

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Über die Ausnutzung des Stickstoffs in den festen und flüssigen Ausscheidungen von Pferd, Rind und Schaf bei einem Anbauversuche mit Buchweizen

Bodecker, Adolf von

1899

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Shelf Mark: DissB 20

Die Versuchsergebnisse im Vergleiche zu den Ergebnissen ähnlicher
Versuche.

[urn:nbn:de:hbz:38m:1-154605](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:38m:1-154605)

Die im vorliegenden Abschnitte erfolgten Ausführungen haben namentlich den Zweck, die Beurteilung praktischer Düngungsfragen, zu denen demnächst übergegangen werden soll, zu erleichtern.

Die Versuchsergebnisse im Vergleiche zu den Ergebnissen ähnlicher Versuche.

Bei der Betrachtung des Zahlenmaterials, welches zur Illustration der Versuchsergebnisse dient, wird sich die Frage aufwerfen, ob der ganze Versuch auch exakt ausgeführt ist und ob besonders die Pflanzen wesentlich unter denselben Bedingungen gewachsen sind wie auf dem Acker. Auch der Vorwurf liegt nahe, dass in den unten geschlossenen Vegetationsgefässen doch wohl die Durchlüftung des Bodens eine mangelhafte gewesen und daher die Umsetzung der organischen Düngemittel nicht in normaler Weise von statten gegangen wäre.

Es sollen daher jetzt Beweise dafür gegeben werden, dass der Teil des Versuchs, welcher vor dem Vegetationshause ausgeführt ist, als vollständig geglückt betrachtet werden muss, so dass die Ergebnisse desselben für die Landwirtschaft recht wohl zu verwerten sind. Schon der Umstand, dass die mit einer gleichartigen Düngung versehenen Vegetationsgefässe immer nicht allzu stark von einander abweichende Ernten an organischer Substanz und darin annähernd die gleichen Quantitäten an Stickstoff geliefert haben,¹⁾ giebt eine gewisse Garantie für den Wert der Versuchsergebnisse.

Wenn auch zugegeben werden muss, dass in den Gefässen der Abteilung A die Zirkulation der Luft noch stärker gewesen sein würde, wenn dieselben unten eine Öffnung gehabt hätten, so ist, was gerade für den vorliegenden Versuch eine grosse Bedeutung hat, doch die Erde in diesen Gefässen der atmosphärischen Luft so hinreichend exponiert gewesen,

¹⁾ Siehe Tabelle VII, p. II des Anhangs.

dass die Umsetzung der organischen Düngemittel bei der Gegenwart von kohlensauerem Kalk in durchaus normaler Weise hat stattfinden können. Es geht dieses einestheils daraus hervor, dass das zum Begiessen benutzte Wasser stets Luft aus dem Boden verdrängt hat¹⁾, andernteils daraus, dass, wie schon früher erwähnt ist, die in den unten geschlossenen Vegetationsgefässen gezogenen Pflanzen etwa bis zum 22. Juni eine genau so gute Entwicklung gezeigt haben wie diejenigen in Abteilung B, also in den unten offenen Cylindern, deren Boden doch sicher genügend durchlüftet war.

Vor dem eben bezeichneten Termine konnte ein Unterschied in der Entwicklung der mit einer gleichartigen Düngung versehenen Pflanzen der Abteilung A gegenüber den Pflanzen der Abteilung B nicht konstatiert werden. Überhaupt hätte jeder Landwirt bei einer Besichtigung der Pflanzen, gleichviel, aus welcher Art von Gefässen sie hervorgewachsen, das Urteil abgeben müssen: „Der Buchweizen macht nicht den Eindruck, als ob er in einem Boden wurzelt, welcher der Luft nicht recht zugänglich ist.“

Auf S. 22 u. 23 war schon unter Bezeichnung der Gründe hervorgehoben, dass derjenige Teil des Versuchs, welcher mit Hülfe der beiderseits offenen Cylinder im gewöhnlichen Gartenbeete angestellt war, zur direkten Beantwortung der auf S. 1 angeführten Frage allerdings nicht zu benutzen ist, wovon man sich aus der zunächst folgenden Tabelle leicht überzeugen kann. Es war ferner aber auch darauf hingewiesen, dass die Art der Versuchsanstellung, welche ich beim Anbau der Pflanzen an der eben erwähnten Stelle befolgt hatte, mir trotzdem von nicht geringem Nutzen gewesen ist. Vor allem hat sich, dank den beiden verschiedenen Versuchsmethoden, nebenbei noch herausgestellt, dass man Buchweizen, der mangelhaft mit Stickstoff ernährt ist und daher küm-

¹⁾ Bei der Versorgung der Pflanzen mit Wasser wurde überhaupt immer mit der grössten Sorgfalt darauf geachtet, dass dasselbe die Poren des Bodens niemals ganz anfüllte, sondern der Luft noch viel Platz liess.

merlich steht, noch zu Anfang seiner Blütezeit durch eine Kopfdüngung mit Chilisalpeter ganz ausserordentlich kräftigen kann, vorausgesetzt, dass dieses Salz unter Vorsichtsmassregeln angewandt wird, die eine Beschädigung der zarten Pflanzen und vor allen Dingen ihrer Blüten ausschliessen, und dass ferner die Kopfdüngung bei dem Boden keine Krustenbildung veranlasst, sondern dass ausgiebige Niederschläge dafür sorgen, das Salz schnell zu lösen und den Wurzeln zuzuführen.

Vergegenwärtigt man sich, dass die Pflanzen vornehmlich während ihrer Blütezeit dazu befähigt sind, Nährstoffe aufzunehmen, so wird man es selbstverständlich finden, dass der Buchweizen für eine ihm verhältnismässig spät gegebene Kopfdüngung mit leicht löslichen, direkt assimilationsfähigen Salzen sehr dankbar sein kann. Pflügt doch der Buchweizen meistens 25—35 Tage ohne Unterlass zu blühen, während bei unserem Halmgetreide die Blüteperiode der Hauptsache nach nur einige Tage andauert.

