

Sonderdruck aus der
Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde

79. (124.) Band, Heft 1, 1957, Seite 23—31

Verlag Chemie, GmbH., Weinheim/Bergstraße und Berlin

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

Die Düngewirkung des Magnesiums im Thomasphosphat

Von C. M. J. Sluijsmans*)

(Eingegangen: 4. Mai 1957)

Bei der Herstellung von Stahl nach dem Thomas-Verfahren wird geschmolzenem Roheisen zur Bindung des im Eisenerz befindlichen Phosphors Kalk zugefügt. Die dabei abfallenden Schlacken werden gemahlen und ergeben das bekannte Thomasphosphat. Der Mg-Gehalt dieses Produktes schwankt nicht unbedeutend je nach der Mg-Menge im benutzten Erz und Kalk.

Die Gesamtmenge im Thomasphosphat beträgt durchschnittlich 2 bis 3% MgO mit Schwankungen zwischen 1 und 5%. Bei der Verwendung von Thomasphosphat als Düngemittel ist es von Bedeutung zu wissen, ob dieses Magnesium restlos oder nur zum Teil den Pflanzen zur Verfügung steht.

Nur ein Teil des gesamten Magnesiums im Thomasphosphat ist löslich in einigen bei der chemischen Bodenuntersuchung verwendeten Extraktionsmitteln. *Bruin* und *ten Have* (1) fanden, daß in einer Probe mit einem Gesamtgehalt von 2,3% MgO nur 0,9% löslich in 0,1 n HCl waren. *Dickens* und *Radmacher* (2) erwähnen eine Thomasphosphatprobe mit 2,25% MgO, wovon nur der fünfte Teil in 2% Zitronensäure löslich war. Demnach kann man bloß eine schwache Magnesiumwirkung des Thomasphosphats erwarten, wenigstens im Jahr der Anwendung.

Soweit uns bekannt ist, ist nur von *Gericke* (3) über den Düngungswert dieses Magnesiums berichtet worden. Er stellte mit drei Böden verschiedenen Magnesium- und Kalkgehaltes Gefäßversuche mit Hafer als Versuchspflanze an. Die Wirkung des Magnesiums im Thomasphosphat wurde mit derjenigen im $MgSO_4$ und $MgCO_3$ verglichen. Durch Anwendung von Thomasphosphatproben mit verschiedenem MgO-Gehalt wurde eine Staffelung der Mg-Gaben erzielt. Als Vergleichsobjekte wurden ebenfalls gestaffelte Mengen von $MgSO_4$ und $MgCO_3$ herangezogen.

*) C. M. J. Sluijsmans, Groningen, van Hallstraat 3 (Holland). (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

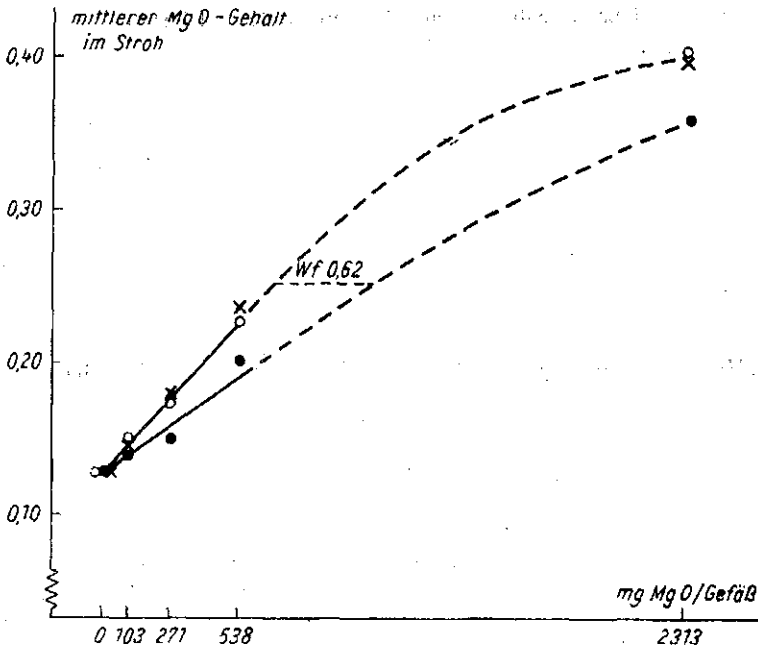


Abb. 1

Die Düngewirkung der Magnesia im Thomasphosphat (●), $MgSO_4$ (x) und $MgCO_3$ (o).
 Wf = relativer Wirkungsfaktor des Magnesiums im Thomasphosphat.
 (Gericke: Bodenkunde und Pflanzenernährung 20 (65) 1941, Übersicht 12.)

