	Fe Co Ni	
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	–	Ru Rh Pd	
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J		Xe
Cs	Ba	La	Ce	Ta	W	–	Os Ir Pt	
Au	Hg	Te	Pb	Bi	Po	–		Em
	Ra	Ac	Th	Pa	Ur			

Konzentrationen treten Giftwirkungen auf (hohes Aequivalentgewicht = starke Adsorptionspotenz und starke Koagulationskraft auf das pflanzliche Eiweiss). Die Gegenwart von Elementen mit höherer Ordnungszahl im Abwasser muss daher stets als gewisses Gefahrenmoment (Giftwirkung) betrachtet werden.

Die chemische Bauschanalyse eines Bodens vermag keinen bestimmten Aufschluss über dessen Nährstoffvorrat zu geben. Die als Nährstoffe prädestinierten Elemente müssen nicht nur vorhanden sein, sondern in einer Form vorliegen, in der sie durch die Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können. Meist ist dies die Ionenform. Diese Pflanzennährstoffe sind im Boden grundsätzlich in drei verschiedenen physikalisch-chemischen Zustandformen vorhanden:

I. Sie sind in die Kristallgitter fest eingebaut und für die Pflanzenwurzeln erst nach Massgabe ihrer verwitterungsartigen Aufbereitung verwertbar.

II. Sie sind in relativ lockerer Form an den Innen- oder Aussenoberflächen der Bodenteilchen adsorbiert und können durch die Wurzeln mobilisiert werden (19).

III. Sie sind in echt gelöster Form, als Ionen im Bodenwasser vorhanden und werden in diesem Zustand sehr leicht resorbiert.

Der Gehalt resorbierbarer Pflanzennährstoffe — und allein diese äufnen das Nährstoffmagazin des Bodens — ist unter vergleichbaren Verhältnissen um so grösser, je höher der Gehalt an feindispersen Bodenfraktionen (also Ton oder Humus) des Bodens ist. Der Nährstoffvorrat des Bodens steigt unter vergleichbaren Umständen mit dessen Dispersität.

Tabelle 5:

Die spezifische Oberfläche wird mit steigendem Dispersitätsgrad der festen Phase grösser.
Annahme: feste Phase hat 1 cc Gesamtvolumen.

Bezeichnung der Fraktion	Kantenlänge des Würfels	Würfelzahl	Spezifische Oberfläche
Skelett	1 cm	1	6 cm^2
Grobsand	10^{-1} cm	10^3	60 cm^2
Feinsand	10^{-2} cm	10^6	600 cm^2
Schluff	10^{-4} cm	10^{12}	6 m^2
Kolloidton	10^{-6} cm	10^{18}	600 m^2
Humus (innendispers)	10^{-7} cm	10^{21}	6000 m^2

Tabelle 6:

Gesamtoberfläche der verschiedenen Bodenarten pro Gramm Boden (nach Mitscherlich).

Feiner tertiärer Quarzsand	1,5	qm
Sandboden (Krume)	43	qm
Sandiger Lehmboden	85	qm
Strenger Lehmboden	266	qm
Tiefland-Moorboden	750	qm
Strenger Java-Tonboden	1000	qm

Tabelle 7:

Umtauschkapazität verschiedener wichtiger Bodenbestandteile in Milliäquivalenten pro Gramm.

Grobsand	weniger als 0,01	Milliäquiv.
Feinsand	weniger als 0,01	Milliäquiv.
Kaolintone	0,04	Milliäquiv.*)
Belgischer Fett-Ton	0,12	Milliäquiv.*)
Putnam-Ton	0,84	Milliäquiv.**)
Bentonit-Tone	1,12	Milliäquiv.***)
Zeolithe	um 4,00	Milliäquiv.*)
Humus	um 4,00	Milliäquiv.***)

*) Nach *N. Cernescu* (11); **) nach *H. Jenny* (12); ***) nach *Pallmann.*

In Tabelle 7 sind einige mögliche Bodenkomponenten samt ihrer Umtauschkapazität verzeichnet. (Als Umtauschkapazität bezeichnet man die Summe sämtlicher adsorbierter und umtauschfähiger Ionen in Milliäquivalenten pro Gramm Umtauschkörper.) Grobsand, Feinsand, Kaolin und Fett-Tone besitzen lediglich die geringen Aussenoberflächen, die ihrem äussern Dispersitätsgrad zukommen. Putnam-Clay, Bentonittone, Zeolithe und Humus sind sog. innendisperse Systeme, bei denen nicht allein die äussern Begrenzungen für das Adsorptionsvermögen in Frage kommen, sondern noch durch die weitgeöffneten Innendispersitäten zusätzliche und äusserst wirksame Oberflächen geschaffen werden. Interessant ist besonders das Verhalten des Humus, der als höchst adsorptionskräftiges innendisperses System befähigt ist, grosse Mengen von Nährstoffen zu binden und den Pflanzen zur Verfügung zu stellen.

d) Die biochemische Aktivität des Bodens.

Der Boden ist nichts Bleibendes, sondern etwas Gewordenes und ein ständig in Weiterentwicklung begriffenes System. Nicht allein die organischen Bodenkomponenten des Humus sind umwandlungsfähig, sondern ebenso die anorganischen Anteile (Ton, Skelett usw.). Alle diese Umsetzungen sind an die Gegenwart des Wassers gebunden. Zwischen diesen organischen und anorganischen dispersen Phasen leben die Mikroorganismen. Wasser, Sauerstoff der Luft oder sauerstoffhaltiger Molekel, Kohlenstoff und Stickstoff des Humus oder atmosphärischer Provenienz liefern diesen Mikroorganismen die Energie zu ihren biochemischen Prozessen. Die Intensität all dieser biochemischen, mikrobiellen Umsetzungen bezeichnen wir als biochemische Aktivität des Bodens. Diese hängt ab: vom Bodenchemismus und vom Bodenklima. Es ist Aufgabe des Pflanzenbauers, diese mannigfachen Bioreaktionen im Boden derart zu leiten, dass sie für seine Kulturzwecke in Richtung und Intensität günstig verlaufen. Von diesen interessieren besonders: die Mineralisierung der vornehmlich in den Eiweissubstanzen verankerten Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelatome, die in dieser organischen Bindung für die meisten Pflanzen unverwertbar sind. Die Mineralisierung besteht im günstigen Falle in einem oxydativen Abbau der organischen Molekel und in der Bildung von Nitraten aus N, von Phosphaten aus P und von Sulfaten aus S. In dieser Form sind sie für die Pflanzen verwertbar. Diese der günstigsten Mineralisierung zugrunde liegenden Oxydationen brauchen Sauerstoff. Gut durchlüfteter Boden ist Vorbedingung für diese sog. aeroben Umsetzungen. Ausreichender Wassergehalt, Chemismus der Lösungsgenossen und der Bodenteilchen, Gegenwart abbaubarer organischer Stoffe und Bodenreaktion sind für die Intensität und Richtung der Bioreaktionen von wesentlichem Einfluss. Mit steigender Temperatur wird jede Reaktion beschleunigt. Bei der Bioreaktion besteht aber eine kritische Höchsttemperatur, bei der das reaktionstragende Eiweiss der Mikroorganismen zu leiden beginnt. Zwischen 20 und 30 Grad vollziehen sich im Boden bei ausreichenden andern Reaktionsbedingungen diese Bioprozesse mit grösserer Geschwindigkeit.