Die Ergebnisse der von mir ausgeführten Versuche sind eine Bestätigung für die oben ausgesprochene Ansicht. Zu Folge der Beobachtung, dass der Buchweizen der Abteilung B erst von der Zeit an ganz ausserordentlich zu wachsen anfang und die Pflanzen in den unten geschlossenen Gefässen in der Produktion von organischer Substanz ganz bedeutend überholte, nachdem seine Wurzeln aus dem Sandboden der Vegetationscylinder in die fruchtbare Gartenerde eingedrungen waren und sich die Nitrate derselben erschlossen hatten, — es geschah dieses etwa vom Sichtbarwerden der ersten Blüten an, — lässt sich wohl kaum daran zweifeln, dass man unter günstigen Bedingungen etwa denselben Effekt durch eine Kopfdüngung mit Chilisalpeter hervorbringen kann, wenn dieses Düngemittel auch erst bei Beginn der Blüteperiode des Buchweizens ausgestreut wird. Es steht aber auch wohl ausser Frage, dass man durch eine solche Massnahme die Ernte und ebenfalls den Reinertrag des Anbaues dieser Kulturpflanze unter Umständen ganz bedeutend steigern kann.

Die folgende Tabelle enthält die Übersicht über die

Erträge, welche an lufttrockener Pflanzenmasse aus den beiderseits offenen Cylindern im Vergleiche zu den Erträgen aus den unten geschlossenen Vegetationsgefäßen gewonnen sind. Die in der letzten Kolumne dieser Tabelle verzeichneten Mehrerträge an organischer Substanz haben allerdings ihren Grund mit in dem Stickstoffvorrat, der in den 20 kg Sandboden ursprünglich enthalten war, welche die zuerst genannten Vegetationsgefäße mehr fassten als die anderen, zum grössten Teile aber doch infolge der Nitate, die der Buchweizen erst vom Beginne seiner Blütezeit an aus dem Untergrunde aufgenommen hat.

Tabelle IV.
Übersicht der nach den Versuchsmethoden A und B gewonnenen Erträge
an lufttrockener Pflanzenmasse.

Versuchsabteilung A.				Versuchsabteilung B.			
Unten geschlossene Vegetationsgefäße, mit 20 kg Sand gefüllt und in den auf Wagen befindlichen Beeten untergebracht.				Unten offene Vegetationsgefäße, mit 40 kg Sand gefüllt und in einem gewöhnlichen Gartenbeete untergebracht.			
Nr. der Vegetations- gefäße	Art des Düngers	Lufttrockene Pflanzen- masse		Nr. der Vegetations- gefäße	Art des Düngers	Lufttrockene Pflanzen- masse	
		von den einzel- nen Vegetations- gefäßen	im Mittel von drei Vegetations- gefäßen			von den einzel- nen Vegetations- gefäßen	im Mittel von zwei Vegetations- gefäßen
							Auf Kosten der in dem grösseren Quantum von Sand und im Untergrunds- boden des Gartens befind- lichen Stickstoffvorräte sind im Vergleiche zu Versuchsabteilung A im Mittel Mehrerträge an lufttrockener Pflanzen- masse gewonnen
							pro Gefäss g
							pro ha kg
4	Ohne Stickstoff- düngung	7,19		4	Ohne Stickstoff- düngung	55,55	
12	" "	7,76	6,96				58,740
20	" "	5,92		8	" "	61,93	
							51,780
6	Rinderkot	8,78		6	Rinderkot	60,25	
9	"	8,84	8,51				57,185
13	"	7,92		13	"	54,12	
							48,675
1	Pferdekot	11,10		5	Pferdekot	54,23	
19	"	9,30	10,60				56,340
22	"	11,39		14	"	58,45	
							45,740
3	Schafkot	10,94		7	Schafkot	56,29	
7	"	8,30	9,79				58,005
21	"	10,13		12	"	59,72	
							48,215
5	Rinderharn	31,05		2	Rinderharn	62,52	
14	"	27,79	29,35				64,110
16	"	29,20		10	"	65,70	
							34,760
11	Pferdeharn	31,23		1	Pferdeharn	65,82	
17	"	28,46	29,39				65,290
23	"	28,48		11	"	64,76	
							35,900
2	Schafharn	33,26		3	Schafharn	60,14	
8	"	33,72	32,72				67,445
15	"	31,17		9	"	74,75	
							34,725
10	Schafharn u. -kot	21,96		Zu Nr. 10, 18 und 24 der Versuchsabteilung A ist der korrespondierende Versuch nicht ausgeführt.			
18	" "	17,40	19,84				
24	" "	20,17					

Es soll nunmehr die Beschreibung der Versuchsergebnisse erfolgen, welche bei Benutzung der unten vollständig geschlossenen Vegetationsgefäße gewonnen sind und unser Interesse fast ausschliesslich in Anspruch nehmen. Zu diesem Zwecke habe ich, um ein möglichst klares, übersichtliches Bild zu liefern, unter Vermeidung überflüssigen Zahlenballastes, nur die wichtigsten Daten in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle V.
Erträge vom Buchweizen im Mittel von je drei unten geschlossenen Vegetationsgefässen.

Art des Düngers	Lufttrockene Pflanzenmasse g	Trockensubstanz %	Trockensubstanz g	Stickstoff in der lufttrockenen Pflanzen- masse %	Stickstoff in der ganzen Ernte g	Pro Gefäß sind im Ver- gleiche zu „Ungedüngt“ mehr produ- ziert an		Von 0,2826 g des durch die Düngung gegebenen Stickstoffs sind in die Ernte übergegangen g	Verhältniszahlen		
						lufttrockener Pflanzen- masse g	Trockensubstanz g		100 g des durch die Düngung gegebenen Stickstoffs haben im Ver- gleiche zu „Ungedüngt“ einen Mehr- ertrag geliefert von		Von 100 g Düngerstickstoff sind in die Ernte übergegangen g
									luft- trockener Substanz g	von Trocken- substanz g	
Ohne Stick- stoffdüngung	6,9567	91,29	6,3504	1,6430	0,1143	—	—	—	—	—	—
Rinderkot	8,5133	91,52	7,7916	1,4976	0,1275	1,5566	1,4412	0,0132	550,81	509,98	4,6709
Pferdekot	10,5967	90,84	9,6258	1,2749	0,1351	3,6400	3,2754	0,0208	1288,05	1159,02	7,3602
Schafkot	9,7900	90,38	8,8475	1,2141	0,1189	2,8333	2,4971	0,0046	1002,58	883,62	1,6277
Rinderharn	29,3467	92,78	27,2300	1,1282	0,3311	22,3900	20,8796	0,2168	7922,86	7388,39	76,7162
Pferdeharn	29,3900	92,74	27,2551	1,1688	0,3435	22,4333	20,9047	0,2292	7938,18	7397,28	81,1040
Schafharn	32,7167	91,43	29,9130	1,0973	0,3590	25,7600	23,5626	0,2447	9115,36	8337,79	86,5888
Schafharn u. -kot	19,8433	90,46	17,9502	1,1193	0,2221	12,8866	11,5998	0,1078	4560,01	4104,67	38,1458

