

WSTĘP

Okolo 70% powierzchni użytków rolnych w Polsce wymaga uregulowania odczynu na drodze racjonalnego wapnowania. Dotyczy to i wielu krajów wspólnoty socjalistycznej, szczególnie tych, których warunki glebowo-klimatyczne są podobne do polskich. Stale postępujący proces darniowo-bielicowy naszych gleb, jak i wzrastający poziom nawożenia mineralnego (w dużej części fizjologicznie kwaśnego) wyłania przed nauką i praktyką wiele nowych i coraz bardziej skomplikowanych zadań dotyczących potrzeby i sposobu doprowadzania wapna i innych zasad do gleby. Jest to konieczne dla stworzenia roślinom przez nas uprawianym możliwie najbardziej optymalnych warunków koniecznych do ich rozwoju.

W związku z tymi zadaniami wyłoniła się potrzeba przedyskutowania najbardziej aktualnych zagadnień na wspólnym zebraniu krajów członkowskich RWPG. Zebranie takie odbyło się w dniach 3-7 czerwca 1967 r. w Warszawie. Organizatorami jego była Polska Akademia Nauk oraz Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, jako koordynator międzynarodowych badań w dziedzinie wapnowania gleby. Obrady, na których uczestniczyli przedstawiciele Bułgarii, CSSR, NRD, Polski, Rumunii, Węgier i ZSRR otworzył i wstępne przemówienie wprowadzające w imieniu Komitetu Gleboznawstwa i Chemii Rolnej V Wydziału PAN wygłosił przewodniczący Komisji Chemii Rolnej prof. dr Tadeusz Lityński.

Obrady prowadził dr W. Boguszewski. Ogółem wygłoszono 15 referatów. Koncentrowały się one wokół trzech zasadniczych i aktualnych obecnie zagadnień, a mianowicie: 1) intensywności i częstotliwości stosowania wapnowania w płodozmianie, 2) efektywności nawozów wapniowych, zależnie od stopnia ich rozdrobnienia i 3) wykorzystania odpadów różnych gałęzi przemysłu jako nawozów wapniowych.

W toku dyskusji nad referatami, szczególnie nad zagadnieniem intensywności stosowania wapna, ujawniły się przyczyny rozbieżności istniejących dotąd poglądów, co skłoniło uczestników obrad do powzięcia decyzji o potrzebie prowadzenia dalszych badań i wymiany spostrzeżeń w ramach współpracy krajów członkowskich RWPG.

I

ИНТЕНСИВНОСТЬ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

DAWKOWANIE I PERIODYCZNOŚĆ WAPNOWANIA
KALKGABEN UND DIE PERIODIZITÄT DER KALKUNG
LIME DOSES AND THE FREQUENCY OF LIMING

ERSTE ERGEBNISSE ÜBER DEN EINFLUSS DER KALKUNG SAURER BÖDEN AUF DEN ERTRAG SOWIE DEN Ca-, Mg-, Mn- und Mo-GEHALT VON KULTURPFLANZEN UND IHRE VERFÜGBAREN MENGEN IM BODEN

W. Bergmann, K. H. Beer, A. Prausse, K. Schmidt, B. Witter

Institut für Pflanzenernährung Jena der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin der Deutschen Demokratischen Republik

W. Katzenberger

Institut für Landwirtschaft beim Landwirtschaftsrat des Bezirkes Suhl in Meiningen der Deutschen Demokratischen Republik

1. EINLEITUNG UND KALKBEDARF DER BÖDEN DER DDR

Das Kalzium der Kalkdüngemittel ist nicht nur ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff und in dieser Eigenschaft bei der Beurteilung der Fruchtbarkeit der Böden von Bedeutung. Auf Grund des Einflusses auf physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften bzw. deren Dynamik spielt der Kalziumgehalt des Bodens bzw. spielen die Kalkdüngemittel für die Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit eine weit über die reine Nährstoffwirkung des Kalziums hinausgehende Rolle, so dass man die Kalkdüngemittel schon seit jeher in erster Linie als sog. „Bodendünger“ bezeichnet. Während selbst in nicht allzu sauren Böden die Pflanzen für ein optimales Wachstum noch genügend Ca-Ionen aufnehmen können (auf Moorböden sogar noch bei pH-Werten um 3,8-4,5), wirkt sich eine Verarmung der Mineralböden an Kalk, insbesondere bei steigendem Tongehalt, in vielfältiger Weise negativ auf den Boden und auf seinen Fruchtbarkeitszustand aus — Bergmann (4, 5, 6), Nieschlag (9), Vetter (11), Bergmann und Mitarb. (7).

War man ehemals der Meinung, dass die Pflanzen nur bei einem optimalen pH-Wert an sich auch nur optimal gedeihen können, hat man inzwischen erkannt, dass das Wachstum unserer Kulturpflanzen, abgesehen von extremen pH-Werten, nicht so sehr von der Wasserstoffionenkonzentration als solcher direkt abhängig ist, sondern in erster Linie von den durch die Wasserstoffionenkonzentration beeinflussbaren Bodenfaktoren. Neben einer Verschlechterung bodenbiologischer und -physikalischer Faktoren, Abnahme wertvoller und Zunahme ungünstiger, z. T. leicht auswaschbarer Humusformen, gehemmter Mineralisierungsrate, Basenarmut und allgemeinem Makronährstoffmangel sowie Festlegung und gehemmter Aufnahme von Makro- und Mikronährstoffen (z. B. P, Mg, Mo) sind vor allem die Anrei-

cherung und verstärkte Aufnahme von Al-, Mn und anderer sich auf das Wachstum der Pflanzen toxisch auswirkender Schwermetallionen die wesentlichsten Faktoren für ein schlechtes Pflanzenwachstum auf Mineralböden mit niedrigen pH-Werten. Bei zu starken pH-Verschiebungen nach der neutralen bis alkalischen Seite kann es aber andererseits ebenfalls zu Wachstumshemmungen und Qualitätsminderungen der Pflanzen durch z. B. Fe-, B- und Mn- Mangel kommen.

Nach Vetter (11) vertragen selbst die als „kalkliebend“ bekannten Kulturpflanzen noch Bodenreaktionen von pH 4-5, wenn keine der genannten mittelbaren Schädigungen auftreten. Auf Grund des gegenwärtigen Standes unseres Wissens in bezug auf Bodenart, pH-Wert sowie Mineralstoffversorgung und Wachstum der Pflanzen spricht man daher heute auch von sog. „optimalen Boden-pH-Bereichen“, wie sie als vorläufig verbindliche Werte in der Tabelle 1 aufgeführt sind:

Tabelle 1

Optimale pH-Bereiche verschiedener Bodenarten
Optimal pH range for various kinds of soils

Bodenart — Kind of soil	pH (n/10 KCl)
Ton-, Lehm- und Lössböden Clay, loam and loess soils	6,8—7,0
Schwere Grünlandböden Heavy grassland soils	6,0—6,5
Sandige Lehm Böden Sandy loam soils	6,3—6,7
Lehmige Sandböden Loamy sand soils	5,8—6,2
Sandböden mit < 10% Humus Sandy soils with humus content below 10%	5,3—5,7
Sandböden mit > 10% Humus Sandy soils with humus content over 10%	4,6—5,0
Lehm Böden mit < 10% Humus Loam soils with humus content below 10%	5,5—6,0
Humus-(Moor)böden > 30% Humus Humus (peat) soils with humus content over 30%	3,8—4,5

Ganz allgemein gilt die Regel: „Ebensowenig wie überkalkte leichte Böden nicht für den Anbau der sogenannten «kalkliebenden» Pflanzen taugen, ebensowenig eignen sich mit Kalk unterversorgte schwere Böden für den zünftigen Anbau säureverträglicher Pflanzen“.