Tabelle 8:

Die biochemische Aktivität des Bodens als Funktion der Temperatur (nach Löhnis).

Temperatur	NO_3-Bildung	N-Bindung	Kalkstickstoff-Zersetzung
10° C	100	100	100
20° C	125	144	166
30° C	120	135	148

Die wichtige Stickstoffmobilisierung, die Nitrifikation, interessiert den Pflanzenbauer ganz besonders. Diese Reaktion wird, bei sonst gleichbleibenden und günstigen Umweltsbedingungen, durch das Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis der durch die Mikroorganismen abzubauenden organischen Stoffe stark beeinflusst. Man stellte fest (13), dass der proteinartig gebundene Stickstoff vorwiegend in Mikrobeneiweiss transformiert wird und resorptionsunfähig bleibt, wenn auf ein N-Atom der abzubauenden Substanzen mehr als 25 Kohlenstoffatome entfallen (C:N $=>25$). Der im abzubauenden organischen Molekel oder Ultramikron sitzende Stickstoff wird dagegen vorwiegend in Nitration umgebildet, wenn auf ein N nur 8 bis 20 C auftreten (C:N = 8 bis 20). Zu stickstoffreiche organische Komplexe (C:N unter 8) geben zu Reaktionen Anlass, bei denen Stickstoff in molekularer Form als Gas verloren geht. Diese Verhältnisse können unter Umständen für die Schlammbeurteilung eine gewisse Rolle spielen.

Diese mikrobiellen Umsetzungen (die prinzipiell ähnlich auch für Phosphor und Schwefel verlaufen werden) sind für den Pflanzenbauer deshalb wichtig, weil ihm Stickstoff als hochwertiger Pflanzen n ä h r stoff geliefert wird, den er im Handel sehr teuer bezahlen müsste.

Tabelle 9:

Preise der Pflanzennährstoffe N, P und K pro kg, Frühling 1936. Preisabstufung nach Wirksamkeit.

Stickstoff	Fr. 1.70	im Salpeter
	Fr. 1.60	im NH_4 und Guano
	Fr. 1.45	im Kalkstickstoff
	Fr. 0.85	im Knochenmehl
	Fr. 0.70	im Stallmist
	Fr. 0.60	im Abwasserschlamm
Phosphorsäure	Fr. 0.65	im Superphosphat
	Fr. 0.35	Abwasserdünger, Sinter- und Thomasphosphat
	Fr. 0.55	im Stallmist
Kalium	Fr. 0.35	im 30 %-Kalisalz

2. Welche Massnahmen stehen dem Pflanzenbauer zur Verfügung, um diese vier erwähnten Bodenfunktionen für die Pflanzenproduktion möglichst günstig zu beeinflussen?

a) Die richtige, kulturangepasste Bodenbearbeitung (7).

Diese verbessert die Wasserverhältnisse und die Luftführung des Bodens und aktiviert dabei die biochemischen Vorgänge. Hierher gehört ebenfalls die Verwendung physikalischer Bodenverbesserungsmittel, die die Bodenstruktur im Hinblick auf Bearbeitbarkeit, bezw. biochemische Umsetzungen verbessern. (Humus: lockert schwere bindige Böden und festigt, unter Verbesserung des Wasserhaushaltes, lockere sandige Bodenarten, Kalkung, Mergeln. Siehe auch: M. Krause: «Steigerung der Ernteerträge durch verbesserte Bodenbearbeitung», Verlag P. Parey, Berlin 1933.)

b) Die Düngung, d. h. zweckentsprechende Zufuhr von Pflanzennährstoffen zum Boden.

Das Nährstoffkapital des Bodens unterliegt ständigen Einflüssen des Klimas (Versickerungen im humiden Gebiet, Oberflächenanreicherungen im ariden Gebiet) und der menschlichen Kulturmaßnahmen. Die klimabedingten und durch die Bodenart beeinflussten Versicherungsverluste lassen sich nicht generell durch Fixzahlen ausdrücken. In Deutschland fand M. Gerlach (48) beispielsweise Verluste von 20 bis 55 kg N, 13 bis 56 kg K_2O und 70 bis 330 kg CaO pro ha und Jahr (Niederungsmoor, humose lehmige Sande, humusarme Lehme). Phosphorsäure wird anscheinend nur wenig ausgewachsen, wie dies auch durch die Untersuchungen Gisigers in Oerlikon gezeigt wurde (14). Ausgedehnte Lysimeterversuche im In- und Ausland suchen über diese Nährstoffverluste genauere Aufschlüsse zu erhalten. Fest steht, dass der Landwirtschaft humider Klimabezirke alljährlich grosse Nährstoffmengen durch natürliche Versickerung verlorengehen. Einen weiteren wichtigen Entzug an Pflanzennährstoffen erleidet der Boden durch die Ernte.

Tabelle 10:

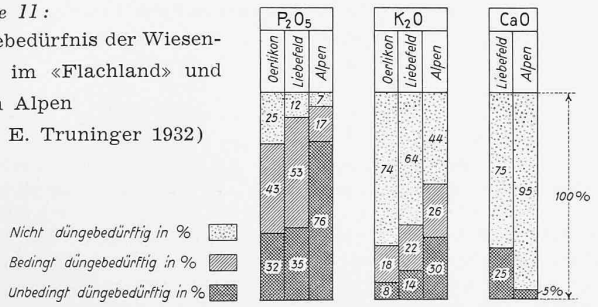
Jährlicher P_2O_5-, K_2O- und Stickstoffentzug des Bodens durch eine mittlere ha-Ernte, z. T. nach Truninger und v. Grünigen (15)

Feldfrucht	P_2O_5-Entzug	K_2O-Entzug	N-Entzug
Getreide	30 kg	46 kg	71 kg
Kartoffeln	24 kg	84 kg	51 kg
Gras/Heu	32 kg	104 kg	116 kg

Wie liegen die Verhältnisse in der Schweiz? Die Schweiz besitzt grossteils junge Böden, die im Vergleich zu zahlreichen ausländischen Böden als relativ nährstoffreich beurteilt werden müssen. Zur Hervorbringung von Höchsternten oder zur Korrektur ungünstiger chemischer Erntezusammensetzungen erweisen sich aber viele Böden als unbedingt düngebedürftig. In Tabelle 11 ist die Düngebedürftigkeit schweizerischer Wiesenböden, nach der Methode P. Wagners (Heuaschenanalyse) ermittelt, zusammengestellt (16). Die Bezeichnungen «Oerlikon», «Liebefeld» deuten auf das Einzugsgebiet der entsprechenden Eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten, «Alpen» = Alpböden untersucht in Liebefeld-Bern.