Die in den beiden letzten Kolumnen vorstehender Tabelle mitgeteilten Zahlen zeigen, dass der Stickstoff aller drei Harnarten sehr schnell und bedeutend zur Wirkung gekommen ist. Denn obgleich vom Augenblicke der Ausscheidung dieser Stoffe an bis zur Verwendung als Dünger nur 6 resp. 8 Tage verflossen waren und obgleich der Buchweizen schon 59 Tage nach seiner Einsaat geerntet wurde, waren doch im Durchschnitte der Versuche von 100 Teilen des durch die drei Harnarten gegebenen Stickstoffs 76,7162 bis 86,5888 Teile in den Buchweizen übergegangen, und 100 Teile Düngerstickstoff haben 7388,39 bis 8337,79 Teile lufttrockene Pflanzensubstanz erzeugt.

Der Stickstoff aller drei Harnarten hat demnach bei einer Kulturpflanze mit sehr kurzer Vegetationszeit eine Wirkung geäußert, wie man sie im allgemeinen von einem direkt assimilationsfähigen stickstoffhaltigen Düngemittel, z. B. von dem Chilisalpeter, kaum günstiger erwarten kann. So fanden Beseler und Märcker¹⁾ bei den von ihnen ausgeführten Felddüngungsversuchen, dass von 100 Teilen Stickstoff, der in Form von Chilisalpeter zu Hafer verwandt war, 31,1 bis 98,3 Teile Stickstoff in den Ernteprodukten wieder gewonnen wurden. P. Wagner²⁾ nimmt an, dass die Pflanzen, wenn durch Regen keine Stickstoffverluste eintreten, im stande sind, von je 100 Teilen in den Boden gebrachten Salpeterstickstoffs die folgenden Mengen zur Produktion von Erntesubstanz zu verarbeiten:

Kartoffeln, Möhren, Rüben	90 Teile
Hafer, Lein	75 „
Gerste, Sommerweizen, Sommerroggen	60 „
Rübsen, Senf	55 „

¹⁾ Zeitschrift des landwirtschaftl. Centralvereins der Provinz Sachsen, 1883.

²⁾ P. Wagner, Die Stickstoffdüngung der landwirtschaftl. Kulturpflanzen, Berlin 1892, p. 103.

G. Rudolf¹⁾ fand bei seinen im Jahre 1896 angestellten Düngungsversuchen, dass der Hafer von 100 Teilen des ihm durch Chilisalpeter gegebenen Stickstoffs 63,63 Teile aufgenommen hatte und dass durch 100 Teile Salpeterstickstoff 4329 Teile Trockensubstanz produziert waren.

Der in so hohem Masse günstige Einfluss des Harnstickstoffs auf die Entwicklung des Buchweizens erscheint jedoch erklärlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass, wie schon auf S. 31—33 näher beschrieben ist, der Stickstoff des Harns unter geeigneten Bedingungen im Boden sehr schnell in Ammoniak und Nitrate übergeführt und dadurch zur Aufnahme seitens der Kulturpflanzen geeignet gemacht wird.

Von 100 Teilen des durch die Düngung gegebenen Stickstoffs wurden in der Ernte zurückgewonnen nach der Verwendung von

Schafharn . .	86,59	Teile Stickstoff
Pferdeharn . .	81,10	" "
Rinderharn . .	76,72	" "

Der Buchweizen produzierte nach der Düngung mit 100 Teilen Stickstoff, gegeben durch

Schafharn . .	8338	Teile Trockensubstanz
Pferdeharn . .	7397	" "
Rinderharn . .	7388	" "

Demnach hat der Stickstoff des Schafharnes eine stärkere Wirkung geäußert als derjenige des Pferde- und des Rinderharnes. Zufolge einer älteren, bekannten Lehre dürfte mancher geneigt sein, dieses darauf zurückzuführen, dass der Schafharn, dank seines durchschnittlich höheren Stickstoffgehalts, schneller der Zersetzung unterliegen und so für die höheren Pflanzen assimilierbare Stickstoffverbindungen schneller liefern soll als die anderen Harnarten. Eine solche Begründung ist für meinen Versuch aber schon deshalb ausgeschlossen, weil der zu demselben verwandte Schafharn, wie aus Tabelle II, S. 12, ersichtlich ist, einen

¹⁾ G. Rudolf, Die Wirkung des Stickstoffs in den festen und flüssigen Auswurfstoffen von Rind, Pferd und Schaf bei einem Feldkulturversuche mit Hafer, Bautzen 1897, p. 46.

geringeren Stickstoffgehalt besass als die flüssigen Ausscheidungen der beiden anderen Tierarten.

Meiner Ansicht nach ist die im Vergleiche zu den beiden anderen Harnarten stärkere Düngewirkung des Stickstoffs vom Schafharn wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass der letztere fast seinen ganzen Stickstoff in der Form von Harnstoff enthält.

Es darf aber wohl angenommen werden, dass bei der im Boden stattfindenden Umsetzung des Harnstoffs zu Ammoniak der Regel nach nicht so grosse Stickstoffverluste stattfinden wie bei der Umwandlung der Hippursäure in dieselbe Stickstoffform, weil der Harnstoff durch Aufnahme von zwei Molekülen Wasser direkt in Kohlensäure und Ammoniak übergeht, während die Hippursäure bei der Gärung des Harns erst auf Umwegen in Ammoniak übergeführt wird. So zerfällt sie nach der Aufnahme von zwei Molekülen Wasser zunächst in Glykokoll und Benzoësäure, von denen jenes bei seiner Zersetzung noch verschiedene, bis jetzt nicht genau erforschte Produkte ergibt, aus denen schliesslich das Ammoniak resultiert.¹⁾

Ist von den bei meinen Versuchen benutzten flüssigen Ausscheidungen die Düngewirkung des Stickstoffs des Rinderharns am geringsten gewesen, so ist dies vielleicht darauf zurückzuführen, dass diese Harnart, welche nur von einer einzigen Kuh stammte, im Vergleiche mit den beiden anderen Harnarten einen höheren Anteil des Stickstoffs in Form von Hippursäure enthalten hat.

