

Gleichmäßiges Verteilen und gutes Vermischen des Harnstoffs mit dem Boden (untereggen), möglichst nicht direkt zur Saat, bei nicht zu hohen (aber auch nicht zu tiefen) Temperaturen und bei normaler Bodenfeuchtigkeit. Keine zu hohen Kalkgaben und Einhalten eines gewissen zeitlichen Abstandes der Kalkung von der Harnstoffgabe. — Keine Harnstoffdüngung auf alkalischen Böden.

Schrifttum

- (1) Arbeiten der Landwirtsch. Versuchsstation Limburgerhof: Nährstoffverluste ausgestreuter Düngemittel auf dem Felde. S. 140—143 (1939). — (2) Black, C. A.: Soil - Plant Relationship. John Wiley and Sons, Inc., New York 1957, S. 205—209. — (3) Byoadbent, F. E., Hill, G. N., and Tyler, K. B.: Transformations and movement of urea in soils. Proc. Soil Sci. Soc. America 22, 303—307 (1958). — (4) Buchner, A., und Kradel, J.: Die Anwendung von Harnstoff als Düngemittel. Z. Acker- u. Pflanzenbau 114, 1—22 (1961). — (5) Engel, H., und Kaufmann, A.: Die Umwandlung von Ammonitrat und Harnstoff im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 29, 1—5 (1933). — (6) Gadet, R., Subies, L., et Fowcassie, F.: Recherches sur les effets toxiques du biuret sur l'évolution de ce composé dans les sols. Ann. agron. Paris 6, 609—660 (1959). — (7) Klein, G.: Zur Physiologie des Harnstoffs in der höheren Pflanze. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde. 12, 390 (1928). — (8) Kresge, C. B., and Satchell, D. P.: Gaseous loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to soils. Agron. J. 52, 104—107 (1960). — (9) Littauer, F.: Zersetzung des Harnstoffs im Boden. Z. Pflanzenernähr. u. Düng. 3, 165—179 (1924). — (10) Wagner, G. H., and Smith, G. E.: Nitrogen losses from soils fertilized with different nitrogen carriers. Soil Sci. Baltimore 85, 125—129 (1958). — (11) Webster, G. C., Berner, R. A., and Gansa, A. N.: The effect of biuret on protein synthesis in plants. Plant Physiol. Lancaster 32, 60—61 (1957). [2918]

Beziehung zwischen der Phosphatform und dem Ertrag auf Sandböden mit Manganmangel

Von D. Stenuit^{*)}

Bodenkundige Dienst van Belgie, Heverlee

(Eingegangen: 8. 6. 1962)

Auf nordbelgischen Sandböden, insbesondere auf Böden mit hohem pH, tritt häufig Manganmangel auf. Zwischen dem pH der Sandböden und dem Auftreten von Manganmangel bei Getreide besteht eine deutliche Beziehung (4), die für Hafer wie folgt gefunden wurde:

ph (KCl) < 5,7: kein Manganmangel
 5,7—6,1: Manganmangel möglich
 > 6,1: Gefahr deutlichen Manganmangels.

^{*)} Direktor D. Stenuit, Bodenkundige Dienst van Belgie, Heverlee (Belgien), Kard. Mercierlaan 72.

Die Versuche wurden mit Unterstützung der I.W.O.N.L., Brüssel, durchgeführt.

Auf belgischen Sandböden ist die Form, in der das Mangan im Boden vorliegt, wichtiger als seine Gesamtmenge. Darum läßt sich der Mangangehalt hier besser über das pH erfassen als über eine Mangangehaltsbestimmung. Es wurden mehrjährige Feldversuche angelegt, um den Einfluß einer pH-Erniedrigung durch verschiedene Düngemittel mit der Wirkung einer Mangansulfatspritzung oder einer Mangandüngung zu vergleichen; die Ergebnisse werden demnächst veröffentlicht.

In der vorliegenden Arbeit wurde in Gefäß- und Feldversuchen der Einfluß von manganhaltigen Phosphatdüngemitteln auf die Bodenreaktion, den Mangangehalt von Boden und Pflanze und den Ertrag untersucht. Es wurden herangezogen:

Thomasphosphat mit 4% Mangan als physiologisch alkalisch reagierendes Düngemittel (1),

Superphosphat mit nur Spuren von Mangan als physiologisch sauer reagierendes Düngemittel.

In den Feldversuchen wurde außerdem Dicalciumphosphat mit hohem Phosphatgehalt ($P_2O_5 = 38\%$) geprüft, das als physiologisch neutral angesprochen werden kann.