pH n/10 KCl	a S - Sl - Böden		b IS - sL - Böden		c L - T - Böden		
	Acker	bei 5 - 10% Humus und Grünland	Acker	bei 5 - 10% Humus und Grünland	Acker Lehm- und Lössböden	sehr schwere Lehm- und Tonböden	Grünland
3,5							
3,6	10/15	5/10	20/50	10/20	40/85	40/100	
3,7							20/40
3,8			20/45		40/75	40/90	
3,9				10/15			
4,0		5	20/40		40/70	40/85	20/35
4,1	10						
4,2			20/35		40/65	40/80	20/30
4,3							
4,4					40/60	40/75	
4,5		4	20/30	10			20/25
4,6					40/55	40/70	
4,7	5						
4,8					30/45	40/60	20
4,9		2-3	20/25				
5,0					30/40	30/50	
5,1	5		20				15
5,2					30/35	30/40	
5,3				5			
5,4	3-4		15		30	30/35	10
5,5							
5,6					25	30	
5,7			10				5
5,8	2-3					25	
5,9			5		20		
6,0					15	20	3-4
6,1			3-4				
6,2					10	15	
6,3			2-3				
6,4					5	10	
6,5							
6,6						5	
6,7					3-4		
6,8							
6,9						3-4	
7,0							
7,1							
7,2							
7,3							
7,4							



Abb. 1: Tabelle zur Ermittlung des Kalkbedarfs in dt/ha CaO unter Berücksichtigung des pH-Wertes (n/10 KCl) und der Bodenart
 1 — stark kalkbedürftig, 2 — kalkbedürftig, 3 — in Ordnung, 4 — für Sandböden sehr hoch,
 Fig. 1. Table for determining the demand for lime in terms of q CaO/ha taking into account the value of pH (n/10 KCl) and the kind of soil
 1 — heavy lime demand, 2 — lime demand, 3 — normal, 4 — very high for sand soils.

Da die Kalkversorgung der Böden sich auf Grund der bisherigen Ausführungen in erster Linie mittelbar, d.h. über die Beeinflussung anderer Bodeneigenschaften auf das Pflanzenwachstum bemerkbar macht, besteht allerdings die Gefahr, dass man den Kalkmangel häufig erst nach Jahren hinsichtlich seiner ertragsmindernden Wirkung erkennt bzw. die vielfältigen, allerdings nicht ganz richtig unter dem Begriff „Bodensäureschäden“ zusammengefassten Erscheinungen durch eine Kalkdüngung häufig auch nicht von heute auf morgen beseitigen kann.

Obwohl in der DDR seit Jahren die höchsten Kalkmengen pro ha LN im Vergleich zu anderen Ländern angewandt werden (Tab. 2) sind nach den Ergebnissen des III. Turnus der systematischen Bodenuntersuchung (1961/1965) noch 37% der Acker- und 40% der Grünlandböden stark kalkbedürftig, sowie 36% der Acker- und 37% der Grünlandböden kalkbedürftig, so dass der Bedarf pro ha LN nach den gegenwärtig gültigen Bedarfsnormen¹ (Abb. 1) ohne Berücksichtigung von Entzug und Auswaschung noch beachtlich hoch ist und auch in den nächsten Jahren der Kalkversorgung der Böden weiterhin grosse Aufmerksamkeit entgegengebracht werden muss.

Da die Kalkdüngung der Böden einerseits seit jeher ein erhebliches Transportproblem darstellt, die Vernachlässigung der notwendigen Kalkzufuhr auf vielen Böden zum anderen im Verlauf der Jahre aber zu einem Rückgang des Fruchtbarkeitszustandes der Böden und schliesslich zu Ertragsausfällen und Qualitätsminderungen führte, ist es unbedingt notwendig, in Dauerversuchen auf verschiedenen Böden und unter verschiedenen Bedingungen die Wirkung einer Kalkdüngung auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte zu prüfen und die minimalen Aufwandmengen an Kalk zur Erhaltung bzw. Verbesserung des Fruchtbarkeitszustandes der Böden zu ermitteln (Tab. 2).

Nur unter Berücksichtigung dieser beiden Gesichtspunkte ist es möglich, unter ökonomisch vertretbaren Bedingungen hohe Erträge mit ausreichender Qualität zu erzielen.

Aus diesem Grund wurden in Ergänzung zu den in verschiedenen Instituten der DDR laufenden Kalkdüngungsversuchen vom Bereich Bodenuntersuchung des Institutes für Pflanzenernährung Jena auf verschiedenen Böden der DDR einheitliche Dauerkalkdüngungsversuche sowie Mg-Kalk-Düngungsversuche angelegt, um im Verlauf der Jahre den Einfluss der Kalkung auf Ertrag, Qualität der Ernteprodukte, Nährstoffaufnahme und Veränderungen des verfügbaren Bodennähr-

¹ War man früher der Meinung, dass selbst auf schweren Böden 30-40 dt/ha Branntkalk als einmalige Gabe nicht überschritten werden sollen, so ergaben neuere Versuche, dass selbst einmalige Gaben von 80-100 dt/ha und noch mehr, falls auf Grund niedriger Bodenreaktionen schwerer Böden erforderlich, ohne Schaden, im Gegenteil mit stark positiven Effekten angewandt werden können. Allerdings unter der Voraussetzung, dass sie nicht zu kurz vor der Bestellung angewandt, gleichmässig ausgebracht, gut mit dem Böden vermischt und tief eingepflügt werden, insbesondere dann, wenn, wie auf vielen Böden, der Unterboden sauer bis stark sauer ist. Ist dies nicht der Fall, dann sollte man die bisherigen einmaligen Höchstgaben (Abb. 1) möglichst nicht überschreiten, die auch schon zu den erwünschten Anfangserfolgen führen, selbst wenn der pH-Wert nicht sofort bis zum optimalen pH-Bereich angehoben wird.

Tabelle 2

Entwicklung des Kalkverbrauches in der DDR und einigen Bezirken von 1958-1965 sowie der jährliche Bedarf/ha¹. LN der DDR nach den Ergebnissen des III. Turnus (1961/1965) der systematischen Bodenuntersuchung in kg CaO je ha LN

Lime utilization in German Democratic Republic and in some of her districts during the 1958-1965 period and the average demand of lime per 1 ha¹ of agricultural lands annually according to the third turn of systematic soil investigations in CaO per ha of agricultural lands

Bezirk bzw. DDR District or in GDR	CaO-Verbrauch je Jahr in kg/ha LN CaO demand annually in kg/ha							
	1958	1959	1960	1961	1962	1963 ²	1964 ²	1965 ²
Rostock	122	132	137	141	141	179	209	256
Cottbus	113	117	105	119	190	213	316	313
Halle	57	61	64	62	56	47	67	95
Suhl	36	63	64	77	101	122	143	137
Leipzig	171	186	188	199	201	179	212	241
Karl-Marx- -Stadt	197	229	205	221	215	223	326	355
DDR	115	124	121	119	128	153	199	211

¹ Jährlicher Bedarf nach den Ergebnissen des III. Turnus der systematischen Bodenuntersuchung 1961/1965 ohne Berücksichtigung von Entzug und Auswaschung
je ha Ackerland = 220-250
je ha Grünland = 110-130

Average yearly demand (according to IIIrd of systematic soil investigations 1961/1965), uptake and leaching not considered

per ha arable land = 220-250
per ha greenland = 110-130

² In diesen Jahren wurden z. T. zusätzliche Kalkmengen aus örtlichen Kalkreserve genutzt.
In these years additional quantities of CaO originating from local resources were applied.

stoffgehaltes zu untersuchen. Über Anlage der Versuche und einige erste, auf leichten Böden erzielte Ergebnisse soll in den folgenden Ausführungen berichtet werden.

2. ANLAGE DER KALK- UND MG-KALK-DÜNGUNGSVERSUCHE

Eine Klärung des Problems der Kalkversorgung der Böden ist nur möglich, wenn gleichzeitig Art und Menge der übrigen Mineraldüngergaben Berücksichtigung finden. Werden z. B. viel Thomasphosphat, Kalkammonsalpeter, Kalkstickstoff etc. gedüngt, so können bei P-Gaben von etwa 25-40 kg/ha P (60-90 kg/ha P₂O₅) und 80-120 kg/ha N dem Boden bereits Gaben von etwa 200-300 kg/ha Ca (280-420 kg/ha CaO) zugeführt werden. Verwendung von Superphosphat und schwefelsäurem Ammoniak kann dagegen auf wenig gepufferten Böden zur Versauerung des Bodens führen. Auch die erhöhte Anwendung von flüssigem Ammoniak führt zu einem erhöhten Kalkbedarf, desgleichen die ausschliessliche Verwendung hochkonzentrierter NPK-Mehrnährstoffdünger.