Gericke meint, daß die erzielten Erträge zu der Schlußfolgerung berechtigen, daß die Wirkung des Magnesiums im Thomasphosphat grundsätzlich die gleiche ist wie im $MgSO_4$. Hierbei muß jedoch bemerkt werden, daß nur einer der drei von ihm benutzten Böden, der Ertrags-erhöhung nach, sich als stark Mg-bedürftig erwies. Die in dieser Arbeit veröffentlichten MgO-Gehalte der Ernte haben uns die Möglichkeit geboten, die verschiedenen Düngemittel auch mit diesem Maßstab zu prüfen. Für den MgO-Gehalt im Stroh wurde dazu für die drei Böden (mit Ausnahme von dem gekalkten Sandboden) der Mittelwert berechnet; diese Mittelwerte sind in Abb. 1 dargestellt.

Es zeigt sich, daß das Magnesium im $MgSO_4$ und $MgCO_3$ demjenigen im Thomasphosphat überlegen ist. Eine Menge von 500 mg MgO im letzteren hat etwa dieselbe Wirkung ausgeübt wie 310 mg im $MgSO_4$ oder $MgCO_3$. Der Düngewert des Magnesiums im Thomasphosphat ist also nur 62% von demjenigen in den zwei anderen Düngemitteln. Unserer Ansicht nach haben also die Ergebnisse der von Gericke durchgeführten Versuche eine relativ schlechte Mg-Wirkung des Thomasphosphats nachgewiesen.

Tabelle 1
Versuchsfeld Pr 1374

| Versuchs- jahr, Pflanze, Aussaart am | Mg-Düngung in kg MgO/ha | | Parzellen- zahl | | Korn- oder Knollen- erträge in dz/ha | | Mg-Mangel (Schätzungs- zahlen) | | Grunddüngung *) |
|---|----------------------------|------|--------------------|------|---|------|--------------------------------------|------|--|
| | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | |
| 1952 Roggen 10. 10. 1951 | 0 | 0 | 4 | 4 | 33,1 | 33,1 | | | N: 80 kg/ha am 19. 3. 52 |
| | 10 | — | 3 | — | 34,0 | — | | | P ₂ O ₅ : 254 kg/ha am 3. 4. 52 |
| | — | 15 | — | 4 | — | 33,4 | Beob- | | K ₂ O: 120 kg/ha am 3. 4. 52 |
| | 20 | — | 3 | — | 31,7 | — | achtungen | | Thomasph. und Kieserit |
| | 30 | 30 | 4 | 4 | 33,0 | 34,2 | fehlen | | am 3. 4. 52 |
| | — | 50 | — | 4 | — | 36,4 | | | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 36,3 | | | |
| 1952 Herbstrüben 8. 1952 | 0 | — | 4 | 4 | 21,6 | 21,6 | 4,8 | 4,1 | N: 80 kg/ha am 27. 8. 52 |
| | 10 | — | 3 | — | 24,9 | — | 5,1 | — | P ₂ O ₅ : — |
| | 15 | 15 | 2 | 4 | 25,0 | 30,8 | 4,5 | 6,6 | K ₂ O: 80 kg/ha am 27. 8. 52 |
| | 20 | — | 3 | — | 24,1 | — | 4,3 | — | |
| | 30 | 30 | 4 | 4 | 26,5 | 30,6 | 4,6 | 5,9 | |
| | — | 50 | — | 4 | — | 36,4 | — | 7,5 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 40,4 | — | 9,3 | |
| 1953 Hafer 3. 3. 1953 | 0 | 0 | 4 | 4 | 21,0 | 21,0 | 3,9 | 3,9 | N: 70 kg/ha am 3. 3. 53 |
| | 10 | — | 3 | — | 23,9 | — | 4,2 | — | P ₂ O ₅ : — |
| | 15 | 15 | 2 | 4 | 24,2 | 24,3 | 4,3 | 4,7 | K ₂ O: 208 kg/ha am 4. 2. 53 |
| | 20 | — | 3 | — | 21,5 | — | 4,1 | — | |
| | 30 | 30 | 4 | 4 | 24,3 | 27,3 | 4,5 | 5,8 | |
| | — | 50 | — | 4 | — | 30,5 | — | 7,4 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 31,0 | — | 8,3 | |
| 1954 Kartoffeln 5. 4. 1954 | 0 | 0 | 4 | 4 | 291 | 291 | 2,5 | 2,5 | N: 140 kg/ha am 22. 3. 54 |
| | 8 | — | 2 | — | 289 | — | 2,1 | — | P ₂ O ₅ : 190 kg/ha am 20. 3. 54 |
| | 12 | — | 2 | — | 319 | — | 2,6 | — | K ₂ O: 250 kg/ha am 22. 3. 54 |
| | 16 | 15 | 2 | 4 | 326 | 378 | 2,4 | 3,9 | Thomasph. und Kies |
| | 24 | — | 2 | — | 313 | — | 2,3 | — | am 20. 3. 54 |
| | 28 | 30 | 2 | 4 | 326 | 405 | 2,5 | 4,0 | |
| | 40 | 50 | 2 | 4 | 306 | 448 | 2,5 | 6,7 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 465 | — | 9,7 | |