M a n g a n b e s t i m m u n g

Das Mangan wurde nach der Methode von *Sherman* (3) bestimmt, die etwas abgeändert wurde (Verwendung von trockenem an Stelle von feuchtem Boden, Entfernung des C durch Aktivkohle):

- a) Wasserlösliches Mn: 25 g Boden + 250 ml H_2O 30 min schütteln, Filtrat eindampfen und organische Substanz zerstören. Mn bestimmen.
- b) Austauschbares Mn: Nach Entfernung des H_2O -löslichen Mn aus der 25-g-Probe 250 ml n- NH_4 -ac. pH 7 zugeben und 30 min schütteln; anschließend mindestens 6 h unter häufigem Umschütteln stehen lassen. Filtrat eindampfen, überschüssiges NH_4 -ac. durch erneutes Anfeuchten mit H_2O und Eindampfen beseitigen. Rückstand mit 30%igem H_2O_2 und HNO_3 behandeln. Mn bestimmen.
- c) Leicht reduziertes Mn: Die zur Bestimmung des H_2O -löslichen und austauschbaren Mn benutzte 25-g-Probe mit 250 ml n- NH_4 -ac.-Lösung, die 0,2% Hydrochinon enthält, behandeln. 6 h unter häufigem Umschütteln stehen lassen. Filtrat + 10 ml konz. HNO_3 eindampfen. Mn bestimmen.
- d) Aktives Mn: Summe des wasserlöslichen, austauschbaren und leicht reduzierbaren Mn.

1. Gefäßversuche

Der Versuchsboden — Sandboden — wurde auf einem Feld mit starkem Mangangehalt an Getreide entnommen. Eine Analyse ergab folgende Werte: pH (H_2O) = 7,1; pH (KCl) = 6,6; austauschbares Ca = 180 mg/100 g Boden; leicht reduzierbares Mangan = 4,7 ppm; C = 3,0%.

Jedes Gefäß erhielt eine Mischung von 2,5 kg Versuchsboden mit 7,5 kg reinem Quarzsand und wurde mit 1,26 g P_2O_5 als Superphosphat oder Thomasphosphat, 1,44 g K_2O als Kaliumsulfat, 0,70 g N als Calciumnitrat und 0,34 mg MgO als Magnesiumsulfat gedüngt. Hafer, Varietät „Zeegold“, wurde am 3. 3. 1956 gesät und wuchs bis Ende Juni normal; dann traten in den mit Superphosphat gedüngten Gefäßen Manganmangelerscheinungen auf. Anfang Juli wurden aus jedem Gefäß Bodenproben entnommen und analysiert (Tab. 1):

Tabelle 1

Mangangehalt und pH des Versuchsbodens 2 Monate nach Versuchsbeginn
(H_2O = water-soluble, exch. = exchangeable, l. red. = easily reducible, act. = active Mn.)
Manganese contents and pH of the experimental soil 2 months after beginning the experiment.
(H_2O = water-soluble, exch. = exchangeable, l. red. = easily reducible, act. = active Mn.)

| Düngemittel | pH (H_2O) | pH (KCl) | H_2O | Mn (ppm) | | |
|----------------|------------------|-------------|--------|----------|---------|------|
| | | | | aust. | l. red. | akt. |
| Superphosphat | 6,75 | 6,25 | 1,23 | 1,38 | 1,79 | 4,40 |
| Thomasphosphat | 7,25 | 6,65 | 1,19 | 1,55 | 4,02 | 6,76 |

Bei Abschluß der Wachstumsperiode waren die mit Thomasphosphat gedüngten Pflanzen etwa 10 cm länger als die mit Superphosphat gedüngten. Nur die mit Superphosphat gedüngten Pflanzen zeigten leichten Manganmangel. In Tab. 2 ist der Kornertrag angegeben.

Tabelle 2

Kornertrag von Hafer nach Düngung mit Superphosphat und Thomasphosphat
Grain yield of oats after fertilization with superphosphate and Thomas phosphate.

| Düngemittel | g trockenes Korn je Gefäß |
|----------------|---------------------------|
| Superphosphat | 29,0 ± 1,4 |
| Thomasphosphat | 34,7 ± 2,02 |

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei dem untersuchten kalkreichen Boden im Gefäßversuch die Düngung mit Thomasphosphat höhere Erträge brachte als die Düngung mit Superphosphat; die mit Superphosphat gedüngten Pflanzen wiesen leichte Manganmangelerscheinungen auf. Das pH des Bodens nahm nach Düngung mit Superphosphat ab, der Mangangehalt blieb praktisch unverändert. Nach Düngung mit Thomasphosphat stieg das pH an und der Gehalt an leicht reduzierbarem Mangan nahm deutlich zu.