Unter Berücksichtigung einiger dieser Gesichtspunkte wurden die hier zu besprechenden Kalkdüngungsversuche nach dem Schema der Tabelle 3 angelegt.

Tabelle 3

Schema der Kalkdauerdüngungsversuche
A scheme of long term experiments with lime fertilization

Variante Variant	NP-Düngung ¹ NP ferti- zation	Kalkform Form of lime	Kalkgabe ² Lime dose ²	Schlüssel Variance code
1	Alkalisch Basic	—	—	100
2	Sauer Acid	—	—	200
3	Alkalisch Basic	Branntkalk quicklime	Niedrig low	111
4	Sauer Acid	Branntkalk quicklime	”	211
5	Alkalisch Basic	Kohlens. Kalk calcium car- bonate	”	121
6	Sauer Acid	”	”	221
7	Alkalisch Basic	Branntkalk quicklime	Hoch high	112
8	Sauer Acid	”	”	212
9	Alkalisch Basic	Kohlens. Kalk calcium car- bonate	” ”	122
10	Sauer Acid	”	”	222

¹ Alkal. Düngung = Kalkammonsalpeter, Thomasphosphat. Saure Düngung = Schwefels. Ammoniak, Superphosphat, 40%—iges Kali.

Basic fertilization = ammonium nitrate with calcium carbonate, Thomas phosphate. Acid fertilization = Ammonium sulphate, superphosphate, 40% — potassium salt.

² Niedrige Kalkgabe = nach Kalktabelle der Bodenuntersuchung. Hohe Kalkgabe = etwa doppelte Gabe.

Low lime dose = according to lime table of soil investigation. High lime dose = almost a double dose.

Da auf vielen sauren Böden gleichzeitig Mg-Mangel auftritt, der durch Kalkdüngung und auch NO₃-N-Gaben schon behoben oder reduziert werden kann, wurden entsprechende Dauerdüngungsversuche nach dem Schema der Tabelle 4 angelegt.

Desgleichen wurden einfache Mg-Kalkdüngungsversuche nach dem Schema der Tabelle 5 angelegt.

Die NPK-Gaben wurden unter Berücksichtigung der Bodenuntersuchungsergebnisse, der angebauten Fruchtart und des standortbedingten Ertragsniveaus jeweils für hohe Ernten verabfolgt.

Tabelle 4

Schema der Mg-Kalk-Dauerdüngungsversuche
 A scheme of long term fertilization experiments with lime and magnesium

Variante Variant	N-Form Form of N	Mg-Gabe ¹ Mg dose ¹	Kalkgabe ² Lime dose ²	Varianten Schlüssel Variance code
1	Schwefels. Ammoniak Ammonium sulphate	ohne none	—	100
2	”	kleine low	—	110
3	”	grosse high	—	120
4	Natronsalpeter Sodium nitrate	ohne none	—	200
5	”	kleine low	—	210
6	”	grosse high	—	220
7	Schwefels. Ammoniak Ammonium sulphate	ohne none	mit Kalk with lime	101
8	”	kleine low	”	111
9	”	grosse high	”	121
10	Natronsalpeter Sodium nitrate	ohne none	”	201
11	”	kleine low	”	211
12	”	grosse high	”	221

¹ Kleine Mg-Gabe = 30 kg/ha Mg als Kieserit

Low Mg-dose = 30 kgs/ha Mg as Kieserite

Grosse Mg-Gabe = 60 kg/ha Mg als Kieserit

High Mg dose = 60 kgs/ha Mg as Kieserite

² Kalkgabe je nach Kalktabelle der Bodenuntersuchung. Lime dose according to lime table of soil investigations

Tabelle 5

Schema einfacher Mg-Kalk-Düngungsversuche
 A scheme of one-factor experiments on Ca and Mg fertilization

Variante Variant	Kalkgabe ¹ Lime dose ¹	Mg-Gabe ² Mg dose ²	Varianten Schlüssel Variance code
1	—	—	00
2	—	mit Mg	01
3	mit Ca	—	10
4	”	mit Mg	11

¹ Kalkgabe nach Kalktabelle der Bodenuntersuchung

Lime dose according to the lime table of soil investigations

² Mg-Gabe = 30 kg/ha Mg als Kieserit

Mg dose = 30 kgs/ha in form of kieserite

3. CHARAKTERISTIK DER VERSUCHSSTANDORTE

Von den zahlreichen bisher vorliegenden Ertrags-, Bodenuntersuchungs- und Pflanzenanalysergebnissen¹ sollen einige repräsentative von den Versuchen der in Tabelle 6 aufgeführten Versuchsstandorte mitgeteilt werden.

Tabelle 6

Charakteristik der Versuchsstandorte Characteristics of experimental fields			
	Wahns	Rosa	Dörnfeld
Bodenart			
Mechanical Composition	I S	S I	S I
Zustandsstufe			
Development grade	4	5	5
Entstehungsart			
Parent rock	V	V	V
Bodenzahl			
Soil valuation	34	23	26
Ackerzahl			
Arable soil value	30	20	18
Feinanteil <6 μ in %	11	6	14
Fine earth <6 μ in %			
Humusgehalt in %	1,27	1,55	2,99
Humus content in %			
pH	4,0	4,2	4,4
mg P ₂ O ₅ (DL)	6	3	5
mg K ₂ O (DL)	12	10 bzw. 7	20
mg Mg (Schachtschabel)	2,1	1,8	2,5
ppm Mn (Sulfit-pH 8)	65	72	132

4. VERSUCHSERGEBNISSE

A. ERTRÄGE

1) *Kalkdüngungsversuch Dörnfeld* (Tab. 7). Die Kalkung des Versuches erfolgte am 27. 10. 1964. 1965 wurden Kartoffeln und 1966 Wi-Weizen angebaut.

Obwohl bereits im ersten Jahr durch die Kalkung z. T. gesicherte Mehrerträge erzielt werden konnten, macht sich die Wirkung des Kalkes jedoch erst im zweiten Jahr mit deutlicher Abstufung zwischen der kleinen und grossen Gabe bemerkbar. Desgleichen wirkt sich die saure bzw. alkalische Düngung erst im zweiten Jahr mit signifikanten Unterschieden aus, allerdings bei der hohen Kalkgabe auch nur tendenzmässig. Zeigt der Branntkalk im ersten Jahr eine etwas bessere Wirkung als der kohlen-saure Kalk, so bestehen im zweiten Jahr nach der Kalkung keine Unterschiede mehr.

¹ Die Boden- und Pflanzenuntersuchungen erfolgten nach den bei Bergmann (3) zusammenfassend dargestellten Methoden. Die Pflanzen wurden für die Vorbereitung der Aschelösung bei 500-600°C verascht.