*) Die N-Düngung wurde gegeben als Kalkammonsalpeter; die P-Düngung auf den Kieserit-Parzellen als Doppelsuperphosphat oder Dicalciumphosphat, auf den Thomasphosphat-Parzellen wurden die als Thomasphosphat angewandten Mengen mit denselben Düngemitteln ergärzt; Kali wurde gegeben als schwefelsaures Kali.

Tabelle 1 (1. Fortsetzung)

Versuchsfeld Pr 1375

| Versuchsjahr, Pflanze, Aussaat am | Mg-Düngung in kg MgO/ha | | Parzellen- zahl | | Korn- oder Knollen- erträge in dz/ha | | Mg-Mangel (Schätzungs- zahlen) | | Grunddüngung |
|---|----------------------------|------|--------------------|------|---|------|--------------------------------------|------|--|
| | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | |
| 1952 Mais | 0 | 0 | 4 | 4 | 8,0 | 8,0 | 2,5 | 2,5 | N: 110 kg/ha am 10. 5. 52 |
| 19. 5. 1952 | 15 | — | 4 | — | 12,2 | — | 4,5 | — | P ₂ O ₅ : 190 kg/ha am 16. 5. 52 |
| | — | 20 | — | 4 | — | 26,5 | — | 5,9 | K ₂ O: 250 kg/ha am 9. 5. 52 |
| | 30 | — | 4 | — | 10,2 | — | 3,8 | — | Thomasph. und Kies |
| | 40 | — | 2 | — | 13,6 | — | 4,0 | — | am 17. 5. 52 |
| | 50 | 50 | 2 | 4 | 23,3 | 26,4 | 5,5 | 7,1 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 35,0 | — | 9,4 | |
| 1953 Hafer | 0 | 0 | 4 | 4 | 7,4 | 7,4 | 3,2 | 3,2 | N: 70 kg/ha am 5. 3. 53 |
| 5. 3. 1953 | 15 | — | 4 | — | 15,6 | — | 4,2 | — | P ₂ O ₅ : — |
| | — | 20 | — | 4 | — | 24,0 | — | 5,7 | K ₂ O: 100 kg/ha am 12. 2. 53 |
| | 30 | — | 4 | — | 14,5 | — | 4,2 | — | |
| | 40 | — | 2 | — | 16,7 | — | 4,4 | — | |
| | 50 | 50 | 2 | 4 | 19,5 | 31,2 | 4,6 | 7,0 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 34,6 | — | 9,9 | |
| 1954 Kartoffeln | 0 | 0 | 4 | 4 | 180 | 180 | 3,0 | 3,0 | N: 140 kg/ha am 6. 4. 54 |
| 7. 4. 1954 | 12 | — | 4 | — | 222 | — | 2,5 | — | P ₂ O ₅ : 190 kg/ha am 24. 3. 54 |
| | — | 20 | — | 4 | — | 344 | — | 4,7 | K ₂ O: 250 kg/ha am 24. 3. 54 |
| | 24 | — | 4 | — | 272 | — | 2,4 | — | Thomasph. und Kies am |
| | 32 | — | 2 | — | 265 | — | 2,6 | — | 23. 3. 54 |
| | 40 | — | 2 | — | 262 | — | 2,9 | — | |
| | — | 50 | — | 4 | — | 398 | — | 7,1 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 424 | — | 9,5 | |
| 1955 Hafer | 0 | 0 | 4 | 4 | 5,3 | 5,3 | 4,1 | 4,1 | N: 80 kg/ha am 31. 3. 55 |
| 1. 4. 1955 | 12 | — | 4 | — | 10,5 | — | 4,9 | — | P ₂ O ₅ : — |
| | — | 20 | — | 4 | — | 28,0 | — | 6,1 | K ₂ O: 100 kg/ha am 31. 3. 55 |
| | 24 | — | 4 | — | 11,7 | — | 4,6 | — | |
| | 32 | — | 2 | — | 12,7 | — | 5,1 | — | |
| | 40 | — | 2 | — | 16,7 | — | 5,5 | — | |
| | — | 50 | — | 4 | — | 31,5 | — | 7,6 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 38,5 | — | 10,0 | |