2. Feldversuche

Da die Wachstumsbedingungen im Gefäß sich stark von denen im Freiland unterscheiden, wurden auf Sandböden mit hohem pH drei mehrjährige P-Düngungsversuche angelegt. Versuch 240 und 259 (1957 bzw. 1958 angelegt) wurden auf Böden mit pH (KCl) > 6,0 durchgeführt und Versuch 235 (1957 angelegt) auf einem Boden mit pH (KCl) 5,5, der damit als Grenzfall gelten kann.

Jeder Versuch wurde mit 5 verschiedenen Behandlungen durchgeführt:

- 1) Dicalciumphosphat + Mangansulfat (100 kg/ha),
- 2) Superphosphat,
- 3) Thomasphosphat,
- 4) Dicalciumphosphat,
- 5) ohne Phosphat.

Die Phosphatdüngung betrug in den Versuchsgliedern 1—4 jeweils 150 kg P_2O_5 /ha; als Grunddüngung wurde Ammoniumnitrat, Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat gegeben. Eine organische Düngung wurde nicht verabreicht.

Tabelle 3

pH, C-Gehalt, Nährstoffgehalt (nach der AL-Methode Egnér-Riehm),
T- und S-Wert des Bodens bei Versuchsbeginn

pH, C-contents, nutrient contents (according to the ammonium lactate method of Egnér-Riehm),
T- and S-values of the soil at the beginning of the experiment.

| Tiefe cm | pH (H_2O) | pH (KCl) | C (%) | P | K | Mg | Ca | T-Wert (mval) | S-Wert (mval) |
|-------------|------------------|-------------|----------|----|----|----|-----|------------------|------------------|
| 0—20 | 6,4 | 5,5 | 3,0 | 21 | 24 | 6 | 146 | 7,5 | 6,1 |
| 20—40 | 6,5 | 5,6 | 2,5 | 8 | 6 | 4 | 85 | 10,0 | 6,5 |
| 50—80 | 5,2 | 4,1 | 2,8 | 9 | 2 | 1 | 30 | 6,5 | 2,5 |

a) Feldversuch 235

Der Versuch wurde auf einem Sandboden mit einem 80 cm mächtigen, stark humosen Horizont durchgeführt. Mechanische Zusammensetzung der Ackerkrume: $< 2 \mu = 2\%$; $2—10 \mu = 1\%$; $10—20 \mu = 5,5\%$; $20—50 \mu = 16\%$; $> 50 \mu = 75,5\%$.

Tabelle 4

Relative Körnerträge (mit $MnSO_4 = 100$)

Relative grain yields (with $MnSO_4 = 100$).

| Düngung | 1957 Hafer | 1958 Sommer- gerste | 1959 Roggen | 1960 Hafer | 1961 Sommer- gerste | Mittel- wert |
|--|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg $MnSO_4$ /ha | 100 $\pm 2,0$ | 100 $\pm 7,9$ | 100 $\pm 3,9$ | 100 $\pm 2,3$ | 100 $\pm 2,2$ | 100 |
| Superphosphat | 92,7 $\pm 4,9$ | 95,5 $\pm 2,8$ | 96,2 $\pm 4,1$ | 97,0 $\pm 5,6$ | 94,4 $\pm 4,6$ | 95,2 |
| Thomasphosphat | 100,3 $\pm 5,9$ | 73,2 $\pm 3,8$ | 100,6 $\pm 1,4$ | 99,0 $\pm 2,5$ | 83,5 $\pm 2,9$ | 91,3 |
| Dicalciumphosphat | 89,9 $\pm 5,8$ | 85,6 $\pm 5,9$ | 99,6 $\pm 2,0$ | 107,3 $\pm 3,7$ | 93,9 $\pm 4,9$ | 95,3 |
| ohne Phosphat | 87,5 $\pm 7,2$ | 76,3 $\pm 3,9$ | 96,7 $\pm 1,5$ | 97,7 $\pm 6,1$ | 88,5 $\pm 4,1$ | 89,3 |

Der Boden enthielt zu Versuchsbeginn folgende Manganmengen: 0,90 ppm H_2O -lösliches, 2,53 ppm austauschbares, 9,06 ppm leicht reduzierbares und 12,49 ppm aktives Mn.

In Tab. 4 sind die relativen Kornerträge und die Versuchsfelder für 5 Jahre sowie der gemittelte Ertrag während dieser Zeit angegeben. In den Jahren 1958 und 1961 wurde starker Manganmangel festgestellt.