Tabelle 7

Kartoffel- und Weizenerträge des Dörnfelder Kalkdüngungsversuches 1965 und 1966
 Potato and wheat yields in experiments with liming at Dornfeld in 1965-1966

Variante Schlüssel Variance code	1965	1966	Wechselwir- kungen Changeable action	1965		1966	
	Karto- ffeln Potatoes	Wi-Weizen Winter wheat		Kartoffeln Potatoes	Wi-Weizen Winter wheat	dt/ha q/ha	rel.
100	100 (327)	100 (41)	ohne Kalkung no liming	312	100	31,2	100
200	91	51	kleine Kalk- gabe	354	113	44,5	143
111	110	115	low dose of lime				
211	111	101	grosse Kalk- gabe	361	116	49,9	160
121	112	114	high dose of lime				
221	100	102					
112	116	120	GD 5% Conf. interv.	33	11	2,8	9
212	124	118	saure Düngung acid fertili- zing	346	100	40,3	100
122	98	124	alkal, Düngung alkaline fertilizing	350	101	47,3	117
222	103	115					
GD 5% Conf. interv.	20	12	GD 5% Conf. interv.	32	9	2,2	6
			kohlens. Kalk calcium car- bonate	338	100	47,0	100
			Branntkalk quicklime	377	112	46,9	100
			GD 5% Conf. interv.	32	9	2,5	5

2) Mg-Kalkdüngungsversuche Wahns und Rosa mit physiologisch differenzierter N-Düngung (Tab. 8). Die N-, P-, K- und Mg-Düngung erfolgte jährlich, wobei der Stickstoff in zwei Teilgaben verabfolgt wurde. Die auf Grund der Bodenart und des Ausgangs-pH-Wertes ermittelte Kalkmenge wurde in Form von Branntkalk auf die drei ersten Versuchsjahre wie folgt verteilt:

1963 = 17 dt/ha
 1964 = 17 "
 1965 = 3 "

Tabelle 8

Mittlere Relativerträge der Mg-Kalkdüngungsversuche Wahns und Rosa der Jahre 1963-1965
Average yields from experiments on calcium and magnesium appliance at Wahns and Rosa in the
1963-1965 period presented in relative values

Varianten Schlüssel Variance code	Relativerträge 1963-1965 Relative yields 1963-1965		Absoluterträge in dt/ha des ersten Versuchsgliedes (100) Absolute yields in q/ha of the first element of the experiment		
	Wahns	Rosa	1963	1964	1965
			Hafer oats	Kartoffeln potatoes	Wi-Roggen winter rye
1 0 0	100	100	Wahns		
1 1 0	103	114	34	133	28
1 2 0	105	116			
2 0 0	113	137	Rosa		
2 1 0	121	136	30	185	24
2 2 0	124	128			
1 0 1	129	119			
1 1 1	123	118			
1 2 1	125	126			
2 0 1	129	125			
2 1 1	131	129			
2 2 1	126	129			
GD 5%	19	21			
Conf. interv.					

Bemerkenswert ist für diese beiden Standorte, dass die Mg-Wirkung in Wahns im ersten und in Rosa im letzten Jahr am besten war, dass die angeblich „säureverträgliche“ Kartoffel besonders stark auf die Erhöhung des pH-Wertes reagierte und dass auf dem Standort Wahns zunächst durch $\text{NO}_3\text{-N}$ -Düngung bzw. Kalkung signifikantere Ertragssteigerungen als durch Mg-Düngung allein erzielt wurden. Eine ausgeprägte positive Mg-Wirkung war bei $\text{NO}_3\text{-N}$ -Düngung auf dem Standort Wahns im 3. Jahr zu beobachten; im 1. Jahr nur tendenzmässig. Nach Kalkung der Standorte konnte keinerlei signifikante Mg-Wirkung beobachtet werden, im 1. und 3. Jahr war in Rosa bei Kalkung plus $\text{NO}_3\text{-N}$ -Düngung noch ein zusätzlicher Effekt zu beobachten. Da allgemein bekannt ist, dass nach $\text{NO}_3\text{-N}$ - und Kalkdüngung saurer Böden die Mg-Versorgung nur für einige Jahre verbessert wird, bleibt abzuwarten, wann auf diesen Standorten entsprechend ausgeprägte Differenzen auftreten.

3) *Einfacher Mg-Kalk-Düngungsversuch Rosa* (Tab. 9). Eine Mg- und Kalkdüngung erfolgte wie in den vorhergehenden Versuchen nur in den Jahren 1963-1965. Im Jahre 1966 wurde die Nachwirkung geprüft.

Obwohl durch eine Mg-Düngung bereits Mehrerträge erzielt werden konnten, wurden doch erst durch die Kalkdüngung des Bodens wesentliche Ertragssteigerungen erzielt. Die Mindererträge im ersten Jahr bei der Kalkdüngung sind sicherlich

Tabelle 9

Relativerträge von 4 Versuchsjahren des Mg-Kalk-Düngungsversuches Rosa II
Relative yields from 4 years of experiment with calcium and magnesium appliance (Rosa II)

Varianten Schlüssel	Relativerträge der Jahre 1963/1965 (in Klammern Absolutwerte in dt/ha) Relative yields of the 1963-1965 period (in brackets — absolute values in q/ha)			
	1963 Hafer oats	1964 Kartoffeln potatoes	1965 Wi-Roggen winter rye	1966 Grünmais Frischmasse maize green mass
0 0	100	100 (233)	100 (24)	100 (105)
0 1	117	106	116	159
1 0	80	117	136	384
1 1	97	135	137	372
GD 5% Conf. interv.	17	21	14	76

darauf zurückzuführen, dass die Kalkgabe in Form von Branntkalk erst kurz vor der Haferbestellung verabfolgt werden konnte. Sie sind somit ein Beweis dafür, dass auf leichten Böden bei Verwendung von Branntkalk zwischen Anwendung und Bestellung ein grösserer Abstand gewahrt werden sollte bzw. am besten kohlen-saurer Kalk Verwendung findet.

B. Ca-, Mg-, Mn- UND Mo-GEHALTE DER ERNTEPRODUKTE

1) *Kalkdüngungsversuch Dörnfeld* (Tab. 10 und 11). Der Ca-Gehalt der Pflanzen lässt keine positive Kalkwirkung erkennen. Im Gegenteil, bei den ungekalkten Varianten findet man die höchsten Ca-Gehalte. Nur bei Stroh deutet sich ein tendenzmässig negativer Einfluss der sauren Düngung auf den Ca-Gehalt an, allerdings ohne eindeutigen Zusammenhang zu den Erträgen.

Dagegen zeichnen sich hinsichtlich der Mg-Gehalte schon bessere Zusammenhänge ab. So wird innerhalb der ersten vier Versuchsglieder durch die saure Düngung der Mg-Gehalt deutlich vermindert. Bei den ungekalkten Varianten macht sich dies selbst noch in den Körnern bemerkbar. Durch die Kalkgaben wird bis auf die beiden letzten Varianten zur Zeit des Ährenschiebens diese Tendenz ausgeschaltet, wobei z. T. höhere Mg-Gehalte in den gekalkten Varianten vorliegen.

Deutlich ausgeprägte Unterschiede durch die kleine und grosse Kalkgabe sowie die physiologisch unterschiedliche Düngung machen sich jedoch bei den Mn- und Mo-Gehalten der Pflanzen bemerkbar. Sowohl zur Zeit des Ährenschiebens als auch in den Körnern und im Stroh werden die Mn-Gehalte durch die Kalkgaben, insbesondere durch die hohen, sehr stark reduziert und jeweils durch die saure Düngung erhöht, z. T. sehr beachtlich. Erst bei den hohen Kalkgaben werden diese Differenzen stark vermindert. Umgekehrt werden die Mo-Gehalte durch die saure Düngung z. T. sehr erheblich reduziert und durch die hohen Kalkgaben beachtlich erhöht.

