

Bild 10: Effloreszenzen von Gips an der Bodenoberfläche. Aufnahme im Phasenkontrast. Die Gipskriställchen bilden einen dichten Verband und sind etwas heller als das Umfeld.

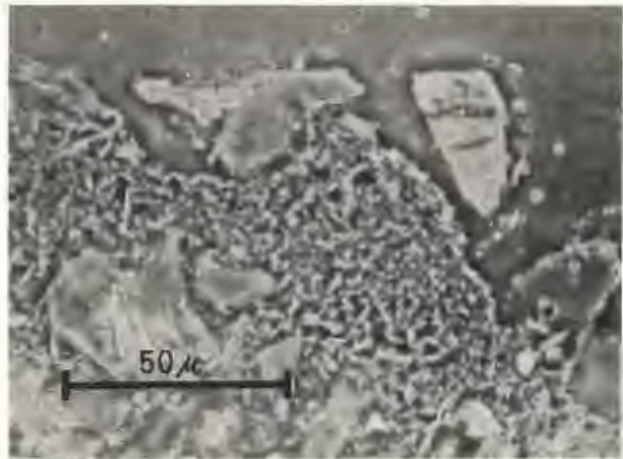


Bild 11: Effloreszenzen von Gips. Aufnahme im Phasenkontrast. Unter der Oberfläche entstehen meist längere, oft gebündelte Kriställchen in den Kornzwischenräumen des Bodens.

Laufe der Untersuchung ergaben, noch nicht beantwortet werden; weitere Versuche müssen zu ihrer Klärung beitragen. Es ist aber bemerkenswert, daß die hier entwickelte Salzkruste schon in einigen Punkten Ähnlichkeit zu den Salzausscheidungen der Steppenböden der südlichen UdSSR aufweist, die unlängst von FEOFAROVA* mikro-

* Feofarova: Sulfate in versalzten Böden. — Trudy počvennogo Instituta im. V. V. Dokučajeva, Moskau 1958.

morphologisch untersucht wurden. Außerdem ist zu erwähnen, daß nur in einer Zone von einigen Zehntel Millimetern Salzkristalle beobachtet wurden. Die chemische Analyse zeigt dagegen bis in größere Tiefe einen ansteigenden Ionengehalt. Eine volle Absättigung des Sorptionskomplexes war aber wohl nur in der Nähe der Bodenoberfläche erreicht worden.

Klaus v. Gierke, Institut für Humuswirtschaft

EIN INTERNATIONALER DAUERDÜNGUNGSVERSUCH

Die Internationale Bodenkundliche Gesellschaft beschloß nach zahlreichen vorhergehenden Absprachen auf ihrem 6. Kongreß in Paris ein Forschungsvorhaben auf internationaler Basis aufzunehmen, welches anhand einer Versuchsreihe mit möglichst großer ökologischer Streubreite Beiträge zur Erforschung der Bodenfruchtbarkeit liefern soll. Hierzu wurden zwei verschiedene Versuchsreihen beschlossen.

1957 wurde einmal eine größere Zahl von Stickstoffserienversuchen in unterschiedlichen Klimagebieten angelegt. Die einzelne Serie mit 30—40 Einzelversuchen wurde dagegen in einem klimatisch eng begrenzten Raume mit 6facher Stickstoffsteigerung und gleichbleibender Grunddüngung (K, P) durchgeführt, wobei Hafer als Versuchsfrucht gewählt wurde.