Ebenso dürfte auch der verwendete Pferdeharn betreffs der Ausnutzung seines Stickstoffs durch die Buchweizenpflanze wohl aus dem Grunde eine Mittelstellung zwischen dem Schaf- und Rinderharn eingenommen haben, weil er auch in Bezug auf das Verhältnis von Hippursäure zu Harnstoff zwischen diesen beiden Harnarten gestanden haben wird.

Ein Vergleich der von mir erhaltenen Ergebnisse mit den von anderen Versuchsanstellern gewonnenen ergibt folgendes:

¹⁾ E. Heiden, Lehrbuch der Düngerlehre, II. Band, Hannover 1887, p. 31.

G. Rudorf¹⁾ fand, dass der bei seinen Versuchen angebaute Hafer nach der Düngung mit 100 g Harnstickstoff gegenüber „ungedüngt“ folgende Mehrerträge lieferte:

Tabelle VI.

Nach der Düngung mit:	Trockensubstanz			Stickstoff		
	inStroh, Stop- peln u. Spreu	in den Kör- nern	in der Gesamt- ernte	inStroh, Stop- peln u. Spreu	in den Kör- nern	in der Gesamt- ernte
	g	g	g	g	g	g
Kuhharn	3552	1714	5266	28,82	42,94	71,76
Schafharn	1670	1835	3505	28,53	38,74	67,26
Pferdeharn	1758	1441	3199	25,32	40,15	65,46
gegenChilisalpeter	2413	1916	4329	21,21	42,43	63,64

Haben nach den Arbeiten von Rudorf die drei geprüften Harnarten nicht in derselben Reihenfolge wie bei meinem Versuche die Stärke der Düngewirkung des darin enthaltenen Stickstoffs geäußert, so mag dieses darin seinen Grund haben, dass in den von jenem Forscher benutzten Harnarten das Verhältnis des Harnstoffs zu der Hippursäure ein anderes gewesen ist wie bei den von mir verwandten flüssigen Auswurfstoffen. Bekanntlich ist in dem Harne unserer Haustiere der Gehalt an Harnstoff und Hippursäure sehr schwankend. So fanden Henneberg und Stohmann²⁾ in 1000 Teilen Ochsenharn folgende Mengen:

		Hippursäure: Harnstoff:	
Februar	Ochse I	6,6	15,2
	„ II	7,4	16,8
März	Ochse I	5,0	3,4
	„ II	4,6	21,7

¹⁾ G. Rudorf, a. a. O. p. 50.

²⁾ Henneberg und Stohmann, Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer, 1860.

Mai	{	Ochse I	5,7	3,8
		„ II	9,4	5,7
Juli	{	Ochse I	12,1	6,8
		„ II	16,9	13,5

Im übrigen glaube ich, dass die Stickstoffwirkung der verschiedenen Düngestoffe sich bei der von Rudorf angewandten, an sich einwandfreien Art der Versuchsanstellung doch nicht mit derselben Genauigkeit hat ermitteln lassen wie bei meinen Versuchen, weil die Wurzeln der Rudorfschen Versuchspflanzen im Gegensatze zu den meinigen in einem Boden gewachsen sind, welcher schon ohne Düngung eine beträchtliche Menge von Stickstoff enthielt. Mithin war auch in Rudorfs Falle der Hafer lange nicht in demselben Masse darauf angewiesen, den durch die Düngung gebotenen Stickstoff auszunutzen, und es konnte daher die Wirkung dieses Nährstoffs auch nicht so vollständig zum Ausdrucke kommen wie bei dem von mir angebauten Buchweizen.

Demselben Umstande ist es auch wohl zuzuschreiben, dass von 100 Teilen Stickstoff in den verwendeten drei Harnarten bei dem Versuche Rudorfs im Mittel 13,31 Teile in der Ernte weniger wiedergefunden sind als bei meinem Versuche, und ebenso lässt es sich erklären, dass Rudorfs Gesamternte an Trockensubstanz um 48,2% geringer war als die meinige.

Als Beweis für die Richtigkeit meiner Annahme ist anzuführen, dass Rudorf¹⁾ seinen Hafer in einem Lehm Boden anbaute, von dem die 35 cm mächtige Krume in lufttrockenem Zustande 0,1254% Stickstoff enthielt. Über den Stickstoffgehalt des 75 cm tiefen Untergrundbodens, der samt der Krume seitlich von Chamotteröhren umgrenzt war, fehlt eine Angabe. Trotzdem dürfte es ohne weiteres einleuchten, dass der den Wurzeln zugänglich gewesene Teil der somit 110 cm mächtigen Lehm Bodenschicht dem Hafer viel mehr assimilierbaren Stickstoff geboten hat, als solchen bei meinem Versuche der Buchweizen in der nur 30 cm mächtigen Sand-

¹⁾ Rudorf, a. a. O., p. 33 u. 38.

schicht¹⁾, die in lufttrockenem Zustande 0,0250 % Gesamtstickstoff und 0,00048 % Salpeterstickstoff enthielt, vorgefunden hat.

Dies geht auch ganz unzweideutig daraus hervor, dass die nicht mit Stickstoffdüngung versehenen Gefässe bei dem Versuche Rudorfs einen Ertrag geliefert haben, der 7,13 mal mehr an Stickstoff enthielt, als die von mir auf einer gleich grossen Fläche ebenfalls ohne Stickstoffdüngung erbauten Versuchspflanzen.