Tabelle 10

Ca- und Mg-Gehalte Wi-Weizen zur Zeit des Ährenschiebens und der Reife
Ca and Mg content (in %) in winter wheat during earing and at ripeness periods

Varianten Schlüssel Variance code	Ca-Gehalte in % Tr. M. Ca content (% of dry mase)			Mg-Gehalte in % Tr. M. Mg content (% of dry mass)		
	Ähren- schiebens earing	der Reife ripeness		Ähren- schiebens earing	der Reife ripeness	
		Körner grain	Stroh straw		Körner grain	Stroh straw
	1 0 0	0,30	0,24	0,33	0,09	0,14
2 0 0	0,31	0,27	0,30	0,08	0,11	0,04
1 1 1	0,19	0,27	0,30	0,10	0,14	0,09
2 1 1	0,19	0,27	0,26	0,06	0,13	0,05
1 2 1	0,19	0,18	0,30	0,07	0,14	0,07
2 2 1	0,19	0,16	0,28	0,11	0,15	0,06
1 1 2	0,26	0,16	0,26	0,11	0,16	0,07
2 1 2	0,19	0,16	0,30	0,12	0,16	0,06
1 2 2	0,19	0,15	0,28	0,14	0,14	0,08
2 2 2	0,19	0,16	0,25	0,09	0,16	0,08

Tabelle 11

Mn- und Mo-Gehalte von Wi-Weizen zur Zeit des Ährenschiebens und der Reife
Mn and Mo contents of winter wheat during earing and at ripeness periods

Varianten Schlüssel Variance code	Mn-Gehalte in ppm d. Tr. M. Mn content in ppm of the dry mass			Mo-Gehalte in ppm d. Tr. M. Mo content in ppm of the dry mass		
	Ähren- schiebens Earing	der Reife Ripeness		Ähren- schiebens Earing	der Reife Ripeness	
		Körner grain	Stroh straw		Körner grain	Stroh straw
	1 0 0	164	87	193	0,09	0,06
2 0 0	297	117	278	0,02	0,01	0,05
1 1 1	142	66	113	0,18	0,05	0,22
2 1 1	134	81	133	0,06	0,03	0,09
1 2 1	100	65	116	0,13	0,06	0,14
2 2 1	196	86	121	0,01	0,05	0,11
1 1 2	101	52	94	0,24	0,08	0,23
2 1 2	121	52	89	0,12	0,09	0,25
1 2 2	100	55	74	0,15	0,13	0,47
2 2 2	131	66	84	0,15	0,08	0,31

Bisher ist wenig darüber bekannt, inwieweit derartige Verschiebungen im Mineralstoffgehalt auf den intermediären Stoffwechsel und letzten Endes auf das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen von Einfluss sind. Nach den bisherigen,

allerdings noch unvollkommenen Kenntnissen ist aber sicher, dass derartige Zusammenhänge bestehen, so dass sich auf diesem Gebiet gerade im Zusammenhang mit der Kalkdüngung ein breites Forschungsgebiet zur Untersuchung der kausalanalytischen Zusammenhänge auftut, um in Zukunft, wenn nötig, in Ergänzung zur Kalkung und Makronährstoffdüngung durch gezielte Mikronährstoffdüngung auftretenden Mangel oder Disharmonien im Nährstoffverhältnis ausgleichen zu können.

2) *Mg-Kalk-Düngungsversuch Rosa* (Tab. 12 und 13). In diesem Versuch mit Grünmais wird der Ca-Gehalt der Pflanzen durch die Kalkdüngung merklich verbessert und praktisch erst in den für die Tierernährung mittleren, mindestens anzustrebenden Bereich angehoben (Bergmann, 6).

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Mg-Gehalte, die ohne Mg- und Kalkdüngung alle unter den für die Ernährung der Tiere anzustrebenden Gehalt von 0,20% liegen. Durch NO₃-N-Düngung werden die Mg-Gehalte der Pflanzen zwar schon etwas erhöht, ausreichend jedoch erst in Verbindung mit einer Mg-Düngung. Auf den gekalkten Varianten ergeben sich keine Unterschiede im Mg-Gehalt bei saurer und alkalischer Düngung.

Tabelle 12

Ca- und Mg-Gehalte von Grünmais des Jahres 1966
Ca and Mg content in green fodder maize in the year 1966

Varianten Schlüssel Variance code	Ca-Gehalte in % d. Tr. M. Ca content in % of dry mass		Mg-Gehalte in % d. Tr. M. Mg content in % of dry mass	
	21 VIII	21 IX	21 VIII	21 IX
100	0,46	0,45	0,11	0,14
110	0,46	0,38	0,17	0,16
120	0,46	0,41	0,16	0,19
200	0,49	0,41	0,15	0,17
210	0,46	0,41	0,20	0,20
220	0,46	0,41	0,22	0,22
101	0,69	0,57	0,28	0,25
111	0,69	0,67	0,26	0,29
121	0,66	0,56	0,30	0,23
201	0,61	0,57	0,23	0,22
211	0,64	0,56	0,24	0,22
221	0,75	0,56	0,30	0,24

Überaus grosse Unterschiede zeigen wiederum die Mn- und Mo-Gehalte der Pflanzen. Auffallend hoch sind dabei die Mn-Gehalte der ungekalkten und mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Varianten, die bereits in einem Bereich liegen, der angeblich von Nachteil auf die Gesundheit der Tiere sein soll. Diese hohen Mn-Gehalte können schon allein durch die alkalische Düngung erheblich reduziert werden, noch stärker jedoch durch Kalkung bzw. Kalkung plus alkalische Düngung. Dabei fallen die Mn-Gehalte der drei letzten Varianten bereits so erheblich ab, dass

Mn- und Mo-Gehalte von Grünmais des Jahres 1966
 Mn and Mo content in green fodder maize in the year 1966

Varianten Schlüssel	Mn-Gehalte in ppm d. Tr. M. Mn content in ppm of dry mass		Mo-Gehalte in ppm. d. Tr. M. Mo content in ppm of dry mass	
	Variance code	21 VIII	21 IX	21 VIII
100	535	379	0,10	0,06
110	503	369	0,10	0,03
120	523	342	0,16	0,05
200	246	171	0,23	0,16
210	190	145	0,28	0,16
220	182	103	0,31	0,21
101	133	73	0,37	0,16
111	107	68	0,30	0,16
121	122	67	0,28	0,15
201	76	54	0,70	0,28
211	68	50	0,88	0,26
221	72	56	0,75	0,22

sie im Hinblick auf die Tierernährung den Mindestschwellenwert von 50 ppm bereits erreichen. Abgesehen von den drei letzten Varianten scheint der Mn-Gehalt auch durch die Mg-Düngung merklich beeinflusst worden zu sein, insbesondere durch die hohe Gabe.

Umgekehrt werden die Mo-Gehalte der Pflanzen sowohl durch die Nitrat als auch die Kalkdüngung erheblich erhöht, am stärksten durch die Kombination beider, während sie durch die Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak stark reduziert werden, vor allem bei der zweiten Ernte. Ob die z. T. angedeutete Erhöhung der Mo-Gehalte bei ohne Kalkdüngung und hohen Mg-Gaben als ein synergistischer Effekt zu deuten ist, müssen weitere Versuchsergebnisse zeigen.

In gleicher Weise wie bei dem Versuch von Dörnfeld zeigen diese Mineralstoffgehaltangaben, dass mit der Kalkung der Böden bzw. saurer oder alkalischer Düngung wesentliche Mineralstoffverschiebungen in der Pflanze auftreten, deren Auswirkungen in den kommenden Jahren eingehende ernährungsphysiologische Untersuchungen notwendig machen.

C. VERÄNDERUNG DER pH-WERTE SOWIE DER BODEN-Mg-, -Mn- UND -Mo-GEHALTE 2-3 JAHRE NACH DER KALKUNG

Die durch die unterschiedliche Kalk- bzw. Mg- plus Kalk-Düngung z. T. in erheblichem Umfang veränderten Mineralstoffgehalte der Pflanzen werfen die Frage auf, inwieweit sich derartige Unterschiede bereits durch Veränderungen der Boden-Mineralstoffgehalte nachweisen lassen bzw. auf diese zurückzuführen sind. Hinweise dazu vermitteln die Ergebnisse der Tabellen 14 bis 16.

1) *Kalkdüngungsversuch Dörnfeld*. Zwei Jahre nach der Kalkung und der physiologisch unterschiedlichen Düngung ergibt sich, dass nicht nur auf den ungekalkten, sondern auch den gekalkten Varianten durch die saure Düngung die pH-Werte stets vermindert wurden, allerdings bei der hohen Kalkgabe in geringerem Ausmass. Bei ungekalkt bewirkte die alkalische Düngung bereits einen, wenn auch leichten pH-Anstieg.