Neuere Versuchsergebnisse

Um die Wirkung des Magnesiums in verschiedenen Düngemitteln unter Freilandverhältnissen zu vergleichen, wurden im Jahre 1952 drei Versuche auf sauren Sandböden angelegt. Die Versuchsböden sind aus

Tabelle 1 (2. Fortsetzung)

| Versuchs- jahr, Pflanze, Aussaart am | Mg-Düngung in kg MgO/ha | | Parzellen- zahl | | Korn- oder Knollen- erträge in dz/ha | | Mg-Mangel (Schätzungs- zahlen) | | Grunddüngung |
|---|----------------------------|------|--------------------|------|---|------|--------------------------------------|------|---|
| | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | Thom. | Kies | |
| | | | | | | | | | |
| 1952 | 0 | 0 | 6 | 6 | 20,2 | 20,2 | 3,2 | 3,2 | N: 80 kg/ha am 22. 3. 52 |
| Hafer | 15 | — | 4 | — | 24,8 | — | 3,5 | — | P ₂ O ₅ : 254 kg/ha am 22. 3. 52 |
| 24. 3. 1952 | — | 20 | — | 4 | — | 33,6 | — | 5,4 | K ₂ O: 200 kg/ha am 17. 3. 52 |
| | 30 | — | 4 | — | 27,0 | — | 3,7 | — | Thomasph. und Kies |
| | 50 | 50 | 4 | 4 | 29,3 | 37,5 | 4,4 | 6,7 | am 17. 3. 52 |
| | — | 100 | — | 4 | — | 42,6 | — | 8,4 | |
| 1953 | 0 | 0 | 6 | 6 | 199 | 199 | 4,0 | 4,0 | N: 120 kg/ha am 8. 4. 53 |
| Kartoffeln | 15 | — | 4 | — | 206 | — | 4,6 | — | P ₂ O ₅ : — |
| 1. 4. 1953 | — | 20 | — | 4 | — | 243 | — | 4,9 | K ₂ O: 200 kg/ha am 16. 3. 53 |
| | 30 | — | 4 | — | 220 | — | 4,9 | — | |
| | 50 | 50 | 4 | 4 | 245 | 286 | 4,7 | 7,2 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 312 | — | 7,7 | |