Tabelle 11:

Düngebedürfnis der Wiesenböden im «Flachland» und in den Alpen (nach E. Truninger 1932)



Nach P. Liechty und E. Ritter sind die Böden:
nicht düngebedürftig $P_2O_5 > 0{,}8\,\%$ $K_2O > 2{,}5\,\%$ $CaO > 1\,\%$
bedingt düngebedürftig P_2O_5 $0{,}6 \div 0{,}8\,\%$ K_2O $2{,}1 \div 2{,}5\,\%$
unbedingt düngebedürftig $P_2O_5 < 0{,}6\,\%$ $K_2O < 2{,}1\,\%$ $CaO < 1\,\%$
Mineralstoffe in Trockensubstanz 1. Schnitt.

Das relativ hohe Eigenkapital schweizerischer Böden an Nährstoffen ist auf die Verwertbarkeit der Düngemittel und den Nutzeffekt eines bestimmten Nährstoffes von Einfluss. Darüber wird weiter unten im Zusammenhang mit der Besprechung der Düngeversuche mit Abwasser und Klärschlamm berichtet.

In Tabelle 12 ist eine Rohberechnung der schweizerischen Nährstoffbilanz angeführt (15). Aus ihr geht der verhältnismässig hohe Import künstlicher P_2O_5- und K_2O-Düngemittel hervor.

Tabelle 12:

Bilanz der durch Düngung dem Boden zugeführten und durch Ernten und Sickerverlust entzogenen Phosphorsäure- und Kalimengen. Kultivierte Fläche der Schweiz 1 943 970 ha (nach Truninger und v. Grüningen 1934).

Zufuhr durch Düngung	P_2O_5 kg	K_2O kg
Thomasmehl	$18 \cdot 10^6$	—
Superphosphat	$6{,}5 \cdot 10^6$	—
Knochenmehle	$2{,}4 \cdot 10^6$	—
Stalldung, usw.	$40 \cdot 10^6$	$168 \cdot 10^6$
Kalidünger (Salze)	—	$8{,}1 \cdot 10^6$
Jahreszufuhr (1929 bis 1934)	$67 \cdot 10^6$ kg	$176 \cdot 10^6$
Entzug durch Ernte und natürliche Versickerung	$58 \cdot 10^6$ kg	$187 \cdot 10^6$
Ueberschuss an P_2O_5	$+ 9 \cdot 10^6$ kg	
Defizit an K_2O		$- 11 \cdot 10^6$

Leider ist in dieser Ueberschlagsrechnung der teure Stickstoff nicht enthalten, der bei der Abwasserbewertung eine grosse Bedeutung hat.

Was will die Düngung? Sie hat nicht allein den Zweck, Höchsternten hervorzubringen, sondern sie sollte ebenfalls die Qualität der Ernten im Hinblick auf deren technische oder ernährungsphysiologische Verwertbarkeit fördern. Es sei auf die Bedeutung des Proteingehaltes der Zerealien für die Backfähigkeit der Mehle und die Braueignung der Gerste hingewiesen. Der Stärke- und Zuckergehalt der Kartoffeln oder Rüben beeinflusst deren Bewertung, die Mineralstoffquotienten des Futters beeinflussen die Ossifikation und das Wachstum der Tiere. Von der chemischen Zusammensetzung hängen weiter ab: die Lagerungsfähigkeit, also die Haltbarkeit, vielfach auch die Verdaulichkeit der Ernteprodukte.

c) Die Bewässerung und Entwässerung.

Diese Kulturmassnahmen regeln den Wasserhaushalt und mit diesem weitgehend die physikalische Beschaffenheit und die biochemische Aktivität des Bodens.

Die Forderung nach wirksamer Entwässerung ist in der humiden Schweiz vielerorts leichter zu verstehen, als die gegenteilige Forderung nach zusätzlicher Befeuchtung. Nach H. Schiltknecht (17) kommt eine rentable Dauerbewässerung nur in wenigen Gegenden der Schweiz in Frage, die extrem geringe Befeuchtungszahlen (N/S-Quotienten) besitzen (z. B. Wallis). Temporäre Bewässerungen während der Regenklemmen sind allerdings in mehreren Gegenden am Platz (Lohn-Jurafuss über Neuenburg bis nach Genf, gewisse Gebiete der Bündner Herrschaft). Zusätzliche «düngende Bewässerungen» dürften sich aber in zahlreichen Gegenden des schweizerischen Mittellandes und der subkontinentalen Alpentäler (Wallis, Churer Herrschaft, Domleschg usw.) auf Ernteertrag und Qualität günstig auswirken, was für die landwirtschaftliche Verwendung des Abwassers von Bedeutung ist.

3. Neuere Gesichtspunkte bei der Bewertung der Düngemittel.

Im Hinblick auf die zur Diskussion stehende Abwasser- und Klärschlammdüngung sind einige Hinweise auf die Bewertungsprinzipien der Düngemittel am Platze.

Die rein chemische Bewertung der Düngemittel auf Grund der Analyse ist ungenügend. Die Verwertbarkeit der einzelnen im untersuchten Düngemittel festgestellten Nährstoffe durch die Pflanzen ist zu berücksichtigen. Diese Verwertbarkeit hängt von der Pflanzenart und dem Boden ab.

Tabelle 13:

A. Wirkungswert organischer Stickstoffdüngemittel im Vergleich zum Salpeter-Stickstoff (= 100).

Salpeter	= 100	Salpeter	= 100
Blutmehl	= 70	Stallmist	= 40
Hornmehl	= 70	Frischschlamm	= 40
Knochenmehl	= 55	Faulschlamm	= 35
Melasseschlempe	= 40	Spüllatrine	= 40

Abwasserstickstoff = rd. 85.

B. Wirkungswert der P_2O_5 in verschiedenen P-Düngern und für verschiedene Kulturpflanzen. Prjanischnikow (6. S. 123).

	Phosphorit	Knochenmehl	Thomasmehl	Superphosphat
Zerealien	0—10 %	40 %	60—70 %	100 %
Lupinen	60 %	90 %	100 %	100 %

Es ist zu untersuchen, ob ein bestimmter Nährstoff rasch verwertbar ist, oder erst im Laufe der Zeit im Boden in resorbierbare Form transformiert wird. Die sog. Momentanwirkung (im Falle rascher Verwertbarkeit) steht der Nachwirkung (im Falle langsamer, also nachwirkender Mobilisierung) gegenüber. Diese beiden zeitbedingten Wirkungsarten entscheiden über den zu fordernden Zeitpunkt der Düngung. Die Momentanwirkung beruht meist auf der Ionenform der pflanzlichen Nährstoffe. Die Ionen sind klein und vermögen rasch die Wurzelzelle zu permeieren. Nachwirkung zeigen dagegen Düngemittel, deren Nährstoffe in schlecht resorbierbarer Form vorliegen und erst nach Massgabe ihrer biochemischen oder chemischen Mobilisierung durch die Wurzeln aufnehmbar werden. (Mikrobielle Mineralisation der Nährstoffe, langsame Lösung an sich schwerlöslicher Düngesalze [Phosphate] durch Lösungsgenossen oder durch Umtauschreaktionen an den Grenzflächen der Bodenteilchen [Wasserstoff-Nährionenumtausch].)