In Tab. 5 ist der Nährstoffentzug durch Sommergerste für 1961 angegeben.

Tabelle 5
Nährstoffentzug durch Sommergerste (Korn + Stroh) in kg/ha (1961)
Nutrient deprivation by summer barley (grain + straw) in kg/ha (1961).

| Düngung | P | K | Mg | Ca | Mn | N |
|--|------|------|-----|------|------|------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg $MnSO_4$ /ha | 13,1 | 98,0 | 6,0 | 14,2 | 0,11 | 67,1 |
| Superphosphat | 14,4 | 89,5 | 4,8 | 15,2 | 0,09 | 70,9 |
| Thomasphosphat | 14,8 | 97,5 | 4,4 | 14,0 | 0,05 | 75,5 |
| Dicalciumphosphat | 14,4 | 92,6 | 4,8 | 13,6 | 0,09 | 83,2 |
| ohne Phosphat | 12,0 | 86,6 | 4,8 | 12,4 | 0,08 | 61,6 |

Tab. 6 zeigt das pH und den Nährstoffgehalt des Bodens nach dem 5. Versuchsjahr.

Tabelle 6
pH und Nährstoffgehalt des Bodens nach dem 5. Versuchsjahr (1961)
pH and nutrient contents of the soil after the 5th year of experimenting (1961).

| Düngung | pH (H_2O) | pH (KCl) | mg/100 g Boden | | | | H_2O | Mn (ppm) | | |
|--|------------------|-------------|----------------|-----|-----|-----|--------|----------|---------|------|
| | | | P | K | Mg | Ca | | aust. | l. red. | akt. |
| Dicalciumphosphat + 100 kg $MnSO_4$ /ha | 6,2 | 5,4 | 26,5 | 5,5 | 4,0 | 130 | 1,2 | 5,6 | 32,3 | 39,1 |
| Superphosphat | 6,1 | 5,3 | 27,0 | 6,0 | 5,0 | 130 | 1,0 | 4,3 | 7,9 | 13,1 |
| Thomasphosphat | 6,6 | 5,9 | 26,0 | 6,0 | 5,0 | 185 | 1,1 | 4,2 | 7,4 | 12,7 |
| Dicalciumphosphat | 6,25 | 5,5 | 26,5 | 6,0 | 4,5 | 130 | 1,4 | 2,6 | 6,5 | 10,5 |
| ohne Phosphat | 6,2 | 5,4 | 17,0 | 7,0 | 5,2 | 115 | 2,0 | 2,3 | 6,2 | 10,5 |

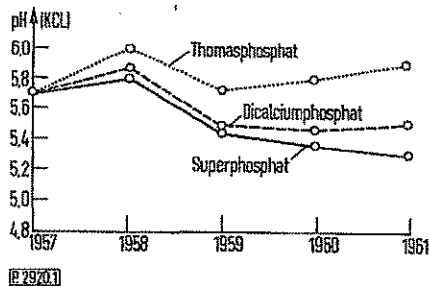


Abbildung 1:
pH-Schwankungen auf dem Versuchsfeld 235
pH-fluctuations on the experimental plot 235.

b) Feldversuch 240

Der Versuch wurde auf einem humosen Sandboden mit einem 30—40 cm mächtigen humosen Horizont (früheres Podsolprofil) durchgeführt. Wasserstand im Winter: ± 30 cm; im Sommer: $\pm 1,5$ m. Mechanische Zusammensetzung der Ackerkrume: $< 2 \mu = 1,5\%$; $2-10 \mu = 0,5\%$; $10-20 \mu = 2,0\%$; $20-50 \mu = 3,2\%$; $> 50 \mu = 92,8\%$.

Tabelle 7

pH, C-Gehalt, Nährstoffgehalt (nach der AL-Methode Egnér-Riehm),
T- und S-Wert des Bodens bei Versuchsbeginn

pH, contents, nutrient contents (according to the ammonium lactate method of Egnér-Riehm),
T- and S-values of the soil at the beginning of the experiment.

| Tiefe cm | pH (H ₂ O) | pH (KCl) | C (%) | P | K (mg/100 g Boden) | Mg (mg/100 g Boden) | Ca | T-Wert (mval) | S-Wert (mval) |
|-------------|--------------------------|-------------|----------|----|-----------------------|------------------------|-----|------------------|------------------|
| 0—30 | 7,1 | 6,3 | 3,0 | 14 | 12 | 5,5 | 180 | 19,5 | 17,5 |
| 30—60 | 6,1 | 5,7 | 0,3 | 1 | 3 | 1,5 | 30 | 4,5 | 3,5 |
| > 70 | 7,0 | 6,2 | 0,1 | 1 | 3 | 1,0 | 30 | 3,0 | 2,5 |

Der Boden enthielt zu Versuchsbeginn folgende Manganmengen: 1,1 ppm H₂O-lösliches, 1,5 ppm austauschbares, 5,0 ppm leicht reduzierbares und 7,6 ppm aktives Mn.