Die vorzügliche Ausnutzung des Stickstoffs der verschiedenen Harnarten durch die Buchweizenpflanze bei meinem Versuche ist auch dann noch ersichtlich, wenn zum Vergleiche auf eine von P. Wagner²⁾ ausgeführte Arbeit hingewiesen wird, nach welcher Hafer bei einem in Gefässen ausgeführten Versuche mit Lehmboden von 100 Teilen Stickstoff, zugeführt durch Rinderharn, 69 Teile allein in den über dem Boden abgeschnittenen Pflanzen abgelagert hat. Wenn auch bei diesem Versuche nach 100 Teilen Harnstickstoff 5680 Teile Trockensubstanz im Stroh und 3650 Teile in den Körnern, zusammen also 9330 Teile gewonnen sind oder 26,28 % mehr, als ich nach der Düngung mit 100 Teilen Stickstoff des Rinderharns in den ober- und unterirdischen Teilen des Buchweizens geerntet habe, so ist die Produktion an Trockensubstanz bei meinem Versuche doch als sehr hoch zu bezeichnen, da der Buchweizen eine Pflanze mit besonders kurzer Vegetationsdauer ist. So sind von einer Pflanze mit ähnlich kurzer Vegetationsperiode, nämlich vom weissen Senf, aus Gründen, die ohne weiteres einleuchten und auf die daher nicht näher eingegangen zu werden braucht, bei einem Versuche, den P. Wagner³⁾ in Gefässen ebenfalls mit Lehmboden ausgeführt hat, von 100 Teilen Stickstoff, gegeben in Form von Rinderharn, nur 1560 Teile Trockensubstanz in

¹⁾ Vergl. p. 4.

²⁾ P. Wagner, Forschungen über den relativen Düngewert und die Konservierung des Stallmiststickstoffs, Berlin 1897, p. 102—105.

³⁾ P. Wagner, a. a. O. p. 99 u. 100.

den oberirdischen Pflanzenteilen und darin 58 Teile Stickstoff produziert.

Was nun die Wirkung der drei bei meinem Versuche angewandten Kotarten betrifft, so ist dieselbe sehr gering gewesen. Es sind von 100 Teilen des durch die Düngung gegebenen Stickstoffs im Buchweizen zurückgewonnen nach der Verwendung von

Pferdekot nicht mehr als 7,36 Teile Stickstoff,

Rinderkot „ „ „ 4,67 „ „

Schafkot „ „ „ 1,63 „ „

Ferner hat der Buchweizen produziert nach der Düngung mit 100 Teilen Stickstoff, gegeben in Form von

Pferdekot, nur 1159 Teile Trockensubstanz,

Rinderkot, „ 510 „ „

Schafkot, „ 884 „ „

Nach der ganzen Beschaffenheit dieser Düngestoffe und mit Rücksicht auf den Grad ihrer Zersetzungsfähigkeit¹⁾ liess sich aber kaum mehr erwarten. Auch ist es leicht zu erklären, dass gerade von dem Stickstoffe des Schafkotes am wenigsten in die Buchweizenpflanze übergegangen ist, mehr von dem Kote des Rindes und am meisten vom Pferdekote.

Der Schafkot zeichnet sich vor den beiden anderen Kotarten durch bedeutend grössere Festigkeit und namentlich durch eine dichtere Oberfläche aus, welche teilweise dem Gehalte an einer Substanz zuzuschreiben ist, die äusserlich mit Pech Ähnlichkeit hat. Der Schafkot ist daher sowohl dem Wasser als auch der Luft schwer zugänglich und aus diesem Grunde nicht leicht verweslich, so dass der eingeschlossene Stickstoff nur sehr langsam in solche Verbindungen übergeführt wird, die von den höheren Pflanzen assimiliert werden. Deshalb hat sich der Buchweizen als Pflanze von sehr kurzer Vegetationszeit von dem Stickstoffe des unmittelbar vor der Saat dem Boden einverleibten frischen Schafkotes nur sehr wenig aneignen können.

Nach dem eben Gesagten erscheint es fast überflüssig,

¹⁾ Vergl. p. 32 und 33.

Gründe dafür anzugeben, warum die Versuchspflanze von dem Stickstoffe der Rinder- und Pferdeexkremente grössere Mengen aufgenommen hat. Beide Düngemittel verwesen, entsprechend ihrer mechanischen Beschaffenheit, schneller als der Schafkot. Namentlich gilt dieses aber von den Pferdeexkrementen, die dank ihrer grossen Lockerheit dem Eindringen von Wasser und Luft besonders wenig Widerstand entgegensetzen. Daher ist denn auch während der Vegetationszeit des Buchweizens durch den Verwesungsprozess aus dem Pferdekote mehr assimilierbarer Stickstoff hervorgegangen und von den Pflanzen aufgenommen, als aus den Exkrementen nicht allein des Schafes, sondern auch des Rindes.

Auffallend ist es, dass die Versuchspflanze im Verhältnis zu den assimilierten Stickstoffmengen nach Düngung mit Schafkot viel mehr Trockensubstanz gebildet hat, als nach Düngung mit den Exkrementen der beiden anderen Tierarten. So sind produziert auf 1 Teil Stickstoff, gegeben in Form von

Rinderkot, 109 Teile Trockensubstanz,

Pferdekot, 157 " "

Schafkot, 542 " "

Es ist dem Landwirte bekannt, dass voluminöse organische Stoffe, welche unmittelbar vor der Saat der Pflanzen dem Boden einverleibt sind, die physikalische Beschaffenheit desselben anfangs derartig beeinflussen können, dass das Wachstum der Pflanzen erheblich geschädigt wird. Meine Untersuchungen geben aber ein genaueres Bild von dem Masse dieser Schädigung. Man erkennt, dass die durch die Stickstoffdüngung bewirkte Ertragssteigerung (im allgemeinen um so geringer ausfällt, je grösser das Volumen von organischem Dünger ist¹⁾), in welchem man den Stickstoff gegeben hat.

Dass der Buchweizen nach der Aufnahme eines Teiles des ihm im Rinderkote zugeführten Stickstoffs bei weitem die geringste Menge von Trockensubstanz gebildet hat, nämlich 30,57% weniger als nach der Aufnahme von einem Teile

¹⁾ Vergl. Tab. II, p. 12.

Stickstoff, welcher ihm in einem überdies grösseren Volumen Pferdekot gegeben war, ist wohl darauf zurückzuführen, dass die Rinderexkremente wegen ihrer breiartigen Beschaffenheit den Boden mehr geschlossen und so zu Ungunsten der Versuchspflanzen der Luft schwerer zugänglich gemacht haben, während durch den lockeren Pferdekot und ebenfalls auch wohl noch durch den Schafkot gerade das Gegenteil bewirkt sein wird.