Tabelle 14

Boden-pH-Wert sowie „verfügbare“ Boden-Mg- und -Mn-Gehalte 3 Jahre nach der Kalkung
pH value and available Mg and Mn contents in soil 3 years after liming

Varianten Schlüssel Variance code	Boden-pH- -Wert n/10 KCl pH value of soil n/10 KCl 23 VIII 1966	Mg-Gehalte mg/100 g Bo- den nach Schachtschabel Mg content in mg/100 g of soil acc. to Schachtschabel 23 VIII 1966	Mn-Gehalte in ppm Sulfit- pH 8 nach Schachtschabel Mn content in ppm sulphite pH 8 acc. to Schachtschabel 18 V 1966
100	4,6	4,3	148
200	4,0	2,7	134
111	5,2	3,0	90
211	4,6	1,7	100
121	5,4	2,9	85
221	4,6	2,1	125
112	6,2	2,7	61
212	5,8	1,6	60
122	6,2	3,0	68
222	6,0	2,8	78

Der Ausgangs-Mg-Wert von 2,5 mg (Tab. 6) wurde bei ohne Kalkung und saurer Düngung praktisch mit 2,7 mg wiedergefunden. Durch die Düngung mit Thomasphosphat wurde er auf der Variante 1 bereits beachtlich erhöht. Durch die Kalkdüngung wurde er nur in Verbindung mit der alkalischen Düngung erhöht. Bei saurer Düngung fiel er stets ab, wobei insbesondere der jeweils starke Abfall in Verbindung mit der Branntkalkdüngung weit unter den Ausgangswert auffällt. Dies kann vielleicht darauf zurückgeführt werden, dass durch den plötzlichen Ca^{++} -Stoss Mg^{++} freigesetzt und in Verbindung mit SO_4^{++} der sauren Lösung verstärkt ausgewaschen werden. Durch Labormodellversuche wird diese Beobachtung zu klären sein. Mit den Pflanzen-Mg-Gehalten (Tab. 10) stimmen diese Befunde zum Teil gut überein, zum Teil ergeben sich aber auch Abweichungen.

Die Boden-Mn-Gehalte unterliegen starken Veränderungen. Die Erhöhung des Wertes bei Variante 1 ist auf die Mn-Zufuhr durch Thomasphosphat und dessen Freisetzung unter sauren Bedingungen zurückzuführen. Sonst wird, abgesehen von der hohen Kalkgabe, wo ein Einfluss der sauren Düngung auf diesem Standort nach

2 Jahren noch ausgeschaltet ist, durch die saure Düngung der Anteil an extrahierbarem Mn stets erhöht. Bis auf die beiden ersten Varianten stimmen diese Ergebnisse mit den Pflanzen-Mn-Gehalten ebenfalls gut überein (Tab. 11).

2) *Mg-Kalkdüngungsversuch Wahns*. Nach Ablauf von 3 Jahren waren die pH-Werte bei $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ -Düngung und ohne Kalkung praktisch unverändert (vergl. Tab. 6). NaNO_3 -Düngung führte zwar zu keiner wesentlichen pH-Änderung, aber die Boden-Mg-Gehalte verbesserten sich durch Mg-Düngung bereits stärker als bei saurer Düngung. Durch die Kalkung wurden die pH-Werte und die Mg-Boden-gehalte weiter angehoben, wobei die Varianten mit NO_3 -N-Düngung wieder am besten abschneiden. Eine merkliche Anhebung der Boden-Mg-Gehalte ist erst Gaben von 60 kg/ha Mg nachzuweisen.

Tabelle 15

Boden-pH-Werte und „verfügbare“ Boden-Mg-Gehalte“ nach 3 Jahren
pH value and "available" Mg content in soil 3 years after liming

Varianten Schlüssel Variance code	Boden-pH-Werte n/10 KCl Soil pH value			Mg-Gehalte mg/100 g Boden nach Schachtschabel Mg content in mg/100 g of soil acc. to Schacht- schabel		
	0-20	cm	21-40	0-20	cm	21-40
	100	4,2		4,1	2,4	
110	4,0		4,0	2,9		2,4
120	4,0		4,0	2,9		2,7
200	4,2		4,1	2,7		2,8
210	4,4		4,3	3,6		3,6
220	4,2		4,2	3,5		3,2
101	4,7		4,8	4,0		3,5
111	5,0		4,7	4,4		3,8
121	4,8		4,6	4,6		4,5
201	5,5		4,8	4,2		3,9
211	5,5		4,7	4,4		3,3
221	5,3		4,9	5,4		4,6

3) *Mg-Kalkdüngungsversuch Rosa*. Die Verbesserung der Boden-pH-Werte durch Kalkung und Mg-Düngung entspricht den bereits auf dem Standort Wahns gefundenen Veränderungen. In gleicher Weise erfolgt die Verbesserung der Boden-Mg-Gehalte, allerdings in wesentlich ausgeprägterer Form. Jedoch bewirkte auf diesem Standort eine $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ -Düngung ein weiteres Absinken der pH-Werte und auch der Boden-Mg-Gehalte, die nur durch Mg-Düngung gehalten werden konnten. Die Ergebnisse stimmen mit den Pflanzen-Mg-Werten (Tab. 12) gut überein.

Die Mn-Werte sind auf diesem Standort bereits ohne Kalkung erheblich zurückgegangen. Inwieweit dies auf die hohen Mn-Entzüge (Tab. 13) bei den sechs ersten Varianten zurückzuführen ist, oder mit jahreszeitlichen Änderungen der Boden-

Tabelle 16

Boden- pH-Werte sowie „verfügbare“ Mg-, Mn- und Mo-Gehalte am 5 X 1966
 pH value and “available” Mg, Mn, and Mo contents in soil on theth 5 of October 1965

Varianten Schlüssel Variance code	Boden- pH-Werte Soil pH values	Mg-Gehalte mg/100 g Boden nach Schachtschabel Mg content in mg/100 g of soil acc. to Schacht- schabel	Mn-Gehalte in ppm Sul- fit-pH 8 nach Schacht- schabel Mn content in ppm sulphite- pH 8 acc. to Schachtschabel	Mo-Gehalte in ppm nach Grigg Mo content in ppm acc. to Grigg
100	3,8	0,8	44	0,11
110	3,8	1,8	46	0,09
120	3,9	1,5	43	0,09
200	4,2	1,8	44	0,09
210	4,3	2,0	42	0,08
220	4,2	5,2	40	0,08
101	5,2	3,1	30	0,09
111	5,2	3,1	38	0,10
121	4,8	4,1	32	0,10
201	5,4	4,7	27	0,09
211	5,8	5,0	25	0,11
221	5,6	5,4	29	0,10

Mn-Gehalte zusammenhängt (Beer, 1, 2; Grasmanis und Leeper 8), bleibt zunächst dahingestellt. Durch Kalkung erfolgt eine weitere Reduzierung, in Verbindung mit $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ -Düngung allerdings in geringerem Ausmass als mit NaNO_3 -Düngung. Die Mn-Gehalte der Pflanze (Tab. 13) werden jedoch durch die Kalkung und physiologisch unterschiedliche Düngung weitaus stärker differenziert.

Die Boden-Mo-Gehalte lassen im Gegensatz zu den überaus stark differenzierten Pflanzen-Mo-Gehalten durch die unterschiedliche Düngung noch keine gerichtete Veränderung erkennen, was vielleicht auch mit den überhaupt niedrigen Werten dieses Standortes zusammenhängt; denn es ist ja bekannt, dass niedrige extrahierbare Boden-Mineralstoffgehalte häufig nur geringeren Schwankungen unterliegen als höhere, falls keine Düngung mit dem entsprechenden Mineralstoff erfolgt.

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Nach Schmidt (10) und Wichtmann (12) kann man auf Grund zahlreicher mehrjähriger Kalkdüngungsversuche mit den in Tabelle 17 aufgeführten Ertragssteigerungen rechnen, wobei dahingestellt bleibt, ob diese Ertragssteigerungen auf eine verbesserte P-, Mg- oder Mo-Versorgung der Pflanzen, auf eine Neutralisierung giftiger Al- oder Schwermetallionen, auf eine Intensivierung der Mineralisierungsvorgänge oder allgemein auf ein besseres und mehr harmonisches Mineralstofftransformationsvermögen zurückzuführen sind.