Der sekundäre Einfluss eines Düngemittels auf die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften ist bei der Bewertung zu berücksichtigen. Es sei an die vielen günstigen Nebeneffekte einer richtig angewendeten Kalkung erinnert, die nicht allein die Bodensäuren abstumpft, sondern auch die physikalische Auflockerung schwerer Böden, wie auch die mannigfachen Nährstoffmobilisierungen (durch Umtauschreaktionen) bewirken kann. Sie beeinflusst ferner die biochemische Aktivität (siehe unten).

Organische Dünger haben vielfach, ungeachtet ihres chemischen Düngewertes, einen günstigen Einfluss auf die Verbesserung der physikalischen Bodenverhältnisse. Der Bauer kennt die günstige Wirkung des Stallmistes, der Gärtner jene des Torfmulls auf das Gefüge seines Boden. Er bessert den Wasserhaushalt und die biochemische Aktivität.

Eine schlechte Beeinflussung der Bodenstruktur kann eintreten bei der Verwendung von Mineraldüngern mit stark hydratisierten und wenig koagulationskräftigen Ionen. So dispergiert oft das Na-ion in höhern Konzentrationen die Krümel und setzt den Boden einer Gefahr der Verschlämmung, Verkrustung und biochemischen Inaktivierung aus.

Organische Schlammstoffe verschlechtern in vielen Fällen, bei nicht bodenangepasster Dosierung (besonders wenn sie mit viel Wasser ausgebracht werden), die Durchlüftung des Bodens. Sie verstopfen zufolge ihres Faser- und Fettreichtums die Bodenporen, führen zu Verschlämmungen und Verkrustungen (oft bei Feldberieselung mit Frisch- und Faulschlamm).

Die Bewertung eines Düngemittels hat sich ferner zu richten nach dem Einfluss auf die chemischen und hygienischen Qualitäten der Ernteprodukte, im Hinblick auf deren technische Verwertbarkeit und die tierische und menschliche Ernährung.

Durch überlegte Düngungen lassen sich Korrekturen einer technisch oder physiologisch ungünstigen chemischen Zusammensetzung der pflanzlichen Rohstoffe anbringen (Korrektur ernährungsschädigender Mineralstoffzusammensetzungen des Futters, Mangelkrankheiten bei den Haustieren).

4. Abwasser und Klärschlamm in ihrer Wirkung auf die Pflanzenproduktion und den Boden.

a) Der Chemismus des Abwassers und des Klärschlammes im Vergleich zu Gülle (Jauche) und Stallmist.

Zwischen dem Chemismus der verschiedenen Abwässer und ihrer Schlammfraktionen bestehen grosse Unterschiede. Ein Abwasser ändert seine chemische Zusammensetzung während der verschiedenen Tageszeiten. Lebensstandard der Bewohner, Zumischung von Regen- und Grundwasser, Industrien im Einzugsgebiet, Ausfaulungsdauer sind weitere Faktoren, die den Chemismus beeinflussen.

Tabelle 14:

Analysen von Abwasser und Klärschlamm im Vergleich zu Stallmist und unverdünnter Gülle.

a) *Abwasser g/m³*	N_{tot}	P_2O_5	K_2O	CaO	Cl'
Zürich	28	12	14	n. b	n. b
Münster i. W.	72	12	42	195	n. b
Dresden	50	15	50	n. b	150
Breslau-Schebitz	72	20	50	111	127
Dicke Gülle (Bschütti)	3000	1000	4000	n. b	n. b
Gülle unverd. unvergor.	4500	180	1720	n. b	n. b
b) *Schlamm (% der Tr.-St.)*	N_{tot}	P_2O_5	K_2O	CaO	org. St.
Faulschlamm Zürich	1,8	1,0	0,7	16	42
Frischschlamm Zürich	3,7	1,5	0,9	7,7	—
Faulschlamm Nauheim	3,2	1,0	0,2	7,9	—
Schlamm Moditten	1,8	0,9	1,8	n. b	—
Verrotteter Stallmist	2,5	1,3	3,1	2,9	—

Unter den Pflanzennährstoffen interessieren hauptsächlich: Stickstoff, Phosphorsäure und Kali. In Anbetracht der hohen Stickstoffpreise ist in erster Linie der Gehalt an Stickstoff von Bedeutung. Dieser ist im Abwasser zu rd. 70 % als Ammoniakstickstoff (bezogen auf Gesamtstickstoff) vorhanden. Als NH_4- ist der Stickstoff rasch resorbierbar, er ist bereits mineralisiert. Das Kali ist im Abwasser ebenfalls in Ionenform vorhanden und dürfte sich durch rasche Wirksamkeit auszeichnen. Die Phosphorsäure ist z. T. als Phosphation mit Momentanwirksamkeit und zum andern Teil als organischer P mit Nachwirkung vorhanden.

Durch die mechanische Trennung des frisch anfallenden Abwassers in eine grobdisperse Fraktion (den Schlamm) und eine vorwiegend kolloid- und maximaldisperse Fraktion (das geklärte Abwasser) werden nicht allein der absolute Gehalt der verschiedenen Nährstoffe, sondern auch weitgehend deren physikalisch-chemische Form beeinflusst und daher deren physiologische Bereitschaft. Im abfliessenden, mechanisch geklärten Abwasser finden sich die Hauptanteile der drei Hauptnährstoffe N, P und K in feindisperser, vorwiegend echt gelöster, also momentan wirksamer Düngeform.

Im abgesetzten Schlamm sind diese Nährstoffe teils an Schlammteilchen als Ionen adsorptiv gebunden, zum grössern Teil aber in die organischen Molekel des Schlammpartikels eingebaut. Die adsorbierten Anteile dürfen eine physiologische Verwertbarkeit zeigen, wie sie echt gelöste Ionennährstoffe aufweisen. Dies machen Versuche von H. Jenny und Cowan 1933 (19) wahrscheinlich. Anders verhält es sich mit den organisch gebundenen N- und P (und S)-Formen. Diese sind gekennzeichnet durch ihr Unvermögen, in die Pflanzenwurzeln einzudringen. Sie müssen erst mikrobiell mineralisiert und in Ionenform übergeführt werden. Diese organischen N- und P-Anteile bedingen die Nachwirkung dieser Dünger. Es ist also bei der Bewertung der Düngerqualität dieser beiden Fraktionen (Abwasser und Schlamm) zu unterscheiden, ob eine Momentan- oder aber eine Nachwirkung im Tempo der Mineralisationsprozesse gewünscht ist. Für die Wahl des Düngezeitpunktes ist dies von Bedeutung. Missachtung dieses Umstandes führt in der Praxis eventuell dazu, dem Klärschlamm fehlende Wirksamkeit zuzuschreiben, wo lediglich der Zeitpunkt der Düngung verfehlt war. Abwasserschlamm ist als nachwirkender Dünger und nicht als Kopfdünger zu bewerten; er muss im Herbst oder Vorfrühling ausgebracht werden.