Tabelle 8

Relative Erträge (mit MnSO₄ = 100)

Relative yields (with MnSO₄ = 100).

| Düngung | 1957 Hafer Korn | 1958 Sommer- gerste Korn | 1959 Roggen Korn | 1960 Hafer Korn | 1961 Futter- rüben Rüben | Mittel- wert |
|---|-----------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO ₄ /ha | 100 ± 6,0 | 100 ± 2,5 | 100 ± 2,8 | 100 ± 7,0 | 100 ± 4,5 | 100 |
| Superphosphat | 35,2 ± 3,7 | 47,2 ± 4,8 | 68,3 ± 4,7 | 75,4 ± 3,9 | 95,9 ± 3,0 | 64,4 |
| Thomasphosphat | 34,8 ± 7,8 | 31,2 ± 2,9 | 69,6 ± 4,9 | 11,0 ± 3,4 | 93,2 ± 5,7 | 48,0 |
| Dicalciumphosphat | 23,8 ± 3,7 | 26,4 ± 2,0 | 67,5 ± 1,5 | 28,8 ± 4,2 | 93,6 ± 6,9 | 48,0 |
| ohne Phosphat | 26,4 ± 5,2 | 22,9 ± 4,3 | 60,9 ± 6,0 | 11,7 ± 2,2 | 92,6 ± 3,8 | 42,9 |

In Tab. 9 ist der Nährstoffentzug durch Futterrüben im 5. Versuchsjahr angegeben.

Tab. 10 zeigt das pH und den Nährstoffgehalt des Bodens nach dem 5. Versuchsjahr.

Tabelle 9
Nährstoffentzug durch Futterrüben (Rüben + Blätter) in kg/ha
Nutrient deprivation by common turnips (turnips and leaves) in kg/ha.

| Düngung | P | K | Mg | Ca | Mn | N |
|--|----|-----|----|-----|------|-----|
| Dicalciumphosphat + 100 kg $MnSO_4$ /ha | 48 | 538 | 47 | 139 | 0,54 | 238 |
| Superphosphat | 46 | 558 | 33 | 110 | 0,51 | 147 |
| Thomasphosphat | 41 | 514 | 37 | 104 | 0,32 | 172 |
| Dicalciumphosphat ohne Phosphat | 46 | 578 | 41 | 122 | 0,42 | 150 |
| | 36 | 495 | 49 | 130 | 0,43 | 143 |

Tabelle 10
pH und Nährstoffgehalt des Bodens nach dem 5. Versuchsjahr
pH and nutrient contents of the soil after the 5th year of experimenting.

| Düngung | pH (H_2O) | pH (KCl) | mg/100 g Boden | | | | H_2O | Mn (ppm) | | | |
|--|------------------|-------------|----------------|----|-----|-----|--------|----------|---------|------|--|
| | | | P | K | Mg | Ca | | aust. | l. red. | akt. | |
| Dicalciumphosphat + 100 kg $MnSO_4$ /ha | 7,1 | 6,5 | 18 | 10 | 5,2 | 162 | 1,9 | 2,7 | 17,0 | 21,6 | |
| Superphosphat | 7,0 | 6,5 | 17 | 7 | 5,0 | 150 | 1,3 | 1,5 | 3,7 | 6,5 | |
| Thomasphosphat | 7,1 | 6,5 | 16 | 6 | 5,2 | 162 | 1,3 | 1,5 | 4,6 | 7,4 | |
| Dicalciumphosphat ohne Phosphat | 7,1 | 6,5 | 17 | 6 | 5,0 | 185 | 1,3 | 1,5 | 3,2 | 5,7 | |
| | 7,1 | 6,5 | 12 | 7 | 5,0 | 150 | 1,5 | 1,3 | 4,8 | 7,6 | |

c) Feldversuch 259

Dieser Feldversuch wurde auf einem humusarmen, braun-grauen Sandpodsol angelegt. Die Ackerkrume ist nur 25 cm mächtig. Mechanische Zusammensetzung der Ackerkrume: $< 2 \mu = 1\%$; $2-10 \mu = 1\%$; $10-20 \mu = 1,5\%$; $20-50 \mu = 8,5\%$; $> 50 \mu = 88\%$.