Zum anderen handelt es sich um ökologische Fruchtfolge-Dauerversuche mit mindestens 10jähriger Laufzeit bei Einhaltung einer bestimmten Fruchtfolge. Letztere bilden die Grundlage der einjährigen Steigerungsversuche und haben 4 Stickstoffstufen bei variierter K-P-Düngung. Bei Beginn der Fruchtfolge-Dauerversuche 1957 waren Belgien, Deutschland, Frankreich, Niederlande und Österreich beteiligt. Bis zum jetzigen Zeit-

punkt sind England, Jugoslawien und die Schweiz hinzugekommen, so daß diese Versuche inzwischen an 19 Standorten der gemäßigten Klimazone zur Durchführung gelangen*). Um ebenfalls vergleichbare Böden zu diesen Untersuchungen heranzuziehen, beschränkte man sich auf solche des Braunerdetyps (grey brown podsolics). Klimatisch unterscheiden sich die Orte der Versuchsanstellung in der Höhe der Niederschläge, der mittleren Jahrestemperatur sowie der mittleren Dauer der Vegetationsperiode (Tage mit 5° C oder mehr). Hinsichtlich der beiden letzten Merkmale liegt Völknerode etwa in der Mitte, während es nach

* Institute in folgenden Orten sind daran beteiligt:

Belgien:	Louvain
Frankreich:	Versailles
Großbritannien:	Rothamsted und Aberdeen
Irland:	Wexford
Jugoslawien:	Zagreb und Ljubjana
Niederlande:	Groningen
Österreich:	Wien und Linz
Schweiz:	Bern
Deutschland:	Berlin
	Gießen
	Hohenheim
	Leipzig
	Oldenburg
	Puch
	Rostock
	Braunschweig-Völknerode

Übersicht 1
Nährstoffgaben in kg/ha

Düngungs- stufe	Kartoffeln					Winterweizen					Hafer				
	N	K ₂ O	(K)	P ₂ O ₅	(P)	N	K ₂ O	(K)	P ₂ O ₅	(P)	N	K ₂ O	(K)	P ₂ O ₅	(P)
N ₀ K ₂ P ₂	—	150	(125)	90	(40)	—	120	(100)	60	(26)	—	100	(83)	50	(22)
N ₁ K ₁ P ₁	50	100	(83)	60	(26)	35	80	(66)	40	(18)	30	60	(50)	30	(13)
N ₂ K ₂ P ₂	100	150	(125)	70	(40)	70	120	(100)	60	(26)	60	100	(83)	50	(22)
N ₃ K ₃ P ₃	150	200	(166)	120	(53)	100	150	(125)	80	(35)	90	140	(116)	70	(31)

(Die eingeklammerten Zahlen geben die Mengen K und P an.)
1 kg K₂O = 0,83 kg K und 1 kg P₂O₅ = 0,44 kg P

der Höhe der Niederschläge in die feuchteren Lagen einzuordnen ist.

Um später einen Vergleich der einzelnen internationalen Fruchtfolge-Dauerdüngungsversuche vornehmen zu können, sollen die weiteren ertragsbedingenden Faktoren, wie vor allem die Witterung (meteorologische Daten) und die Bodeneigenschaften möglichst eingehend nach einem von der Arbeitsgemeinschaft genau festgelegten Plan mit einheitlichen Methoden erfaßt werden. Die Auswertung der an allen Versuchsorten erzielten Ergebnisse erfolgt ebenfalls nach gemeinschaftlich bestimmten Verfahren, wobei bereits jetzt vergleichende Prüfungen der verschiedenen Auswertungsvorschläge vorgenommen werden.

Einer dieser Internationalen Ökologischen Fruchtfolge-Dauerdüngungsversuche wird auf dem Versuchsfeld des Instituts in Völkenrode durchgeführt. Die für alle Standorte einheitlich geltende Fruchtfolge sieht die Reihenfolge: Kartoffeln — Winterweizen — Hafer vor. Diese Früchte kommen jedes Jahr zum Anbau, wechseln jedoch innerhalb des Versuches von Jahr zu Jahr der Fruchtfolge entsprechend auf ein anderes Versuchsdrittel über. Um Sorten- und Herkunftsunterschiede zu vermeiden, wird das Saatgut zentral von einem Züchter bezogen und von einer Stelle verteilt. Der Versuch sieht eine Stickstoffstaffelung vor, die ausgehend von einer Parzelle ohne N über N₁ und N₂ zu Höchstgaben in der N₃-Staffel ansteigt. Da eine einseitige Steigerung eines Nährstoffes, in diesem Fall des Stickstoffes, den Pflanzen nicht die optimalen Ernährungsbedingungen bietet, wird die KP-Grunddüngung ebenfalls gesteigert (Übersicht 1).