Wie ist vom physiologischen Standpunkt aus die mechanische Fraktionierung des anfallenden Abwassers in Schlamm und Klärwasser zu bewerten, speziell wenn das Klärwasser dem nächsten Vorfluter (Flusslauf) überantwortet wird?

Hierzu diene die nachstehende Ueberschlagsrechnung (Tabelle 15) am Beispiel der Zürcher Kläranlage.

Tabelle 15:

Ueberschlagsrechnung zur Bilanz Abwasserdüngstoffe minus Schlammdüngstoffe im Klärwerk der Stadt Zürich:

Tägliche Abwassermenge 150 000 m³; tägliche Schlamm-Tr.-St. abgesetzt = 45 m³ (Analysen hiervon Tabelle 14)

Düngstoff	Düngstoff im Abwasser/Jahr	Düngstoff im Schlamm/Jahr	Verlust in %
N kg	$1{,}535 \cdot 10^6$	$0{,}607 \cdot 10^6$	60,4
P_2O_5 kg	$0{,}657 \cdot 10^6$	$0{,}247 \cdot 10^6$	62,4
K_2O kg	$0{,}767 \cdot 10^6$	$0{,}148 \cdot 10^6$	81,2

Durch die Abtrennung des Abwassers vom mechanisch abgesetzten Schlamm geht der Grossteil hochwirksamer Pflanzennährstoffe in die Limmat (Vorfluter) und ist für die Landwirtschaft verloren. Zum rein quantitativen Nährstoffverlust kommt noch die qualitative Verschlechterung der rückbleibenden Düngstoffe. Die mechanische Klärung des Abwassers entspricht in ihrer Wirkung der verwitterungsartigen Auslaugung der Nährstoffe aus dem Boden. Diese letzte schädigt den Bauer durch die grossen Verluste an wertvollen Nährstoffen, die erstgenannte wird in technisch gut ausgedachten Anlagen verwirklicht!

Einige andere Punkte der chemischen und morphologischen Abwasseranalyse können vom Standpunkt des Bodenkundlers und des Pflanzenbauers wie folgt bewertet werden:

1. Das Vorkommen von Kalksalzen ist günstig. Bei der Düngung korrigieren sie z. T. einseitige Anreicherungen der Na- und K-Salze in der Pflanze.

2. Die Gegenwart grosser Mengen organischer und abbaubarer Stoffe ist vorteilhaft, wenn sie richtig auf den Boden aufgebracht werden. Sie vermögen, immer unter obiger Voraussetzung, die Bodenstruktur, die Aktivität

und das Adsorptionsvermögen zu heben. Mit der Zeit werden sie mineralisiert; sie aktivieren die nützliche Mikroflora des Bodens und stellen derart ein Nachwirkungskapital dar.

3. H. Bach (1,22) weist auf die Möglichkeit einer Wachstumsstimulation durch die stets im Abwasser vorhandenen Wuchsstoffe hin (Sexualhormone). H. Bach stellt diese Wuchsstoffwirkung als Anregungswert der Abwasserdüngung in Rechnung. Dieser Faktor ist bisher noch nicht ausreichend experimentell geprüft. (Siehe auch (51).

4. Vom düngetechnischen und bodenkundlichen Standpunkt aus ungünstige Abwasserbestandteile sind: zu hohe Cl-Ionenkonzentration (mit der der Gehalt an Na gewöhnlich parallel geht), Giftstoffe aus industriellen Abwasserzuflüssen: Metallsalze, Sulfite, Säuren, Basen usw.; Unkrautsamen und Krankheitserreger; Fette und Oele verschmieren in hohen Konzentrationen die Bodenporen und Pflanzen.

Tabelle 16:

Der Fettgehalt einiger Abwässer Berlins, nach Kroll: «50 Jahre Berliner Stadtentwässerung», 1928.

Ort	Fettgehalt im m³	Bemerkungen:
Schöneberg	48 g	vorwiegend Angestellte
Neukölln	60 g	vorwiegend Industriearbeiter
Cöpenick	78 g	viele Wäschereien

b) Düngeversuche mit Klärschlamm.

Was verlangt man von einem richtig ausgeführten Düngeversuch? Methodische Fehler müssen ausgeschaltet werden, der Versuchsboden soll möglichst ausgeglichen sein. Die zufälligen Fehler sind durch Anlage von drei bis vier Versuchsparallelen zu bestimmen und aus ihrer Grösse ist die Sicherheit der Versuchsresultate zu berechnen. Erst durch die Berücksichtigung der Fehlerrechnung sind häufige Irrtümer bei der Auswertung der Versuchsresultate zu vermeiden.

Tabelle 17:

Vergleichende Düngungsversuche mit Klärschlamm (Zürich/St. Gallen), Versuchsanstalt Oerlikon (A. Volkart 1929) (24).

Juchhof: tiefgründiger, humoser, staubsandiger Ton, alkalisch.
Kempthal: humoser, schwach saurer, toniger Lehm.
Regensdorf: saurer, sandiger Lehm.
3 bis 4 fache Parallelversuche. *Grunddüngung aller Parzellen:* 80 kg P_2O_5 (Thomasmehl), 120 kg K_2O (30 % Kalisalz) pro ha.
Grunddüngung jährlich jeder Parzelle verabreicht.
Differenzdüngung = Stickstoff. Je 100 kg N in verschiedenen Formen.
Ernteergebnis in kg Trockensubstanz.
Fruchtfolge: 1921 Grünhafer, 1922 Runkeln, 1923/24 Kleegras.

Ergebnis der Oerlikoner Feldversuche mit Klärschlamm
Trockensubstanzernte von 1921 bis 1924.

	Grunddgg. absolut	Grunddgg. relativ	NH_4NO_3	Stallmist	Klärschlamm
Juchhof	26 957 kg/ha =	100	100,7	101,0	95,0
Kempttal	25 443 kg/ha =	100	98,7	100,0	95,0
Regensdorf	26 137 kg/ha =	100	101,9	106,5	98,1
	Mittel =	100	100,4	102,5	96,0

Gesamtresultat aller Stationen (Momentan-/Nachwirkung)

Periode	Grunddgg.	NH_4NO_3	Stallmist	Klärschlamm
1921 + 22	100	109,0	103,9	99,7
1923 + 24	100	95,3	101,3	93,9

Das Versuchsresultat ist recht lehrreich. Es zeigt, dass ein Boden umso weniger auf eine zusätzliche Düngung reagiert, je besser sein Vorrat an dem speziell studierten Nährstoff geäufnet ist.

Die Versuchsböden Juchhof, Kempttal und Regensdorf dürfen als Böden guter Stickstoffkondition bewertet werden. Deshalb reagieren sie selbst nicht einmal auf Zusatz von hochwirksamem Ammonsulfat. Stallmist- und Klärschlamm-Stickstoff sind ebenfalls praktisch unwirksam. Für vergleichende Versuche muss sich demnach ein Boden geringeren Stickstoffvorrates besser eignen. Die Versuchsanstalt Oerlikon wählte daher für die Topfdüngungsversuche einen kalkarmen und sandigen Lehm. Die Versuche, die in Tabelle 18 niedergelegt sind, interessieren in mehrfacher Richtung.