| 1954 | 0 | 0 | 6 | 6 | 29,8 | 29,8 | 4,8 | 4,8 | N: 70 kg/ha am 15. 3. 54 |
| Roggen | 15 | — | 4 | — | 33,9 | — | 4,9 | — | P ₂ O ₅ : 190 kg/ha am 21. 12. 53 |
| 20. 10. 1953 | — | 20 | — | 4 | — | 38,4 | — | 6,7 | K ₂ O: 200 kg/ha am 21. 12. 53 |
| | 30 | — | 4 | — | 33,4 | — | 5,0 | — | Thomasph. am 21. 12. 53 |
| | 50 | 50 | 4 | 4 | 40,3 | 43,2 | 6,4 | 9,4 | Kies am 15. 3. 54 |
| | — | 100 | — | 4 | — | 42,8 | — | 10,0 | |
| 1954 | 0 | 0 | 6 | 6 | 35,0 | 35,0 | 4,8 | 4,8 | — |
| Herbstrüben | 15 | — | 4 | — | 46,0 | — | 5,4 | — | |
| | — | 20 | — | 4 | — | 76,0 | — | 8,0 | |
| | 30 | — | 4 | — | 52,0 | — | 5,7 | — | |
| | 50 | 50 | 4 | 4 | 57,0 | 90,0 | 6,4 | 9,5 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 91,0 | — | 10,0 | |
| 1955 | 0 | 0 | 6 | 6 | 24,2 | 24,2 | 5,2 | 5,2 | N: 90 kg/ha am 4. 4. 55 |
| Hafer | 15 | — | 4 | — | 29,8 | — | 5,3 | — | P ₂ O ₅ : — |
| 4. 4. 1955 | — | 20 | — | 4 | — | 35,5 | — | 6,9 | K ₂ O: 100 kg/ha am 30. 3. 55 |
| | 30 | — | 4 | — | 30,6 | — | 5,6 | — | |
| | 50 | 50 | 4 | 4 | 34,0 | 36,3 | 6,1 | 9,5 | |
| | — | 100 | — | 4 | — | 39,4 | — | 10,0 | |

Flugsanden gebildet. Der Gehalt an organischer Substanz war 4 und 7%, der pH-Wert etwa 4,15 (pH-KCl). In dieser Mitteilung beschränken wir uns auf einen Vergleich zwischen Thomasphosphat und MgSO₄·H₂O (Kieserit).

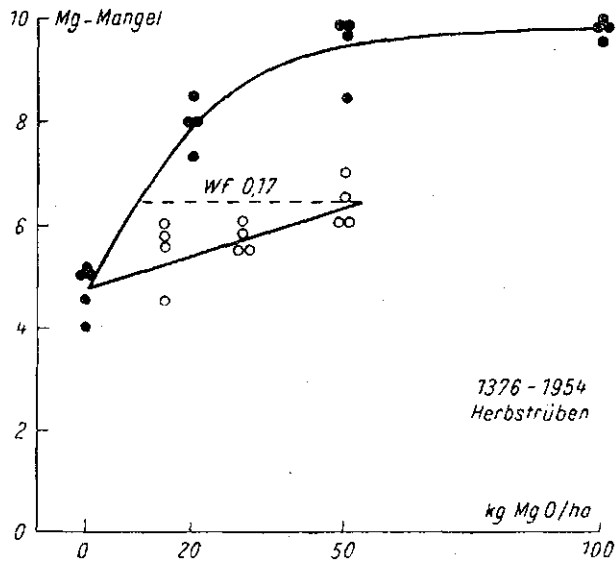
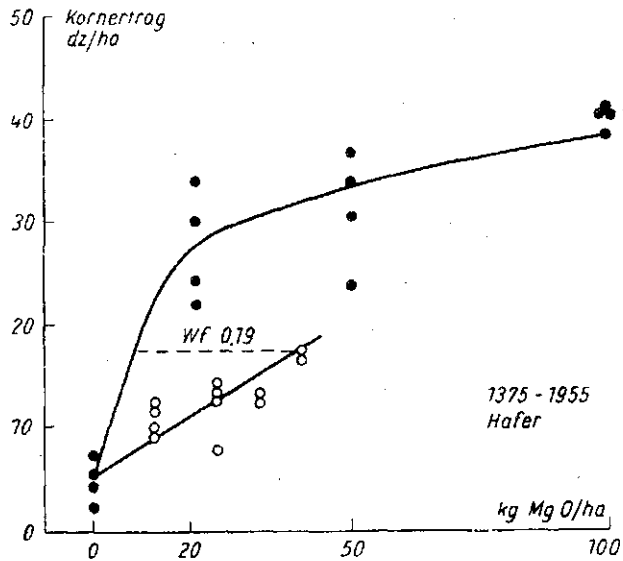