Jedenfalls ist es sehr gewagt, weitgehende Vergleiche zwischen den Ergebnissen von Untersuchungen zu ziehen, die unter sehr verschiedenen Bedingungen angestellt sind. Daher soll nur kurz angegeben werden, dass bei dem schon wiederholt erwähnten Versuche G. Rudorfs¹⁾ der Hafer mit 100 Teilen Stickstoff, gegeben in Form von Kuh-, Pferde- und Schafkot, im Mittel 1402 Teile Trockensubstanz in der Gesamternte und darin 16,36 Teile Stickstoff erzeugt hat. D. h. von 100 Teilen Kotstickstoff sind 64,75% Trockensubstanz mehr produziert und 11,81 Teile Stickstoff mehr in die Ernte übergegangen als bei meinem Versuche.

Weil G. Rudorf den Kot aber schon 37 Tage vor der Einsaat des Hafers in den Boden gebracht hat, während die Aussaat meines Buchweizens gleich nach der Düngung erfolgt ist, darf man wohl von dem Hafer um so mehr eine erheblich höhere Ausnutzung des sich langsam umsetzenden Kotstickstoffs erwarten, als der Buchweizen auch eine bedeutend kürzere Vegetationszeit hat.

Es erscheint unnötig, auf die älteren Versuche von P. Wagner,²⁾ M. Märcker³⁾ und A. Morgen⁴⁾ betreffs der Stickstoffwirkung des Kotes verschiedener Haustierarten näher

¹⁾ G. Rudorf, a. a. O. p. 52.

²⁾ P. Wagner, Landwirtschaftliche Presse, Jahrgang XXII, Nr. 12; Mitteilungen der Deutschen Landw.-Gesellschaft, Berlin, 5. März 1897, p. 59.

³⁾ M. Märcker, Jahrbuch der Agrikultur-chemischen Versuchstation zu Halle, 1895 und 1896.

⁴⁾ A. Morgen, Berichte über die Thätigkeit der landwirtschaftl.-chemischen Versuchstation Hohenheim in der Zeit vom 1. Januar 1895 bis 1. April 1896.

einzugehen, nachdem schon von G. Rudorf¹⁾ und von verschiedenen anderen Seiten darauf hingewiesen ist, dass jene Forscher, vielleicht abgesehen von der von M. Märcker im Jahre 1894 benutzten Gerste und von dem in demselben Jahre kultivierten weissen Senf, ihre Versuchspflanzen unter Verhältnissen angebaut haben, die man bei der landwirtschaftlichen Pflanzenkultur gerade ängstlich zu vermeiden bestrebt ist.

Die von P. Wagner²⁾ in neuerer Zeit mit weissem Senf und mit Hafer ausgeführten Versuche leiden an demselben Fehler wie dessen frühere Arbeiten. Der Vorwurf, welcher P. Wagner von G. Rudorf gemacht ist, dass ersterer bei manchen Versuchen um viele Male mehr Stalldünger oder ähnliches Material benutzt hat, als in der Landwirtschaft auch bei starker Düngung verwandt wird, und die Bemerkung, dass P. Wagner somit seinen Pflanzen ein Medium zugewiesen hat, welches mehr einem unreifen Komposte als normal gedüngter Ackererde gleicht, kann mit vollem Rechte auch auf die uns hier interessierenden neueren Arbeiten von P. Wagner ausgedehnt werden.

Bei der überaus grossen Schädigung, welche die physikalische Beschaffenheit des Bodens infolge einer abnorm starken Kotzufuhr erleiden muss, überrascht es keineswegs, dass P. Wagner³⁾ auch nach einer Düngung mit Rinder- und Pferdekot, die jedesmal einem mit 18,5 kg Lehm Boden gefüllten Vegetationsgefässe 2 g Stickstoff gebracht hatte, an Trockensubstanz in der Haferernte um 0,111 bzw. 0,302 mal weniger und an Stickstoff in dem einen Falle nur um 0,154 mal mehr, in dem anderen wieder gar um 0,037 mal weniger gewonnen hat als in der Ernte von den ohne Stickstoffdüngung gebliebenen Gefässen. Auch darf man sich nicht darüber wundern, dass die von demselben Versuchsansteller⁴⁾ mit 7 kg Erde und 2 g Stickstoff in der Form von Kuhkot

¹⁾ G. Rudorf, a. a. O. p. 18—28.

²⁾ P. Wagner, Forschungen über den relativen Düngewert und die Konservierung des Stallmiststickstoffs, Berlin, 1897.

³⁾ u. ⁴⁾ P. Wagner, a. a. O. p. 100 u. 105.

beschiedenen Vegetationsgefäße eine Ernte an Senf geliefert haben, die fast genau dreimal ärmer an Trockensubstanz und an Stickstoff war, als diejenige aus den ungedüngten Gefäßen, während sie nach der Düngung mit 2 g Stickstoff in Form von Pferdekot sogar viermal weniger Trockensubstanz und fast fünfmal weniger Stickstoff geliefert hatte.

Was die Resultate meines Versuches, zu dem die kombinierte Düngung von Schafkot und Schafharn benutzt ist, betrifft, so sind durch 100 Teile des durch dieselbe dem Buchweizen gegebenen Stickstoffs 4105 Teile Trockensubstanz mit 38,15 Teilen Stickstoff produziert, wogegen, nach der Einzelwirkung des Schafharnes und Schafkotes berechnet, 4611 Teile Trockensubstanz mit 44,11 Teilen Stickstoff hätten erzeugt sein müssen oder 506 resp. 5,96 Teile mehr als in Wirklichkeit.

Ähnliche Resultate haben fast alle Versuchsansteller erhalten, welche einestheils nur mit Kot und nur mit Harn, anderenteils mit einer Mischung von diesen Stoffen, auch unter Zusatz von Stroh und anderen Einstreumitteln, operiert hatten, wie überhaupt fast jedesmal eine Depression der Stickstoffwirkung von Nitraten, Ammoniaksalzen und anderen schnell wirkenden stickstoffhaltigen Düngemitteln zu konstatieren ist, wenn sie zusammen mit grösseren Massen von organischen Stoffen angewandt sind.