Die Versuche zeigen: 1. Im Topfdüngungsversuch ist durch optimale Bewässerungsmöglichkeit die Bioaktivität sehr zu steigern. Die Stickstoffmobilisierung ist beschleunigt. 2. Klärschlamm vermag eine beachtenswerte Düngewirkung auszulösen, die im speziellen Versuch die Wirkung des Stallmistes übertrifft. 3. Der Klärschlamm zeigt zufolge der künstlich gesteigerten Bioaktivität eine hohe Momentanwirkung, aber dennoch eine ausgesprochene und dem Pflanzenbauer erwünschte Nachwirkung. 4. Gegenüber der Grunddüngung haben sämtliche N-Gaben stark gewirkt: z. B. Ammonnitrat mit der zu erwartenden höchsten Momentanwirkung und der absolut fehlenden Nachwirkung. 5. Durch Kalkung wird bereits der Grundertrag ohne Zusatzdüngung von N stark erhöht. Die Differenzen zwischen den einzelnen N-Formen werden ausgeglichener, da die Mineralisierungsbeschleunigung den Stickstoff in allen Vergleichsdüngern in der Wirkung ähnlich macht.

Tabelle 18:

Topfdüngungsversuche mit Zürcher Klärschlamm. Versuchsanstalt Oerlikon (A. Volkart 1929) (24).

Versuchsboden = kalkarmer, sandiger Lehm. Klärschlamm, der gleiche wie im Feldversuch. Zwei Versuchsreihen:
a) Grunddüngung pro Topf: 2 g P_2O_5 + 3 g K_2O
b) Grunddüngung wie a) + Kalk
Fruchtfolge: 1923 Grünmais + Sommerroggen
1924 Grünhafer + Grünmais + weisser Senf
Differenzdüngung: je 1 g Stickstoff in den verschiedenen Formen (NH_4NO_3, Mist, Klärschlamm) 3 bis 4 fache Parallelen.

Ergebnisse der Topfversuche mit Klärschlamm (Versuchsanstalt Oerlikon):

	Grunddgg.	NH_4NO_3	Mist	Schlamm
A) Versuchsreihe ohne Kalk				
1923: (29,4 g)	100	255	122	184 MW
1924: (21,2 g)	100	75,4	133	131 NW
Jahre 1923 24:	100	180	128	162
B) Versuchsreihe mit Kalk				
1923: (42,1 g)	100	147	120	137 MW
1924: (25,0 g)	100	98	140	127 NW
Jahre 1923/24:	100	129	128	133

MW = Momentanwirkung, NW = Nachwirkung.

Bestehen Unterschiede in der Wirksamkeit des Klärschlamm-Stickstoffs, wenn dieser getrocknet oder nass zur Verwendung kommt? Sowohl in den Oerlikoner Versuchen als auch bei den Untersuchungen von S. Duxbury (25) in Bedford (England) wird der nasse Klärschlamm als wirkungsvoller als der getrocknete bewertet.

Tabelle 19:

Vergleichende Düngungsversuche mit Feucht- und Trockenschlamm nach S. Duxbury, Bedford, England, 1927 (25).

	Luftgetrockneter Schlamm 28 % HOH	Nass-Schlamm 95 % HOH
1. Jahr	38 % Mehrertrag	85 % Mehrertrag
2. Jahr	87 % „	153 % „
3. Jahr	52 % „	94 % „

Mit dem Trocknen des Schlammes geht offenbar eine Alterung der Schlammkolloide vor sich, wie sie dem Kolloidchemiker bei organ. Mizellen gut bekannt ist. Damit geht eine festere Packung und Bindung des Stickstoffs parallel, die eine verminderte Ausnutzung zur Folge haben (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20:

Die Ausnützbarkeit des N im Klärschlamm (Salpeter-Stickstoff = 100) (24, 26).

Nach Versuchen von:	ausgefaulter Schlamm feucht	ausgefaulter Schlamm getrocknet
Versuchsanstalt Oerlikon	40 %	30 %
Versuchsanstalt Möckern-Leipzig	20 %	5—10 %
Lemmermann-Berlin (Fäkaldg.)	23 %	

Düngeversuche mit Frisch- und Klärschlamm.

Es herrscht fast allgemein die Ansicht vor, dass Frischschlamm für die Düngung ungeeigneter sei als ausgefaulter Klärschlamm. Dabei ist aber zu unterscheiden zwischen Düngewirkung an sich und den mannigfaltigen Nebenwirkungen einer Schlammdüngung, wie Verunkrautung oder Verfilzung der Bodenoberfläche durch unausgefaulte Faserstoffe und Fett. Der Klärtechniker wie auch der Bauer schätzen als Vorteil des Faulschlamms gegenüber dem Frischschlamm, dass er wasserärmer, unkrautärmer, geruchloser, besser streufähig, bei gleichem Wassergehalt dünnflüssiger, weniger sperrig und ärmer an bodenporenverstopfenden Fett- und Faserstoffen ist. Ueber die reine Düngewirkung hat Fr. Sierp (27) in Essen 1924 Düngeversuche angestellt, die in Tabelle 21 angeführt werden.

Es ist zu bedauern, dass dieser Düngeversuch nur in einfacher Ausführung vorliegt, dass also die Unterschiede zwischen der Düngewirkung des Faulschlamm- und Frischschlamm-N nicht durch den Mittelfehler in ihrer Realität bewertet werden können.

Es besteht die Tendenz, dass Faulschlamm in seiner Wirkung dem Frischschlamm hinsichtlich der Momentanwirkung überlegen ist. Setzt man aber fiktive Mittelfelder, wie sie aus Felddüngungsversuchen anderer Autoren gefunden wurden, in Rechnung, so liegen die Differenzen zwischen Frisch- und Faulschlamm, mit Ausnahme des Kartoffelversuches, innerhalb der Versuchsfehler. Sicher geht aber aus den Sierpschen Versuchen hervor, dass sowohl

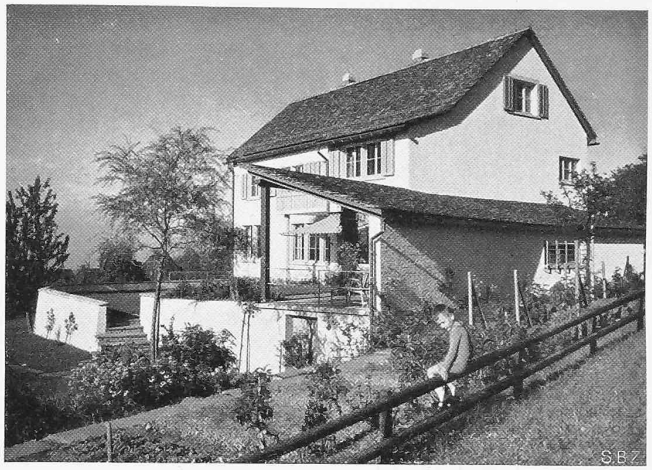


Abb. 1. Ansicht von der Zufahrtstrasse, aus NW. Haus Dir. v. B. in Witikon. — Arch. KÜNDIG & OETIKER, Zürich. Abb. 2. Ansicht aus Osten.