Tabelle 11
pH, C-Gehalt, Nährstoffgehalt (nach der AL-Methode Egnér-Riehm),
T- und S-Wert des Bodens bei Versuchsbeginn

pH, C-contents, nutrient contents (according to the ammonium lactate method of Egnér-Riehm),
T- and S-values of the soil at the beginning of the experiment.

| Tiefe cm | pH (H_2O) | pH (KCl) | C (%) | P | K | Mg (mg/100 g Boden) | Ca | T-Wert (mval) | S-Wert (mval) |
|-------------|------------------|-------------|----------|----|---|------------------------|-----|------------------|------------------|
| 0-25 | 7,2 | 6,6 | 1,6 | 18 | 8 | 3,5 | 150 | 7,5 | 7,0 |
| 25-35 | 7,3 | 6,6 | 0,1 | 1 | 5 | 1,0 | 55 | 3,5 | 2,5 |
| > 35 | 7,3 | 6,7 | 0,1 | 1 | 8 | 1,5 | 55 | 2,5 | 2,0 |

Der Boden enthält zu Versuchsbeginn folgende Manganmengen: 0,5 ppm H_2O -lösliches, 0,4 ppm austauschbares, 2,2 ppm leicht reduzierbares und 3,1 ppm aktives Mn.

Tabelle 12
Relative Kornerträge (mit $\text{MnSO}_4 = 100$)
Relative grain yields (with $\text{MnSO}_4 = 100$).

| Düngung | 1958 Hafer | 1959 Sommer- gerste | 1960 Roggen | 1961 Hafer | Mittel- wert |
|---|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO_4/ha | 100 $\pm 4,0$ | 100 $\pm 4,2$ | 100 $\pm 3,9$ | 100 $\pm 6,0$ | 100 |
| Superphosphat | 58,1 $\pm 6,0$ | 37,7 $\pm 4,8$ | 99,5 $\pm 8,1$ | 15,3 $\pm 3,9$ | 52,6 |
| Thomasphosphat | 43,8 $\pm 3,9$ | 19,1 $\pm 3,1$ | 91,7 $\pm 5,6$ | 13,4 $\pm 1,5$ | 42,0 |
| Dicalciumphosphat | 43,3 $\pm 5,5$ | 11,5 $\pm 2,6$ | 91,1 $\pm 3,5$ | 14,8 $\pm 3,2$ | 40,2 |
| ohne Phosphat | 44,1 $\pm 4,1$ | 10,3 $\pm 3,1$ | 92,4 $\pm 6,5$ | 13,4 $\pm 4,8$ | 40,0 |

Die durch Hafer im 4. Versuchsjahr aufgenommenen Nährstoffmengen sind in Tab. 13 angegeben.

Tabelle 13
Nährstoffentzug durch Hafer (Korn + Stroh) in kg/ha
Nutrient deprivation by oats (grain + straw) in kg/ha.

| Düngung | P | K | Mg | Ca | Mn | N |
|---|------|-------|-----|------|-------|------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO_4/ha | 13,4 | 130,5 | 5,1 | 12,6 | 0,049 | 44,0 |
| Superphosphat | 4,5 | 66,1 | 2,8 | 9,6 | 0,013 | 22,6 |
| Thomasphosphat | 6,2 | 83,1 | 3,9 | 12,4 | 0,009 | 31,1 |
| Dicalciumphosphat | 4,8 | 61,8 | 3,3 | 10,0 | 0,012 | 24,1 |
| ohne Phosphat | 4,1 | 51,9 | 2,1 | 7,1 | 0,012 | 13,8 |

Tab. 14 zeigt das pH und den Nährstoffgehalt des Bodens nach Abschluß des 4. Versuchsjahres.

Tabelle 14
pH und Nährstoffgehalt des Bodens nach dem 4. Versuchsjahr
pH and nutrient contents of the soil after the 4th year of experimenting.

| Düngung | pH | | mg/100 g Boden | | | | Mn (ppm) | | | |
|---|--------------------------|-------|----------------|---|-----|-----|----------------------|-------|---------|------|
| | (H_2O) | (KCl) | P | K | Mg | Ca | H_2O | aust. | l. red. | akt. |
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO_4/ha | 7,5 | 6,75 | 18 | 6 | 5,0 | 115 | 1,9 | 2,6 | 8,5 | 13,0 |
| Superphosphat | 7,5 | 6,75 | 19 | 6 | 5,2 | 115 | 1,3 | 1,6 | 3,9 | 6,8 |
| Thomasphosphat | 7,75 | 6,95 | 18 | 7 | 5,2 | 115 | 1,5 | 1,3 | 3,1 | 5,9 |
| Dicalciumphosphat | 7,55 | 6,8 | 17 | 7 | 5,5 | 115 | 1,5 | 1,5 | 3,2 | 6,2 |
| ohne Phosphat | 7,65 | 6,9 | 14 | 8 | 5,2 | 115 | 1,5 | 1,4 | 3,9 | 6,8 |