Die eigenen Ergebnisse liegen etwa in der gleichen Grössenordnung, z. T. sogar über den Werten der Tabelle 17 und sind somit eine gute Ergänzung zu den z. T. unter anderen Bedingungen ermittelten Ergebnissen. Die Aufkalkung der sauren Böden der DDR kann daher in Verbindung mit der steigenden Anwendung von NPK-Düngemitteln in den nächsten Jahren bereits zu einer erheblichen Verbesserung der pflanzlichen Produktion führen.

Neben der Erhöhung der Erträge durch die Kalkdüngung der Böden in Verbindung mit Mg-Gaben sowie saurer bzw. alkalisch betonter NPK-Düngung kommt aber der Veränderung der Ernteprodukte, in vorliegendem Fall der Mineralstoffe Ca, Mg, Mn und Mo eine zunehmende Bedeutung zu.¹ Während eine Änderung der Ca- und Mg-Gehalte zwar vorhanden, aber noch keineswegs extrem ist, unterliegen die Mn- und Mo-Gehalte der Pflanzen ganz erheblichen Schwankungen, die im Hinblick auf die Wirkungsweise dieser Elemente in intermediären Stoffwechsel und ihre Wechselwirkung mit anderen Elementen die Frage nach dem

Einfluss derartig veränderter Mineralstoffverhältnisse auf die Stoffproduktion und damit auf die Qualität der Ernteprodukte aufwerfen. Hinzu kommt ferner im Hinblick auf die Mineralstoffernährung der Tiere der unterschiedliche Gehalt dieser Elemente an sich in den Pflanzen.

Tabelle 17

Mögliche Ertragssteigerungen durch Kalkung auf kalkbedürftigen Böden (nach Angaben von Schmitt (1964) und Wichtmann (1965))

Yields increments possible to attain through liming on soils needing calcium (according to data of Schmitt (1964) and Wichtmann (1965))

Fruchtart Kind of crop	Ertragssteigerungen in dt/ha Yield increments in q/ha
Wi-Weizen Winter wheat	3,7 — 6,2
Wi-Roggen Winter rye	3,4 — 10,5
Wi-Gerste Winter barley	5,3
So-Gerste Spring barley	4,5
Hafer Oats	3,1 — 5,6
Kartoffeln Potatoes	50
Futterrüben Fodder beets	100

¹ Da die ebenfalls mitbestimmten N-, P- und K-Gehalte keine gerichteten Änderungen erkennen lassen, wurde auf eine Wiedergabe verzichtet.

Hierauf an dieser Stelle näher einzugehen, war nicht beabsichtigt und ist auf Grund z. Zt. noch mangelnder bzw. unvollkommener Kenntnisse auch nicht möglich. Die aufgeführten Ergebnisse, die mit entsprechenden Literaturangaben aus anderer Sicht durchaus gut übereinstimmen, lassen aber erkennen, dass mit der Aufkalkung der Böden zahlreiche ernährungsphysiologische Fragestellungen einer dringenden Aufklärung bedürfen, um die Veränderungen des „verfügbaren“ Bodenmineralstoffpools in ihren möglichen Auswirkungen auf den Mineralstoffgehalt der Pflanzen und die Beeinflussung der Stoffproduktion zu erfassen als Voraussetzung für zielgerichtete Ergänzungsmassnahmen im Zusammenhang mit der Kalkdüngung der Böden. Ausserdem wird die Auswertung derartiger Untersuchungen Aufschluss darüber geben, inwieweit Aufkalkungsmassnahmen ökonomisch und bis zu welcher pH-Wert-Erhöhung unbedingt notwendig sind, um zusätzliche Düngungsmassnahmen zu vermeiden bzw. auf ein Minimum zu reduzieren.

LITERATUR

1. Beer, K. H.: Untersuchungen über Bindungsverhältnisse und Dynamik des Mangans in typischen mitteldeutschen Böden als Grundlage für die Bodenuntersuchung auf pflanzenverfügbares Mangan. Jena, Friedrich Schiller-Univ., Diss. 1965
2. Beer, K. H. und Mitarb.: *Thaer-Arch.* 10, S. 909-926, 1966
3. Bergmann, W.: *Internat. Z. Landwirtsch. H.* 3, S. 3-7, 1963
4. Bergmann, W.: *Dt. Landwirtsch.*, 14, S. 535-538, 1963
5. Bergmann, W.: *Düngekalktagung 16/17. 6. 1965 in Leipzig*; Eigenverlag Kammer der Technik Berlin, S. 5-27, 1966
6. Bergmann, W.: *Tag. -Ber. Dt. Akad. Landwirtsch. -Wiss, Berlin Nr 85*, S. 11-48, 1966
7. Bergmann, W., Güther A., Witter, B.: *Bodenuntersuchung und Düngung, eine Massnahme zur Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit*. 4. Auflage. Inst. f. Pflanzenern. Jena, Pöschel, Streitberger Verlag 1966
8. Grasmanis, V. O., Leeper, G. W.: *Plant and Soil* XXV S. 41-48, 1966
9. Nieschlag, F.: *Mitt. Dt. Landwirtsch. -Ges.* 78, S. 471-473, 1963
10. Schmidt, L.: *Mitt. Dt. Landwirtsch. -Ges.* 79, S. 236-238, 1964
11. Vetter, H.: *Mitt. Dt. Landwirtsch. -Ges.* 78, S. 478-482, 1963
12. Wichtmann, K.: *Mitt. Dt. Landwirtsch. -Ges.* 80, S. 652-653, 1965

W. Bergmann, K. H. Beer, W. Katzenberger, A. Prause, K. Schmidt, B. Witter

ERSTE ERGEBNISSE ÜBER DEN EINFLUSS DER KALKUNG SAURER BÖDEN AUF DEN ERTRAG SOWIE DEN Ca, Mg, Mn UND Mo GEHALT VON KULTURPFLANZEN UND IHRE VERFÜGBAREN MENGEN IN BODEN

Zusammenfassung

Nach Ausführungen über die Kalkdüngung in der DDR und den Kalkbedarf pro ha LN in den kommenden Jahren an Hand der Ergebnisse des III. Turnus der systematischen Bodenuntersuchung werden einige bisher erzielte Ergebnisse von Kalk- sowie Mg- und Kalkdüngungsversuchen mit z. T. sauer und alkalisch betonter Mineraldüngung mitgeteilt. Durch die Kalkung der sauren Böden konnten z. T. erhebliche Ertragssteigerungen erzielt werden. Saure Düngung war der alkalischen Düngung in den meisten Fällen unterlegen. Alleinige Mg-Düngung führte auf den stark sauren Böden nur in wenigen Fällen zu Ertragssteigerungen. Dagegen wirkten NO₃-N- und

Kalkgaben stets ertragsfördernd. Zusätzliche Mg-Gaben bewirkten in den erst 3-jährigen Versuchen nur vereinzelt zusätzliche, aber kaum signifikante Ertragssteigerungen. Neben der Erhöhung der Erträge war die Kalkdüngung sowie die physiologisch differenzierte Mineraldüngung von erheblichem Einfluss auf die Mineralstoffgehalte der Pflanzen.