Weil neben der absoluten Menge der den Pflanzen angebotenen Nährstoffe auch deren Verhältnis untereinander für die Ertragsbildung von Bedeutung ist, ist man dieser Forderung durch Verengung des Nährstoffverhältnisses bei steigenden Nährstoffgaben nachgekommen (Übersicht 2).

Übersicht 2
Nährstoffverhältnis in der Düngung (N = 1)
(Reine Nährstoffe K und P)

Düngungs- stufe	Kartoffeln	Winterweizen	Hafer
	N : K : P	N : K : P	N : K : P
N ₀ K ₂ P ₂	—	—	—
N ₁ K ₁ P ₁	1 : 1,66 : 0,52	1 : 1,89 : 0,51	1 : 1,67 : 0,43
N ₂ K ₂ P ₂	1 : 1,25 : 0,40	1 : 1,43 : 0,37	1 : 1,08 : 0,37
N ₃ K ₃ P ₃	1 : 1,11 : 0,35	1 : 1,25 : 0,35	1 : 1,29 : 0,34

Nachdem der Versuch die erste dreijährige Fruchtfolge durchlaufen hat, ergaben sich folgende Erträge (Übersicht 3).

Übersicht 3
Erträge in dz/ha Trockenmasse
(Korn + Stroh, bzw. Knollen + Kraut)
Mittel 1957/59

Düngungs- stufe	Hafer		Winter- weizen		Kar- toffeln		Mittel rel.
	dz/ha	rel.	dz/ha	rel.	dz/ha	rel.	
N ₀ K ₂ P ₂	39,4	100	51,9	100	69,7	100	100
N ₁ K ₁ P ₁	53,9	137	66,4	128	88,4	127	131
N ₂ K ₂ P ₂	59,8	152	71,5	138	103,9	149	146
N ₃ K ₃ P ₃	61,1	155	73,0	141	100,1	144	145

Durch die erhöhte Nährstoffzufuhr wurden Mehrerträge erzielt. Die höchste Düngerkombination führte jedoch bereits zu Depressionen bei der Korn- bzw. Knollenproduktion, während Stroh- und Krauterträge geringfügig anstiegen. Die Gesamterträge (Korn + Stroh bzw. Knollen + Kraut) konnten gegenüber der Düngerkombination N₂ K₂ P₂ im Mittel nicht weiter gesteigert werden. Bei den beiden Getreidearten korrelierte die stärkste Bestandesdichte mit den höchsten Korn-erträgen. Mit steigender Stickstoffdüngung verstärkte sich die Bestandesdichte, erreichte bei N₂ im Höchstertragsgebiet ihr Maximum und fiel dann wieder ab (Übersicht 4).

Übersicht 4
Bestandesdichte je m² 1957—59 (Zahl der Halme je qm)
(Mittelwerte aus 4 Messungen je Parzelle und Jahr)

Düngungsstaffel	Winterweizen	Hafer
N ₀ K ₂ P ₂	290	305
N ₁ K ₁ P ₁	345	300
N ₂ K ₂ P ₂	352	319
N ₃ K ₃ P ₃	321	292

In den relativ ertragsreichen Jahren 1957 und 1958 war die Düngungswirkung stärker als der Einfluß der einzelnen Jahre. Im Jahre 1959 vermochte die N-Wirkung die Jahreswirkung nicht zu überdecken. Besonders kam dies in den Hafererträgen zum Ausdruck, da Korn- und Strohproduktion um 50 % tiefer lagen als in den Vorjahren.