3. Diskussion

In dem Gefäßversuch mit Hafer auf einem manganarmen Sandboden (pH [KCl] = 6,6) gab eine Düngung mit Thomasphosphat bessere Ergebnisse als eine Düngung mit Superphosphat. Dies galt für den Ertrag, das Auftreten von Manganmangelercheinungen und den Mangangehalt des Bodens.

In 3 mehrjährigen Feldversuchen auf manganbedürftigen Böden relativ hoher pH-Werte wurden völlig andere Ergebnisse erzielt. In allen 3 Versuchen schnitt Superphosphat wesentlich besser ab als Thomasphosphat. Der Einfluß auf den Ertrag ist in Tab. 15 zusammengefaßt.

Tabelle 15

Relative Erträge der Versuchsfelder, Mittelwerte der mehrjährigen Versuche (mit $\text{MnSO}_4 = 100$)
Relative yields of the experimental plots, medium values of the several-year-experiments (with $\text{MnSO}_4 = 100$).

| Düngung | Feldversuch Nr. | | | Mittel |
|---|-----------------|------|------|--------|
| | 235 | 240 | 259 | |
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO_4 /ha | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Superphosphat | 95,2 | 64,4 | 52,6 | 70,7 |
| Thomasphosphat | 91,3 | 48,0 | 42,0 | 60,4 |
| Dicalciumphosphat | 95,3 | 48,0 | 40,2 | 61,1 |
| ohne Phosphat | 89,3 | 42,9 | 40,0 | 57,1 |

Man könnte annehmen, daß der Mehrertrag durch Superphosphat im Vergleich zu Thomasphosphat auf den Schwefelgehalt des Superphosphates zurückzuführen ist. Dies ist jedoch ausgeschlossen, weil auch die Parzellen mit Thomasphosphat eine Magnesiumsulfatdüngung erhielten. Daß der Unterschied in einer unterschiedlichen Mn-Wirkung begründet ist, geht auch deutlich aus den Ertragsunterschieden zwischen den Parzellen Dicalciumphosphat + MnSO_4 und Dicalciumphosphat (ohne Mn) hervor (Tab. 15).

Mit den Ertragsunterschieden steht der Befund in Einklang, daß im Feldversuch die Manganmangelercheinungen auf den mit Thomasphosphat gedüngten Parzellen deutlich stärker waren als auf den mit Superphosphat gedüngten Parzellen.

Auch die Werte für den Manganentzug durch die Pflanzen (Tab. 16) deuten darauf hin, daß das Mangan der für die Ertragsunterschiede verantwortliche Faktor war. Die Manganaufnahme wurde durch Superphosphat gefördert und durch Thomasphosphat gehemmt. Der Mn-Entzug bei Düngung mit Thomasphosphat war sogar noch geringer als ohne P-Düngung bzw. bei Düngung mit Dicalciumphosphat ohne MnSO_4 .

Auf dem Versuchsfeld 235 mit mäßig hohem pH und ohne Calciumcarbonatreserve haben die untersuchten Phosphatdüngemittel das pH des Bodens deut-

Tabelle 16
Manganentzug durch Getreide und Rüben in g Mn/ha (1961)
Manganese deprivation by corn and turnips in g Mn/ha (1961).

| Düngung | Versuch 235 Sommer- gerste | Versuch 240 Futter- rüben | Versuch 259 Hafer | Gesamt- entzug |
|---|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO ₄ /ha | 108 | 546 | 49 | 703 |
| Superphosphat | 95 | 517 | 13 | 625 |
| Thomasphosphat | 60 | 312 | 9 | 381 |
| Dicalciumphosphat ohne Phosphat | 100 | 418 | 12 | 530 |
| | 78 | 441 | 12 | 531 |

lich beeinflusst, bei den Versuchsfeldern 240 und 259 mit höherem pH und Calciumcarbonatreserven nur geringfügig. Jedoch wirkte sich eine geringfügige pH-Erniedrigung um 0,1 bis 0,2 pH deutlich auf den Ertrag aus. Das Auftreten von Manganmangel ist daher bei Sandböden hauptsächlich eine pH-Frage, wie wir schon früher u. a. bei der Düngung mit unterschiedlichen Stickstoffdüngemitteln festgestellt hatten. In den vorliegenden Versuchen tritt der Einfluß der Art des P-Düngemittels (physiologisch sauer oder alkalisch) deutlich hervor.