Frisch- wie Faulschlamm gegenüber den ungedüngten Parzellen einen namhaften Mehrertrag hervorbringen können. Die Ausführung des Versuches in drei bis vier Parallelen und das Studium der möglichen Nachwirkung hätten diese Untersuchung sehr bereichert.

Tabelle 21: Düngungsversuche mit Frisch- und Faulschlamm (Versuchsansteller: Fr. Sierp, 1924/25).

Feldparzellen 6 × 5 m. Keine Parallelen.
Ernteerträge in kg N rd. 140 kg/ha, P_2O_5 20 kg ha, K_2O 40 kg/ha

	Klärschlammdüngung		
Feldfrucht	frisch	faul	Ungedüngt
a) Möhren	103 kg	106 kg	93 kg
b) Wirsing	59 „	66 „	42 „
c) Rotkohl	68 „	73 „	61 „
d) Rüben	450 „	465 „	420 „
e) Kartoffeln	100 „	119 „	89 „
Unkrautdichte in a)	370 %	153 %	100 %

c) Düngeversuche mit Abwasser (Verregnung und Berieselung).

I. Allgemeines.

Bei der direkten landwirtschaftlichen Verwertung des Abwassers hält es in den meisten Fällen sehr schwer, den eigentlichen Wasserwert vom Düngewert zu trennen (34, 35). Die meisten exakten Düngungsversuche durch Abwasser-Verregnung und -Berieselung stammen aus Gebieten mit relativ geringen klimatischen Befeuchtungswerten, wo eine zusätzliche Bewässerung für die Ertragssteigerung vorteilhaft ist.

Vom physiologischen und düngetechnischen Standpunkt aus ist grundsätzlich zu bemerken, dass die Verwertung des Abwassers derjenigen des Klärschlammes vorzuziehen ist. Die ökonomischere Ausnutzung der täglich anfallenden Düngerstoffe, ihre bessere Wirksamkeit zufolge der vorwiegend mineralischen Form und der zusätzliche Wasserwert sprechen dafür. Selbst unter Befeuchtungsverhältnissen des schweizerischen Mittellandes (Niederschläge bis 1400 mm, 8° mittlere Jahrestemperatur und eine relative Feuchtigkeit von 75 %) sind zusätzliche Bewässerungen von 200—500 mm, besonders wo es sich um düngende Bewässerungen handelt, nützlich, zum mindesten aber ungefährlich. Dieser lediglich vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus vertretenen Ansicht können verschiedene, z. T. stichhaltige Einwände entgegengehalten werden:

1. In Gebieten mit schweren Böden besteht bei nicht richtiger Abwasserdosierung Verschlämmungsgefahr. Bei Böden mit über 40 % Abschlämmbarem soll diese Gefahr akut sein (29). Eine richtig ausbalancierte, den Kulturen, dem Boden und dem Klima angepasste Düngebewässerung kann aber diese Uebelstände weitgehend verhindern, besonders wenn zusätzlich Kalkungen vorgenommen werden. Verstopfung der Bodenporen mit Fett oder Faserstoffen wird bei richtiger Wasserdosierung nicht gemeldet. Fettfänger sind angezeigt. Am besten eignen sich für direkte Abwasserverwertung leichtere Böden mit tiefem Grundwasserstand (36).

2. Die direkte Verwendung des Abwassers kann zur starken Verunkrautung führen. Diese Gefahr besteht sicher, lässt sich aber durch geeignete Unkrautfallen (Bewachsung und zeitigen Schnitt der Kanalufer) bekämpfen. Hackfrüchte verlangen aber dessenungeachtet einen etwas stärkeren Aufwand an Reinigungsarbeit (28).

3. Die Abwasserdüngung von Wiesen ist in Gebieten, wo Verkehrs- und Käsereimilch produziert werden, wohl im Sinne des schweizerischen Milchlieferungsregulativs vom 1. Juli 1934, Art. 4, nur vor Vegetationsbeginn und kurz nach dem Schnitt gestattet. Sie wird voraussichtlich die gleiche rechtliche Stellung einnehmen wie die Gülledüngung.

4. Die Kulturen können bei zusätzlicher Bewässerung gegen Krankheitsanfall, besonders in an sich schon humiden Gebieten, empfindlicher werden. Die richtige Sortenauslese kann hier Abhilfe schaffen.

Abb. 5. Kaminecke im Herrenzimmer, gegen das Esszimmer.

Abb. 5. Blumenfenster vor dem Esszimmer, gegen die Gartenterrasse.

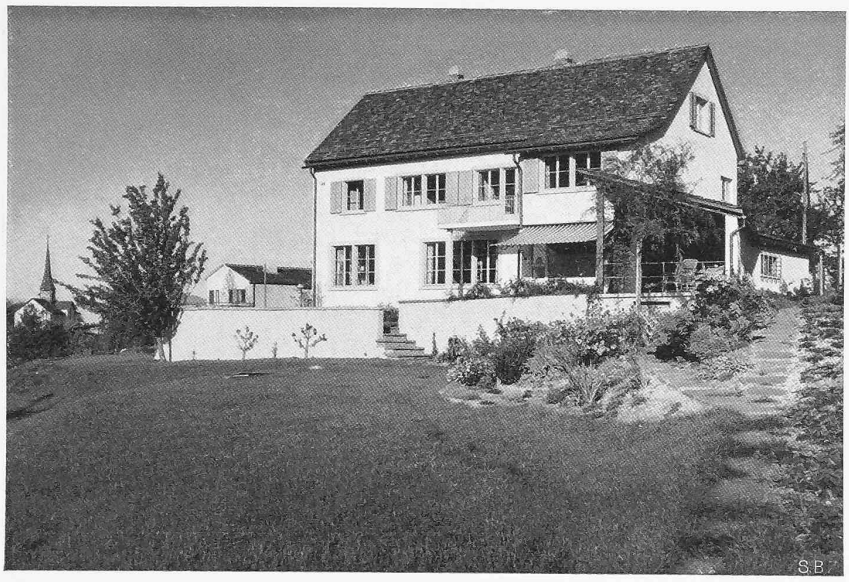


Abb. 3. Haus Dir. v. B. in Zürich-Witikon, aus Südost. — Arch. Kündig & Oetiker, Zürich.

5. Belästigung durch Geruch und Fliegen wird befürchtet. Wo das Abwasser sofort mit dem Boden in Kontakt kommt, ist diese Gefahr unwesentlich. Nur stagnierende Abwässer oder grössere Kanäle zeigen diesen Uebelstand. Abwasserverregnungen in nur 100 m Entfernung von Wohnhäusern, wurden nicht beanstandet (Bethel, Tapiau usw.). Hygienische Bedenken wegen allfälliger Verschmutzung und Infektion der Ernteprodukte (Gemüse z. B.) scheinen unberechtigt (Strafanstalt Lenzburg [28, 29]) (5, Bd. II, S. 115). Die Voraussetzung hierfür ist die rechtzeitige Einstellung der Verregnung vor der Ernte (1 bis 3 Wochen).