Unter den während der letzten drei Jahre in Völkenrode herrschenden Klimaverhältnissen, führten bei den bezeichneten Sorten aller drei Früchte die Stickstoffgaben der N₂-Staffel mit den angepaßten K₂O und P₂O₅-Gaben zum Höchstertrag.

N-Düngung der N₂-Stufe

Kartoffeln (Vorab)	100 kg/ha N
Winterweizen (Carsten VI)	70 kg/ha N
(in 2 Gaben zu je 35 kg/ha)	
Hafer (Regent)	60 kg/ha N
(in 2 Gaben zu je 30 kg/ha)	

Die geteilte Stickstoffgabe, bei der die erste Hälfte des Stickstoffes im Frühjahr, die zweite zwischen Schossen und Ährenschieben verabfolgt wurde, hat sich in der Mehrzahl der Fälle gut bewährt. Im extrem trockenen Jahr 1959 kam die später verabfolgte Gabe nicht mehr zur Wirkung auf den Ertrag, lediglich eine erhöhte Stickstoffaufnahme konnte festgestellt werden.

Hervorzuheben ist, daß sich die in dieser Staffel verabfolgten Nährstoffe und das besonders berücksichtigte Verhältnis der Nährstoffe zueinander vor allem positiv auf die Korn- und Knollenproduktion auswirkten. Ebenso wirkt sich allerdings auch eine Überdüngung im negativen Sinne als Depression stärker auf die genannten Ertragskomponenten aus, als dies beispielsweise beim Stroh der Fall ist.

Die gesteigerte und im Nährstoffverhältnis variierte Düngung hat sich jedoch nicht nur auf den Ertrag, sondern ebenso auf die Stickstoffaufnahme ausgewirkt. Hierbei konnte auch bei der höchsten Gabe noch eine weitgehende Mehraufnahme erzielt werden (Übersicht 5).

Übersicht 5

N-Gehalt in % der absoluten Trockenmasse bei Korn und Kartoffelknollen

Düngungs- staffel	Kartoffeln			Winterweizen			Hafer		
	1957	1958	1959	1957	1958	1959	1957	1958	1959
N ₀ K ₂ P ₂	1,09	0,95	1,38	1,82	2,05	1,64	2,28	2,01	1,94
N ₁ K ₁ P ₁	1,11	0,99	1,71	1,91	1,77	1,84	1,83	1,64	2,25
N ₂ K ₂ P ₂	1,27	1,11	1,88	2,03	2,18	2,25	1,92	1,74	2,47
N ₃ K ₃ P ₃	1,08	1,41	2,03	2,36	2,06	2,48	2,31	1,83	2,60

Trotz des Ertragsabfalles in der höchsten Düngungsstufe wurden dort erheblich größere Stickstoffmengen aufgenommen. Ähnlich ging die Aufnahme der übrigen Nährstoffe verstärkt vonstatten. Stellt man die in dieser dreijährigen Fruchtfolge je Variante insgesamt entzogenen Nährstoffmengen den durch die Düngung zugeführten gegenüber, so zeigt es sich, daß der Boden relativ große Mengen aus seinem natürlichen Vorrat lieferte (Übersicht 6).

Trotz hoher Stickstoffgaben und geringer Produktion im Jahre 1959 lagen die Entzüge an Stick-



Foto: Erika Sitte — Braunschweig.

Prof. Dr. O. Fischnich, Direktor des Instituts für Pflanzenbau und Saatguterzeugung, wurde zum Präsidenten der Forschungsanstalt für Landwirtschaft für die Zeit vom 1. April 1960 bis 31. März 1962 gewählt.

stoff im Durchschnitt der drei Jahre über den zugeführten Mengen. Während in 3 Jahren 186 kg / ha allein vom Boden geliefert wurden, verringerten sich diese Mengen mit zunehmender N-Düngung auf 26 kg / ha. Die überwiegend aus dem Bodenvorrat erfolgte Stickstofflieferung mit rd. 60 kg N / Jahr entspricht einer etwas mehr als zweiprozentigen Mineralisierung des nur 80 mg N je 100 g Boden betragenden Stickstoffgehaltes der Krume (0—20 cm).