Die Beantwortung der Frage: „Auf welche Weise lassen sich derartige Erscheinungen erklären?“ ist sehr wichtig, besonders nachdem P. Wagner¹⁾ die Behauptung aufgestellt hat: „Eine Beidüngung von frischem Tierkot wirkt in hohem Grade vermindern ein, sowohl auf die Ausnutzung des Bodenstickstoffs, als auch auf die Ausnutzung des in Form von Grünsubstanz, Harn, Chilisalpeter oder Ammoniak in den Boden gebrachten Stickstoffs.“ Ist diese Behauptung P. Wagners an sich durchaus zutreffend, so gilt das nicht von der Begründung, die der Genannte in folgender Weise giebt: „In dem Kote der Tiere kommen massen-

¹⁾ P. Wagner, Landwirtschaftliche Presse, Jahrgang XXII, Nr. 12.

haft Bakterien vor, die zersetzend auf Nitrate einwirken; Salpeterstickstoff wird zu freiem, luftförmigem Stickstoff reduziert, der in die Atmosphäre entweicht, so dass die Kulturpflanzen inmitten des Stalldüngers Stickstoffhunger leiden.“

Hier ist P. Wagner der Vorwurf nicht zu ersparen, dass er diese Äusserung gethan hat, ohne für ihre Richtigkeit vollgültige Beweise erbracht zu haben. Es ist nicht verständlich, dass er für die mangelhafte Ausnutzung des Stickstoffs des Stalldüngers und anderer Düngermischungen nur denitrifizierende Bakterien verantwortlich macht, die als Anaëroben in ihren meisten Arten in einem guten Kulturboden nicht recht gedeihen; von anderen, selbst von makroskopischen Pilzen, die doch auch wohl immer in jedem im Boden lagernden Stalldünger vorkommen und den Augen eines auch nur einigermaßen aufmerksamen Beobachters schwerlich entgehen dürften, hat P. Wagner auch nicht ein einziges Wort bemerkt, obgleich sie doch auch wohl sicher von den Stickstoffvorräten seiner Düngergemische gezehrt haben werden.

Es ist dabei übersehen, dass unzählige Pilzarten Stickstoffverbindungen aufnehmen, ohne daraus freien Stickstoff abzuspalten, dass sie vielmehr dieselben nur zum Aufbau ihres Körpers benutzen und sogar im stande sind, den Stickstoff mancher anorganischer Substanzen zur Bildung organischer Stickstoffverbindungen, z. B. der Eiweissstoffe, zu verwenden, sobald ihnen nebenbei noch genügende Mengen von organischen Nährstoffen zur Verfügung stehen. Ferner ist es bekannt, dass man in Laboratorien, ganz abgesehen von Nitrifikations- und Denitrifikationsbakterien, unzählige Pilzarten, beispielsweise Schimmel- und Hefepilze, gerade dadurch zum freudigsten Wachstume bringt, dass man ihnen ausser den zu ihrer Ernährung erforderlichen organischen Stoffen noch einen Teil Ammoniaksalze giebt.

In wie hohem Masse der Stickstoff des Stalldüngers allein von makroskopischen Pilzen oftmals in Anspruch genommen wird, davon kann man sich leicht einen Begriff machen, wenn bemerkt wird, dass durch die Glaswände

meiner Vegetationsgefässe in der mit Kot versehenen Bodenschicht ganz leicht starke Wucherungen von Schimmelpilzen zu erkennen waren. Bei der Ernte des Buchweizens wurden sogar vier grosse Exemplare von Schwämmen, nämlich von der zu den Agaricaceen gehörigen Spezies *Collybia* Fr. *dryophilus* Bull¹⁾, aus dem mit Schafkot und Schafharn beschickten Vegetationsgefässe Nr. 18 zu Tage gefördert, zu meiner Befriedigung, weil doch wohl nicht leicht deutlicher als durch dieses Beispiel bewiesen werden kann, wie gewisse Pilzarten bei dem für die Kulturpflanzen bestimmten Stickstoffe schon in nicht mehr ganz bescheidener Weise zu Gaste gehen und denselben zum Aufbau ihres Körpers benutzen. Ich bedaure es jetzt sehr, den Stickstoffgehalt jener vier Schwämme nicht ermittelt zu haben. Voraussichtlich würde in denselben doch ein ganz erheblicher Teil von dem in das betreffende Vegetationsgefäss gebrachten Stickstoff festgestellt sein. Überhaupt dürfte es wohl ganz oder wenigstens fast allein der eben erwähnten Thätigkeit von Pilzen, besonders aber von Schwämmen und Schimmelarten zuzuschreiben sein, dass die Mischung von Schafkot und Schafharn bei dem Buchweizen nicht einen so grossen Nähreffekt hervorgerufen hat, als nach der Einzelwirkung der genannten beiden Düngestoffe berechnet werden kann. Viele Pilzarten, die von den Bestandteilen des Harns allein nicht zu leben vermögen, haben auch einen Teil seiner Stickstoffverbindungen, inkl. der durch die Umsetzung des Harns hervorgegangenen, in Anspruch genommen und dadurch dem Buchweizen vorenthalten, nachdem diese Pilze in dem Kote einen geeigneten Nährboden gefunden hatten. Einer Verschlechterung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens durch den Kot und dem Einflusse von denitrifizierenden Bakterien dürfte es wohl kaum zuzuschreiben sein, dass bei den mit Schafkot und Schafharn gedüngt gewesenen Vegetationsgefässen eine Depression der Stickstoffwirkung eingetreten ist. Dazu ist doch wohl einesteils die Menge des

¹⁾ Wünsche, Schulflora von Deutschland, I. Teil, Leipzig 1889, p. 244.

benutzten Kotes viel zu gering und anderenteils die Durchlüftung des Bodens eine zu gute gewesen.

Wenn bei den uns hier interessierenden Versuchen P. Wagners mit Stalldünger und anderen Mischungen von voluminösen organischen Massen mit schnell wirkenden stickstoffhaltigen Düngestoffen eine überaus starke Depression der Stickstoffausnutzung zu konstatieren gewesen ist, so zweifele ich allerdings nicht daran, dass ausser den Pilzen, welche den Stickstoff des Düngers nur zum Aufbau ihres Körpers gebraucht haben, für diese Depression noch zwei andere Faktoren von Einfluss gewesen sind. Ich meine nämlich, wie schon früher erwähnt war, einmal die Herstellung einer ungünstigen physikalischen Beschaffenheit des Bodens als Folge so exorbitant hoher Gaben von voluminösen organischen Stoffen, wie sie P. Wagner angewandt hat, und zweitens denitrifizierende Bakterien.