Abb. 2 und 3

Die Mg-Wirkung von $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ und von Thomasphosphat. ● $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; ○ Thomasphosphat.
Wf = relativer Wirkungsfaktor des Magnesiums im Thomasphosphat.

In Tabelle 1 sind Erträge, Beobachtungen der Mangelsymptome und Düngung dargestellt. Thomasphosphat wurde in 3 bis 6 Gaben verabreicht; die höchste Gabe entsprach einer Menge von 50 kg MgO pro ha. $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ wurde in 3 oder 4 Staffeln gegeben mit 100 kg MgO als

höchste Gabe. Die angewandten Thomasphosphatproben entsprechen mit ihren MgO-Gehalten von 2,1—4,3% MgO normalen Thomasphosphaten.

Zwei der Versuchsfelder wurden nach der Ernte von 1955 aufgegeben, das dritte bereits im Herbst 1954. Die Düngung mit den Magnesiumverbindungen fand in den Jahren 1952 und 1954 statt. Die Nachwirkung konnte also 1953 und 1955 studiert werden.

Für einen Vergleich der Düngemittel benutzten wir die Erträge und die Beobachtungen der Mg-Mangelsymptome, die während des Wachstums als Schätzungszahlen festgelegt wurden (4). Für jede Versuchspflanze wurde für beide Düngemittel eine Kurve konstruiert, die den Zusammenhang zwischen Ertrag bzw. Mg-Mangel und MgO-Düngung darstellt. Beispiele solcher Kurven sind in den Abb. 2 und 3 wiedergegeben. In den meisten Fällen war die Streuung der Punkte für Thomasphosphat größer als in diesen Abbildungen.

In nachstehender Übersicht 2 sind die gesamten Ergebnisse in anderer Weise mitgeteilt. Die Zahlen stellen die Mg-Wirkung von Thomasphosphat dar, ausgedrückt in Prozenten der Mg-Wirkung von $MgSO_4 \cdot H_2O$. Die Berechnung wurde in derselben Weise durchgeführt wie bei Abb. 1 beschrieben ist.

Tabelle 2
Mg-Wirkung von Thomasphosphat in Prozenten von $MgSO_4 \cdot H_2O$

| Versuchs- feldnummer | | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | Mittel- werte |
|-------------------------|-----------|--------------|------------|--------------|-------|------------------|
| 1374 | Pflanze | Rogg. H.-Rb. | Hafer | Kartoffeln | — | — |
| | Mg-Mangel | — 12 | 30 | 0 | — | 13 *) |
| | Ertrag | 0 3 | 21 | 7 | — | 10 *) |
| 1375 | Pflanze | Mais | Hafer | Kartoffeln | Hafer | — |
| | Mg-Mangel | 29 | 19 | 0 | 25 | 18 |
| | Ertrag | 26 | 20 | 17 | 19 | 20,5 |
| 1376 | Pflanze | Hafer | Kartoffeln | Rogg. H.-Rb. | Hafer | — |
| | Mg-Mangel | 25 | 25 | 25 17 | 20 | 22,5 |
| | Ertrag | 26 | 41 | 41 20 | 30 | 32 |

*) Ohne Roggen 1952.

Mittelwert aus den gesamten Ergebnissen = 20%

Aus der Übersicht 2 geht hervor, daß das Magnesium im Thomasphosphat sich in diesen Versuchen schlecht ausgewirkt hat. Die Nachwirkung darf vielleicht ein wenig größer sein als die Wirkung im ersten Jahre, ausgeprägt ist der Unterschied aber nicht.