Besonders fällt die in allen Varianten auftretende negative Kalibilanz auf. Auch diese verringert sich mit steigender Düngerstaffelung. Da der Versuch nicht mit organischer Düngung versorgt wird, ist im weiteren Verlauf der Versuchsdurchführung mit einer Verarmung des Bodens an Kali zu rechnen. Die dazu angemessenen Phosphorsäuregaben werden nicht völlig aufgebraucht. Die P₂O₅-Entzüge steigen aber ebenfalls mit zunehmender Staffelung stark an. Berücksichtigt man die wesentlich geringere Ausnutzbarkeit dieses Nährstoffes durch die im Boden vor sich gehende Festlegung in pflanzenunaufnehmbare Formen, so gilt dies als Hinweis auf ebenfalls zu erwartenden Mangel pflanzenaufnehmbarer Phosphorsäure in den nächsten Jahren.

Die im Jahre 1959 nach der Ernte gezogenen Bodenproben zeigten für die Parzellen folgende Unterschiede im Nährstoffgehalt auf (Übersicht 7).

Übersicht 6

		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
N	kg/ha in 3 Jahren insgesamt entzogen:	186	238	304	366
N	kg/ha in 3 Jahren insgesamt zugeführt:	—	115	230	340
K ₂ O	kg/ha in 3 Jahren insgesamt entzogen:	334	424	513	518
K ₂ O	kg/ha in 3 Jahren insgesamt zugeführt:	370	240	370	490
P ₂ O ₅	kg/ha in 3 Jahren insgesamt entzogen:	85	108	120	122
P ₂ O ₅	kg/ha in 3 Jahren insgesamt zugeführt:	200	130	200	270

Übersicht 7

Unterschiede im Nährstoffgehalt des Bodens

Düngungs- staffel	mg/100 g Boden laktatlöslich		Mg nach SCHACHT- SCHABEL	Gesamt N
	K ₂ O	P ₂ O ₅		
N ₀ K ₂ P ₂	28,9	30,4	4,8	0,082
N ₁ K ₁ P ₁	27,9	27,1	5,1	0,086
N ₂ K ₂ P ₂	25,0	26,3	4,8	0,089
N ₃ K ₃ P ₃	25,0	28,2	5,3	0,088

Daß sich bei steigenden Nährstoffgaben auch das Verhältnis der aufgenommenen Nährstoffe verändert, ergibt sich aus den bisher vorliegenden Untersuchungen deutlich (Übersicht 8).

Übersicht 8

Nährstoffverhältnis der aufgenommenen Nährstoffe:
(N = 1)

Düngungs- staffel	Kartoffeln	Winterweizen	Hafer
	N : K : P	N : K : P	N : K : P
N ₀ K ₂ P ₂	1 : 1,86 : 0,19	1 : 0,96 : 0,19	1 : 1,36 : 0,25
N ₁ K ₁ P ₁	1 : 1,82 : 0,18	1 : 0,83 : 0,18	1 : 1,48 : 0,26
N ₂ K ₂ P ₂	1 : 1,71 : 0,16	1 : 0,75 : 0,16	1 : 1,44 : 0,21
N ₃ K ₃ P ₃	1 : 1,62 : 0,15	1 : 0,77 : 0,15	1 : 1,40 : 0,21

Mit der Düngung war von Stufe zu Stufe eine Verengung des Nährstoffverhältnisses verbunden, die sich in der Aufnahme widerspiegelt. Diese erfolgt durch erhöhte Stickstoffaufnahmen bei ebenfalls gesteigerten K-P-Aufnahmen. Im Bereich höherer Dünger-, vor allem Stickstoffgaben bedingt ein entsprechendes Vorhandensein von Kali und Phosphorsäure eine verbesserte Stickstoffwirkung.