Ich messe den letzteren also doch wenigstens einen Teil der Schuld an der verminderten Stickstoffausnutzung bei den Versuchen P. Wagners zu, während jener Forscher diese Bakterien ganz allein dafür verantwortlich macht. Grosse Massen von Kot, Stroh u. s. w. erfordern zu ihrer Verwesung auch grosse Mengen von Sauerstoff. Ob derselbe nun in dem Lehm Boden P. Wagners in ausreichender Menge vorhanden gewesen ist, erscheint mehr als fraglich. Es mögen daher im Boden nicht allein die Verwesung der organischen Stickstoffverbindungen und die Nitrifikation des Ammoniaks nicht in erwünschter Weise von statten gegangen sein, sondern es werden auch noch Reduktionsprozesse stattgefunden haben, durch die ein Teil der Nitrate zerstört ist.

Als Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme soll angegeben werden, dass der Stalldünger, wenn er in grösseren Massen in den Boden gebracht ist, selbst in fruchtbaren, mit Hilfe von Drainage durchlüftungsfähiger gemachten Lehm Böden oft eine „Vertorfung“ erfährt und in diesem Zustande das Wachstum der Kulturpflanzen nicht entsprechend fördert. In der Landwirtschaft ist dies bekannt, und es wird daher, teils aus diesem, teils auch aus anderen Gründen, sorgsam

darauf gesehen, dass der Stalldünger beim Ausbreiten auf dem Felde gleichmässig verteilt und später beim Unterackern mit dem Pfluge nicht wieder zusammengeschleppt wird.

Als Beweis für die Richtigkeit meiner vorher ausgesprochenen Ansicht können besonders die Resultate der von W. Schneidewind¹⁾ ausgeführten Versuche gelten. Der Genannte hatte in Sand mit einem Zusatz von 2,5 % Torfmull Senf und ferner in einem sandigen Lehm Boden Hafer gebaut und beide Pflanzenarten mit grossen Mengen von Pferdekot, Weizenstroh oder Stalldünger im Gemenge mit Salpeter gedüngt. Durch Untersuchung, nicht allein der produzierten Pflanzenmassen, sondern auch des Bodens vor der Bestellung der Kulturpflanzen und nach ihrer Ernte, hat W. Schneidewind quantitativ festgestellt, dass ein Teil des Stickstoffs vom Salpeter infolge der Thätigkeit von Denitrifikationsbakterien in elementarem Zustande aus den Vegetationsgefässen entwichen war; einen anderen dagegen hatten Pilze (Schimmelpilzen, Bakterien) nur zum Aufbau ihres Körpers benutzt, also in Albuminate und andere organische Stickstoffverbindungen übergeführt.

Geradeso wie über die vorhin besprochenen Versuche P. Wagners denke ich auch über die ähnlichen von M. Märcker²⁾, nach deren Resultaten derselbe die oft klägliche Ausnutzung des Stickstoffs durch die Kulturpflanzen ebenfalls so gut wie ausschliesslich auf denitrifizierende Bakterien zurückführt. Auch anderen Forschern, die sich für die Ansicht P. Wagners erwärmt und sie weiter ausgearbeitet haben, z. B. A. Morgen³⁾, kann man leicht nachweisen, dass die von ihnen konstatierte Depression der Stickstoffwirkung beim Stalldünger und seinen Komponenten den denitrifizie-

¹⁾ W. Schneidewind, Journal für Landwirtschaft, 45. Jahrgang, 1897, p. 173.

²⁾ M. Märcker, Jahrbuch der Agrikultur-chemischen Versuchstation Halle, 1896.

³⁾ A. Morgen, Berichte über die Thätigkeit der landwirtschaftl.-chemischen Versuchstation Hohenheim in der Zeit vom 1. Januar 1895 bis 1. April 1896.

renden Bakterien entweder nur teilweise oder selbst gar nicht zur Last gelegt werden darf.

Schlussbetrachtungen.

Aus den Ergebnissen meiner Beobachtungen und Untersuchungen lässt sich der Schluss ziehen, dass auf einem leichten Boden der Buchweizen den Stickstoff des frischen Kotes vom Pferde, Rinde und Schafe, welcher unmittelbar vor der Saat dem Boden einverleibt ist, nur sehr wenig oder fast gar nicht ausnutzt. Diese Pflanze vermag dagegen vom Stickstoffe des frischen, unmittelbar vor der Einsaat angewandten Harns der genannten drei Tierarten sehr grosse Mengen aufzunehmen und danach bedeutende Massen von organischer Substanz zu produzieren, sowohl in den Wurzeln, Stengeln und Blättern als auch in den Körnern. Der Harn ist, was die schnelle und hohe Ausnutzung seines Stickstoffgehaltes durch die Kulturpflanzen betrifft, dem schwefelsauren Ammoniak und sogar dem Chilisalpeter ungefähr gleichzustellen.

Auf Grund der Resultate meiner eigenen und anderer Untersuchungen ergibt sich weiter, dass eine Depression der Stickstoffwirkung von Kot und Harn der Regel nach dann erwartet werden darf, wenn der Buchweizen unmittelbar nach voraufgegangener Düngung mit einer Mischung von diesen Auswurfstoffen in frischem Zustande, auch mit Stroh und anderen Einstreumitteln, angebaut wird.

Diese Depression führe ich, wenigstens wenn sie auf hinreichend durchlüftungsfähigen Böden bei nicht zu starker Düngung eintritt, weniger auf die Thätigkeit denitrifizierender Bakterien zurück, sondern einestheils auf die ungünstige Beeinflussung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens, anderenteils auf das Vorhandensein von Pilzen, besonders aber von Schimmelpilzen, welche den Stickstoff, der organischen sowohl wie der unorganischen Verbindungen des Stalldüngers, aufnehmen und in ihrem Körper festlegen.

Danach hat die in Frage kommende Depression auf