Das $MgSO_4 \cdot H_2O$ hat sich in allen Versuchen als sehr wirksam erwiesen. Die verabreichte Menge von 50 kg MgO pro ha im Thomasphosphat ist nie ausreichend gewesen, um den Magnesiummangel zu beseitigen.

Es hat sich in diesen Versuchen also erwiesen, daß Thomasphosphat mit einem Gesamtgehalt von 2—3% MgO nur etwa 0,5% leicht verfügbares MgO enthält. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auf die Dauer etwas mehr dieses Magnesiums verfügbar wird. Unsere Versuche, die nur vier Jahre fortgesetzt wurden, können hierüber keine Auskunft geben.

Diskussion

Die Ergebnisse der Versuche *Gerickes* und unserer Versuche widersprechen einander weitgehend.

Vielleicht ist der Unterschied zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Versuche *Gerickes* in Gefäßen gemacht wurden, während die unsrigen Feldversuche waren. Die bessere Mischung von Boden und Düngemittel in Gefäßen könnte die Wirkung von Thomasphosphat begünstigen. In den Nachwirkungsjahren aber haben die Feldversuche kaum einen besseren Erfolg von Thomasphosphat nachgewiesen.

Es könnte auch sein, daß die Verschiedenheit der Ergebnisse die Folge eines Unterschiedes zwischen den angewandten Thomasphosphatproben ist. *Gericke* arbeitete nämlich mit einigen Produkten, deren MgO-Gehalt künstlich herabgesetzt oder erhöht worden war, während wir von dem normalen Düngemittel in gestaffelten Mengen ausgegangen sind. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß das Magnesium in den beiden Versuchsreihen chemisch in anderer Weise gebunden war. *Gericke* spricht in seiner Arbeit von Mg-Phosphat, und tatsächlich darf bei einem MgO-Gehalt von 47% angenommen werden, daß der größte Teil dieses MgO als Mg-Phosphat vorlag. In normalem Thomasphosphat ist das nicht der Fall. Sehen wir uns die Analyse in der Arbeit von *Bruin* und *ten Have* an, dann ergibt sich, daß der Gehalt des in 0,1 n HCl löslichen P_2O_5 und der Gesamt- P_2O_5 -Gehalt einander ziemlich gleich sind, während das in Salzsäure lösliche MgO nur etwa 40% des gesamten MgO ausmacht. Mindestens 60% der Magnesia im Thomasphosphat sind also bestimmt nicht an Phosphat gebunden.

Da nach einer brieflichen Mitteilung von *Gericke* die von ihm benutzten Thomasphosphatproben verlorengegangen sind, konnte diese Sachlage leider nicht weiter geklärt werden.

Zusammenfassung

Thomasphosphat enthält im Durchschnitt 2—3% MgO. Den Ergebnissen von unseren 3 Feldversuchen auf sauren Sandböden zufolge sind nur etwa 20% dieses Magnesiums den Pflanzen leicht verfügbar.

Gericke fand dagegen um 1940 in Gefäßversuchen eine relativ weit bessere Wirkung. Für die Ursache dieses Unterschiedes werden einige mögliche Erklärungen angeführt.

Schrifttum

- (1) *Bruin, P.,* en *Have, J. ten:* De invloed van Thomasslakkenmeel resp. koolzure kalk op de pH en het V-cijfer van een zure humusrijke zandgrond. Versl. Landbk. Onderz. 47 (13) A, 1025—1099 (1941). — (2) *Dickens, P.,* und

Radmacher, H. W.: Neuere Untersuchungen über Spurenelemente in Thomasphosphat und Hüttenkalk. *Die Phosphorsäure* **15**, 251–261 (1955). — (3) *Gericke, S.*: Düngungsversuche mit verschiedenen Magnesiaverbindungen. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* **20** (65), 330–351 (1941). — (4) *Sluijsmans, C. M. J.*: Enkele voordelen van visuele waarnemingen, in het bijzonder bij het magnesiumonderzoek en de magnesiumadviesgeving. *Landbouwvoorlichting* **12**, 16–21 (1955). [2529]