Während hinsichtlich der Ca- und Mg-Gehalte meist nur geringe, bei Mais als Futterpflanze jedoch z. T. ins Gewicht fallende Unterschiede festgestellt werden konnten, wurden die Mn- und Mo-Gehalte in gegensinniger Weise ausserordentlich stark beeinflusst. Erhöhung des pH-Wertes und alkalische Düngung reduzierten die Mn-Gehalte und erhöhten die Mo-Gehalte erheblich. Auch die „verfügbaren“ Boden -Mg- und -Mn-Gehalte wurden durch die differenzierten Düngungsmassnahmen nachweisbar und merklich beeinflusst und zwar in der Weise, dass durch alkalische Düngung, $\text{NO}_3\text{-N}$ -Düngung, $\text{NO}_3\text{-N}$ -Düngung und Kalkung die extrahierbaren Boden-Mg-Werte anstiegen und die Boden-Mn-Gehalte reduziert wurden. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass durch die Kalkdüngung saurer Böden nicht nur die Erträge erheblich gesteigert werden können, sondern dass auch der Mineralstoffgehalt der Pflanzen und insbesondere das Verhältnis der Mineralstoffe zueinander erheblich beeinflusst werden können. Diese Veränderungen sind erste Hinweise für ernährungsphysiologische Fragestellungen, um nach eingehender Klärung durch gezielte Massnahmen Mängel und Disharmonien bei der Ernährung der Pflanzen und Tiere beheben zu können.

*В. Бергманн, К. Г. Беер, В. Катценбергер, А. Прауссе,
К. Шмидт, Б. Виттер*

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ Ca, Mg, Mn, и Mo, В КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЯХ И ДОСТУПНЫЕ КОЛИЧЕСТВА ЭТИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ

Резюме

В работе представлены данные о применении известкования в ГДР и о потребности в извести на один га сельскохозяйственных угодий, рассчитанной по результатам III тура систематических почвенных исследований. Авторы сообщают о результатах полученных в опытах по известкованию, по внесению магниевого удобрения и по сочетанию известкования с минеральными, отчасти кислыми и отчасти щелочными удобрениями. В результате известкования кислых почв, во многих случаях были получены значительные прибавки урожая. Кислые удобрения в большинстве случаев уступали щелочным. Внесение магниевого удобрения на кислых почвах очень редко приводило к повышению урожая. Внесение нитратного азота а также известкования, наоборот, всегда повышало урожай. Дополнительное внесение магния в опытах, продолжающихся всего три года, только в отдельных случаях приводило к прибавкам урожая, однако, эти прибавки не были статистически достоверными. Кроме повышения урожая, известкование и физиологически дифференцированное минеральное удобрение оказывало значительное влияние на содержание минеральных веществ в растениях. В отношении содержания кальция и магния в большинстве случаев были установлены лишь незначительные различия (кроме кукурузы, являющейся кормовой культурой у которой были установлены более значительные различия), в то время как содержание марганца и молибдена очень сильно изменялось в обратнопропорциональном соотношении. Увеличение показателя pH и применение физиологически щелочных удобрений вызывали снижение содержания марганца и увеличение содержания молибдена. Количество доступного магния и марганца в почве тоже значительно изменялось за счет дифференцированного удобрения. За счет физиологически щелочных удобрений, нитратного азота и известкования количество экстрагируемого магния в почве увеличивалось, а содержание в ней марганца уменьшалось.

Результаты опытов показывают, что при известковании кислых почв не только можно значительно повысить урожай, но и оказывать значительное влияние на содержание минеральных веществ и особенно на их соотношения в растениях. Эти изменения являются пер-

выми показателями, которые могут быть использованы при изучении физиологии питания с тем, чтобы после их тщательного изучения можно было устранять недостатки и дисгармоничность питания растений и животных путем направленных мероприятий.

FIRST RESULTS ON THE INFLUENCE OF LIMING ACID SOILS ON YIELDS AND ON THE Ca, Mg, Mn, Mo CONTENT IN PLANTS AND THEIR TOTAL AVAILABILITY IN SOIL

Summary

The appliance of lime fertilizers and the demand of lime per 1 hectare of arable lands in further years, on the basis of the IIIrd turn of systematic soil investigations in the German Democratic Republic are discussed. Some experimental results on the appliance of lime and lime with magnesium in mineral fertilizing with acid or basic reaction are presented.

By liming of acid soils considerable increases of yields were partly obtained and in the majority of cases the fertilization with acid reaction gave lower results than that with basic reaction.

Magnesium fertilization of strongly acid soils gave yield increases only in single cases, while liming with the appliance of N in the form of NO₃ always raised the yields. Additional doses of Mg in 3 year experiments resulted in an increase of yields only in single cases and barely at the limits of significance.

Liming and mineral fertilizing, differentiated from the physiological reaction point of view, influenced, besides the yields, the content of mineral components in plants.

The Ca and Mg content in fodder maize was only slightly influenced by liming and physiological reaction of fertilizing, while the content of Mn considerably decreased as a result of liming. The increase of pH and physiologically basic fertilization considerably increased the Mo content. The available Mg and Mn content in soil was under the influence of the investigated fertilization. Namely, nitrogen fertilization physiologically basic in the form of NO₃, and liming and physiologically basic nitrogen fertilization increased the amount of Mg extractable from the soil, decreasing simultaneously the Mn content in soil.

The above results indicate that by means of the liming of acid soils, besides a considerable increase of pH in soil and obtaining higher yields, one can considerably influence the content of mineral components and their proportions in plants. These changes are a basic indication of improvement in the domain of plant nutrition physiology because they enable one to recognize and to remove inadequate proportions or a lack of plant and animal nutrients.

*W. Bergmann, K. H. Beer, W. Katzenberger, A. Prausse,
K. Schmidt, B. Witter*

PIERWSZE WYNIKI BADAŃ NAD WPŁYWEM WAPNOWANIA NA PLONY ORAZ NA ZAWARTOŚĆ Ca, Mg, Mn, Mo W ROŚLINACH I W POSTACI PRZYSWAJALNEJ W GLEBIE

Streszczenie

W pracy omówiono stosowanie nawozów wapniowych i zapotrzebowanie na wapno w przeliczeniu na hektar użytków rolnych w przyszłych latach, biorąc za podstawę wyniki III turnusu systematycznych badań gleb w NRD; przedstawiono też niektóre dotychczas osiągnięte wyniki doświadczeń ze stosowaniem wapna oraz wapna łącznie z magnezem, przy nawożeniu mineralnym o odczynie kwaśnym bądź alkalicznym.

Przez wapnowanie kwaśnych gleb uzyskano znaczne przyrosty plonów, przy czym w większości przypadków nawożenie mineralne o kwaśnej reakcji dawało mniejsze efekty niż nawożenie o reakcji zasadowej.

Nawożenie silnie kwaśnych gleb samym magnezem dawało wyżki plonów tylko w sporadycznych przypadkach, podczas gdy wapnowanie przy zastosowaniu N w postaci NO_3 z reguły podnosiło plony. Dodatkowe dawki Mg, w prowadzonych od 3 lat doświadczeniach, tylko w nielicznych przypadkach wywoływały wyżki plonów i to na granicy istotności.

Wapnowanie, jak i nawożenie mineralne zróżnicowane pod względem reakcji fizjologicznej, poza działaniem na plony w znacznej też mierze wpłynęło na zawartość składników mineralnych w roślinach.

Zawartość Ca i Mg z wyjątkiem kukurydzy w niewielkim stopniu podlegała wpływom wapnowania i reakcji fizjologicznej nawożenia mineralnego, natomiast zawartość Mn silnie malała pod wpływem wapnowania. Zwiększenie zaś wartości pH i nawożenia o reakcji fizjologicznie zasadowej w znacznym stopniu zwiększało zawartość Mo. Zawartość w glebie przyswajalnego Mg i Mn również kształtowała się pod wpływem badanego nawożenia, mianowicie — fizjologicznie alkaliczne nawożenie azotowe w postaci NO_3 oraz wapnowanie zwiększało ilość Mg dającego się ekstrahować z gleby i zmniejszało równocześnie zawartość Mn w glebie.

Wyniki te wskazują na to, że przez wapnowanie gleb kwaśnych, poza wydatnym zwiększeniem pH gleby i uzyskaniem wyżek plonów, można wywrzeć również znaczny wpływ na zawartość składników mineralnych, a w szczególności na ich wzajemny stosunek w roślinie. Zmiany te dają podstawę do zasadniczych wskazówek w dziedzinie fizjologii żywienia, umożliwiają bowiem rozpoznawanie i usunięcie niewłaściwych proporcji, bądź też uzupełnienie brakujących składników w żywieniu roślin i zwierząt.