Voraussetzung jeder optimalen Abwasserdüngung ist die richtige Dosierung. Durch Ueberlastungen der Flächen mit Abwasserstoffen treten die mannigfachen Uebelstände auf, die wir kurz erwähnten; dazu kommt ferner die Verlangsamung der Zersetzung und Mineralisierung der organischen Stoffe, zufolge der Verschlechterung der physikalischen Bodenverhältnisse.

Tabelle 22. Gute Ausnutzung der Abwasser-Dungstoffe verlangt mässige Flächenbelastung. Pro ha sollte nur verwendet werden Abwasser von:

65	Personen	nach	Schneider	(1931)
100	»	»	Wolter	(1930)
100	»	»	Vincent	(1926)
100	»	»	Rothe	(1929)
75	»	»	Kreuz	(1929)

Auf den Riesel- und Verregnungsfeldern werden pro ha jedoch verteilt:

Tapiau und Allenberg (Ostpr.)	Abwasser	von	25	Personen
Delitzsch	»	»	144	»
Danzig	»	»	250	»
Berlin	»	»	270	»
Breslau	»	»	450	»
Oels (Schlesien)	»	»	580	»
Berlin-Wannsdorf	»	»	1050	»

Eine Ueberdosierung mit ihren schädlichen Folgen ist in vielen Fällen vorhanden.

Die bestmögliche und ökonomischste Ausnutzung des Abwasserdüngers wird in der Praxis bis heute oft verunmöglicht durch den Mangel an bewässerbaren Flächen. Genügende Flächen zur Verwertung des Abwassers liessen sich eventuell auf genossenschaftlicher Grundlage erhalten — ein Weg, der in Deutschland mit Erfolg beschritten wurde (Delitzsch). (Schluss folgt.)

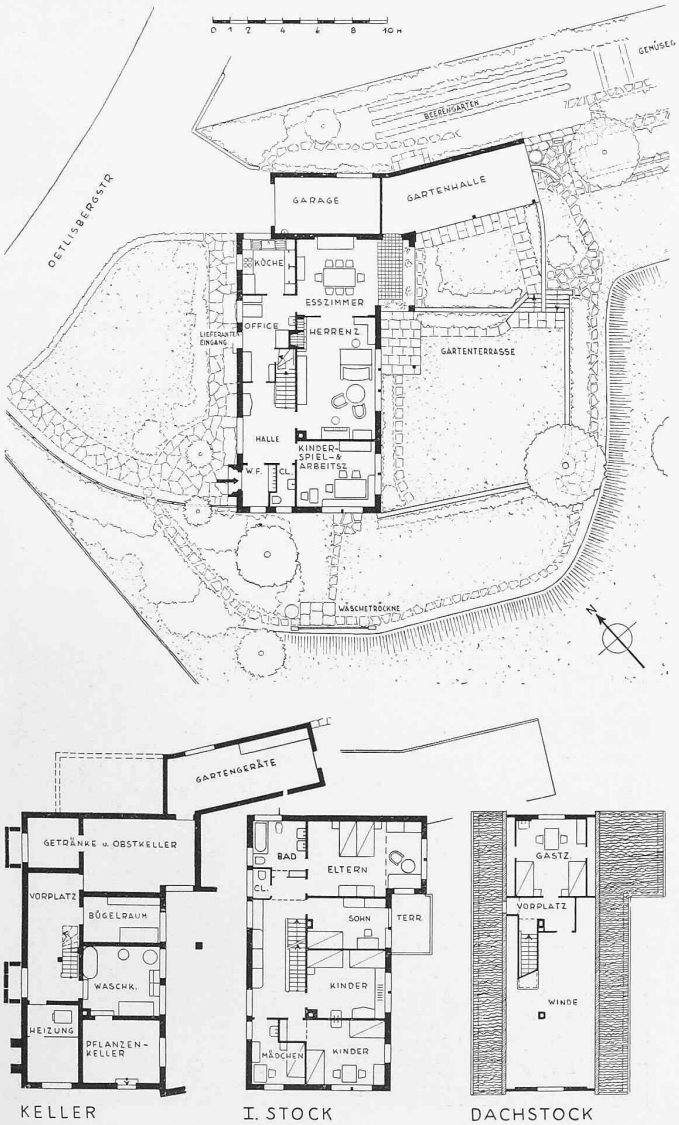


Abb. 4. Grundriss und Gartenplan 1 : 400 zum Hause Dir. v. B.

Neuere Bauten der Arch. Kündig & Oetiker, Zürich

Auf der aussichtsreichen Höhe von Witikon, einem Bergsattel zwischen Zürichberg und der Forch südöstlich der Stadt, haben die Arch. Kündig & Oetiker in den letzten Jahren verschiedene Bauten errichtet, die alle das Bestreben zeigen, sich der noch halbländlichen Gegend mit ihrem weithin sichtbaren Kirchlein (Abb. 3, am Bildrand links) anzupassen, nicht aus dem Rahmen zu fallen. Den Mitteilungen der Architekten entnehmen wir folgende nähere Angaben.

Wohnhaus Direktor v. B. an der Oetlisbergstrasse (Abb. 1 bis 6)

Das langgestreckte, rechteckige, etwa 3000 m² grosse Grundstück, ein nach Süden und Osten leicht geneigter Abhang am Oetlisberg, muss als idealer Bauplatz gewertet werden, der immerhin den Nord- und Westwinden stark ausgesetzt ist. In Südostrichtung hat man die prachtvolle Aussicht in die Urner- und Glarnerberge mit den lieblichen Bodenwellen des Kapf- und Forchgebietes im Vordergrund. Gegen Südwesten erblickt man die Häuser der Witikoneroberdorfes mit einem Zipfel des Sees. Ueber die Albiskette strahlen an klaren Tagen die Berneralpen herüber. Die Stellung des Hauses war somit gegeben: Hauptfront nach Südosten, dem Wind und Regen abgekehrt und als Schutz gegen die Nordwinde eine vorgeschobene Gartenhalle (Vergl. Situation und Grundrisse).

In konstruktiver Beziehung waren keine ausserordentlichen Probleme zu lösen; den vielen Wünschen der Bauherrschaft konnte mit wenig Ausnahmen Rechnung getragen werden, wobei jede Kleinigkeit der Ausführung grösstenteils schon beim Aufstellen des Voranschlages in gemeinsamen Aussprachen abgeklärt wurde. Wände und Decken des Kellergeschosses sind Beton, die Aussenwände der obern Geschosse sind, 35 cm stark, mit Isoliersteinen ausgeführt, alle innern Wände aus Backstein. Die Decken über Erdgeschoss und I. Stock haben Holzgebälk; Dächer alte Biberschwänze und Schindelunterzug, flache Teile mit Asphaltpappeisolierung. In der Gartenhalle ist der Schindelschirm sichtbar, lasiert; die Tragkonstruktion gehobelt und gestrichen. Von den sechs Schlafzimmern haben fünf Toiletten mit Kalt- und Warmwasser; die Wasserleitungen wurden in Kupfer installiert.