Der Gehalt an leicht reduzierbarem Mangan scheint durch die untersuchten Phosphatdüngemittel nicht beeinflusst zu werden (Tab. 17). Das im Thomasphosphat enthaltene Mangan verursacht keine Erhöhung des leicht reduzierbaren Mangans im Boden und kann deshalb in Böden mit pH-Werten über etwa 6 als nicht aufnehmbar angesehen werden.

Tabelle 17
Gehalt an leicht reduzierbarem Mangan in ppm Mn (Ende 1961)
Contents in easily reducible manganese in ppm Mn (at the end of 1961).

| Düngung | Feldversuch Nr. | | | |
|---|-----------------|------|-----|--------|
| | 235 | 240 | 259 | Mittel |
| Dicalciumphosphat + 100 kg MnSO ₄ /ha | 32,3 | 17,0 | 8,5 | 19,3 |
| Superphosphat | 7,8 | 3,7 | 3,9 | 5,1 |
| Thomasphosphat | 7,4 | 4,6 | 3,1 | 5,0 |
| Dicalciumphosphat ohne Phosphat | 6,5 | 3,7 | 3,2 | 4,5 |
| | 6,2 | 4,8 | 3,9 | 5,0 |

Die unterschiedlichen Ergebnisse der Gefäß- und Feldversuche sind nicht durch Bodenunterschiede verursacht, da die Gefäßversuche mit dem Boden des Versuchsfeldes 240 durchgeführt wurden. Dies zeigt u. E., daß Gefäßversuche im Hinblick auf die Beurteilung der Manganverfügbarkeit von Boden und Düngemitteln sehr vorsichtig auszuwerten sind und ihre Ergebnisse nicht ohne weiteres auf das Feld übertragen werden können. Die stärkere Durchwurzelung und

Befeuchtung in Gefäßen im Vergleich zum Freiland dürften die Ursachen für eine starke Mobilisierung des Mangans im Thomasphosphat sein. Diese Annahme wird durch Versuche von *Schachtschabel* gestützt (2), nach denen bei Wasserübersättigung des Bodens eine sehr schnelle Umwandlung höherwertigen Mangans zu 2wertigem Mangan erfolgt.

Zusammenfassung

Um den Einfluß physiologisch sauer und alkalisch wirkender Phosphatdüngemittel auf kalkreichen Sandböden mit Manganmangel zu untersuchen, wurden vergleichende Gefäß- und Feldversuche durchgeführt.

Im Gefäßversuch wurden Thomasphosphat und Superphosphat geprüft. Der Versuchsboden, ein humoser Sandboden von pH (KCl) 6,6, stammte aus einem Feldversuch. In diesem Gefäßversuch war Thomasphosphat dem Superphosphat in bezug auf Ertrag, Verminderung von Manganmangelerscheinungen und Erhöhung des Mangan gehaltes im Boden überlegen.

Auf manganarmen Sandböden relativ hoher pH-Werte (pH bei Versuchsbeginn 5,5, 6,3 bzw. 6,6) wurden drei Feldversuche 4 bis 5 Jahre lang durchgeführt. Die Ergebnisse waren den im Gefäßversuch erhaltenen Ergebnissen entgegengesetzt. In den Feldversuchen wirkte Superphosphat in bezug auf Ertrag, Verminderung von Manganmangelerscheinungen und Mangan aufnahme durch Pflanzen besser als Thomasphosphat. Die Düngung mit Dicalciumphosphat gab ähnliche Ergebnisse wie die Düngung mit Thomasphosphat.

Es wurde auf die Vorsicht hingewiesen, die bei der Übertragung von Gefäßversuchsergebnissen im Hinblick auf die Manganverfügbarkeit auf dem Felde angewendet werden muß.

Schrifttum

- (1) *Atanasiu, N.*: Les éléments-traces dans les engrais et leur signification pour les végétaux et les animaux. Ann. Gembloux 1, 33 (1961). — (2) *Schachtschabel, P.*: Das Mangan im Boden. Phosphorsäure 15, 3 (1955). — (3) *Sherman, G., McHargue, J. S., and Hodgkiss, W. S.*: Determination of active manganese in soil. Soil Sci. 54, 4 (1942). — (4) *Stenuit, D., Piot, R., et Boon, R.*: Relation entre le pH et la teneur en manganèse des sols sablonneux et l'apparition des symptômes de carence en manganèse chez l'avoine. Pédologie 7, 259 (1957). [2920]