Wenn man die bisherigen Ergebnisse dieses erst 3jährigen Versuches etwas genauer betrachtet, so zeigt sich, daß durch die Witterung der einzelnen

Übersicht 9

Nährstoffaufnahme und -verhältnis bei Kartoffeln

	N	P	K	Ca	Mg	
1957	135,6	1 27,5	0,20 256,5	1,90 33,4	0,25 13,1	0,10 0,10
1958	104,1	1 21,6	0,21 199,8	1,96 27,9	0,27 8,1	0,08 0,08
1959	155,6	1 17,9	0,12 229,2	1,51 41,7	0,27 10,9	0,07 0,07

Jahre infolge des differenzierten Ertrages und Entzuges an Nährstoffen Unterschiede im Boden herbeigeführt werden. Hierbei fallen insbesondere die witterungsbedingten Jahresertragsschwankungen der Hackfrüchte ins Gewicht. Bei den Kartoffeln fanden wir folgende Aufnahmen an Nährstoffen (kg / ha) und deren Verhältnis zueinander (N=1) (Übersicht 9).

In dem trockenen Jahr 1959 war die Stickstoffaufnahme hoch; wie die Nährstoffverhältnisse zeigen, entsprach dieser nur die Ca-Aufnahme, während Kali, Magnesium und insbesondere Phosphor unter den Werten der Jahre 1957 und 1958 lagen,

die wiederum beide weitgehende Übereinstimmung zeigten.

Insgesamt ergaben sich folgende Relativwerte (Übersicht 10).

Übersicht 10

Relativwerte (Mittel = 100)

Parzellen:	Ost	Mitte	West
Ertrag	102,1	103,4	94,5
Gesamt N im Boden	98,8	102,9	98,3
N-Aufnahme	94,9	114,7	90,4
laktatlösliches K ₂ O im Boden	111,3	93,6	95,1
K-Aufnahme	95,6	111,2	93,2
laktatlösliches P ₂ O ₅ im Boden	83,8	95,5	120,8
P-Aufnahme	96,8	94,0	109,2

Ertrag, Stickstoff und Kali-Aufnahme sowie der Gehalt an Stickstoff im Boden zeigen annähernd gleiches Verhalten (Maximum in der Parzelle Mitte). Der Gehalt an laktatlöslichem K₂O im Boden ist in der Parzelle, die im Mittel der 3 Jahre den höchsten Ertrag erbrachte, am weitesten abgesunken. In der Parzelle mit den prozentual höchsten Phosphatwerten wurde auch die höchste Aufnahme an Phosphor gefunden. Immerhin zeigen diese wenigen Angaben, daß die Witterung infolge Beeinflussung des Ertrages und der Nährstoffaufnahme sowie der unterschiedliche Bedarf der einzelnen Kulturpflanzen zu nicht unerheblichen Beeinflussungen des Bodens führen können. Um die Wirkung der Jahreswitterungen ausgleichen zu können, ist es erforderlich, den Versuch, wie auch vorgesehen ist, wenigstens 10 Jahre durchzuführen. Die an diesen umfangreichen Untersuchungen beteiligte internationale Arbeitsgruppe wird zu gegebener Zeit eine Zusammenfassung und Auswertung der erzielten Ergebnisse in gemeinschaftlicher Arbeit vornehmen.

Wir geben mit tiefer Trauer davon Kenntnis, daß unsere Mitarbeiter

Fräulein Gertrud Reinicke

und

Herr Siegfried Lost

verstorben sind.

Mit der Forschungsanstalt für Landwirtschaft verlieren besonders das Institut für landtechnische Grundlagenforschung und das Institut für Tierernährung bewährte Mitarbeiter, die jederzeit ihre ganze Kraft in den Dienst unserer Aufgabe gestellt haben.

Wir werden den Heimgegangenen stets ein ehrendes Andenken bewahren.