

**SONDERDRUCK**

aus

# **LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG**

zugleich Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Herausgegeben von

**H. Kick**

Bonn

**H.-J. Oslage**

Braunschweig-Völkenrode

**U. Ruge**

Hamburg

**F. Scheffer**

Göttingen

**E. Schlichting**

Stuttgart-Hohenheim

**L. Schmitt**

Darmstadt

**W. Wöhlbier**

Stuttgart-Hohenheim

**BAND XXIV · HEFT 3-4**

**1971**



**J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN**

# LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG

BAND 24

HEFT 3-4

## INHALTSVERZEICHNIS

### AUFSATZE

M. Becker	Empfehlungen zur Mineralstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere. <i>Mineralstoffbedarfsnormen für Rinder</i> . . . . .	225
K. Drepper und C.-P. Kedenburg	Rohnährstoff- und Aminosäuregehalte in Wiesenschwengel und Rotklee sowie deren Beeinflussung durch Silieren . . . . .	238
Liane Titze-Bettner	Die Entwicklung des Produktbestandteiles Rohfaser im Verlaufe einer Vegetationsperiode von Sommerweizen . . . . .	249
E. Kröller	Eine Möglichkeit zur Bestimmung elementaren Schwefels in Futtermitteln . . . . .	254
A. Thalmann	Ein Nährboden zur Zählung osmophiler Pilze in Futtermitteln . . . . .	257
A. Amberger, G. Sommer und R. Gutser	Zur P-Dynamik weicherdiger Rohphosphate . . . . .	260
H. Munk und C. Bärmann	Zur Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Phosphats in lehmigen Böden durch verschiedene Bodenuntersuchungsmethoden . . . . .	272
W. Werner und H. Wiechmann	Vergleichende Untersuchungen zur Brauchbarkeit der CAL-Methode zur Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Bodenphosphats . . . . .	285
H. Vetter und R. Mählich	Untersuchungen über Blei-, Zink- und Fluor-Immissionen und dadurch verursachte Schäden an Pflanzen und Tieren . . . . .	294
Dagmar Gaese, M. A. Mushtaq und E. Schlichting	Wirkung einer Meliorationskalkung in lehmigen Böden der Braunerde-Gruppe . . . . .	316
BUCHBESPRECHUNGEN . . . . .		328

Redaktionelle Anweisungen und Impressum siehe 3. und 4, Umschlagseite

## Zur P-Dynamik weicherdiger Rohphosphate

(Aus dem Institut für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan und der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz München)

Von A. AMBERGER, G. SOMMER und R. GUTSER\*)

Eingegangen am 3. 5. 1971

Weicherdige Rohphosphate sind auf geeigneten Standorten vollwertige Phosphatdüngemittel. Um optimale Wirkungen zu erzielen, müssen aber gewisse Voraussetzungen gegeben sein hinsichtlich Standort, Art der Kulturpflanzen, Anwendungszeit usw., wie aus einer großen Zahl von Versuchen und Untersuchungen aus unserem Institut hervorgeht (1).

Der pH-Wert des Bodens stellt ein wesentliches Kriterium für eine sinnvolle Anwendung weicherdiger Rohphosphate dar, deren Löslichkeit unter sauren Bedingungen bekanntlich größer ist als im neutralen bis alkalischen Milieu. Aber auch Tonanteil und Phosphorsäureversorgung des Bodens (L. SCHMITT) sowie Gehalt und Art von biologisch abbaubarem Material (F. SCHEFFER und B. UERICHT, A. ZELLER) sind von erheblicher Bedeutung, wie aus dem Kongreßband III der Internationalen Gesellschaft für Phosphatfragen (2) hervorgeht.

Aufschluß über die Umsetzungsgeschwindigkeit und damit Wirksamkeit apatitischer Phosphate an einem Standort vermag auch die Phosphatfraktionierung nach CHANG und JACKSON (3) zu geben. Jeder Boden ist bestrebt, ein seinem Milieu entsprechendes arteigenes Gleichgewicht zwischen verschiedenen Phosphatbindungsformen herzustellen, mit anderen Worten, Düngerphosphat in Bodenphosphat umzuformen. Diese Umsetzung geht umso rascher vor sich, je geringer die Stabilität bzw. je größer die Löslichkeit des zugeführten Phosphats unter den betreffenden Bedingungen des Bodens ist (4).

Schwierigkeiten bereiten die weicherdigen Rohphosphate der Bodenuntersuchung und zwar deshalb, weil die Doppellaktat-(DL-)Methode (5) nach Hyperphosphdüngung oft höhere Werte ergibt, als die Wirkung im Pflanzenversuch erwarten läßt. Diese Tatsache erschwert verständlicherweise die Interpretation der Bodenuntersuchungsergebnisse im Hinblick auf eine sachgemäße Düngieranwendung.

Um dieser Problematik Rechnung zu tragen, sind in den letzten Jahren neben der DL-Methode verschiedene andere Extraktionsmittel vorgeschlagen worden, so z. B. Wasser (VAN DER PAAUW und SCHACHTSCHABEL),  $\text{NaHCO}_3$  (n. OLSEN),  $\text{NH}_4\text{F}$  (n. BRAY), Calcium-Acetat-Lactat (n. SCHÜLLER). Sie begegnen zwar durchwegs der Gefahr einer Überbewertung mit weicherdigen Rohphosphaten gedüngter Flächen, sind häufig aber nicht frei von anderen Nachteilen. Man darf mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, daß es wohl kaum ein universelles Extraktionsmittel gibt, das in der Lage ist, das Aufnahmevermögen der Pflanzenwurzeln im Verlauf einer Vegetationsperiode unter verschiedenen klimatischen Bedingungen zu ersetzen bzw. vorwegzunehmen. Über die praktische Brauchbarkeit einer Bodenuntersuchungsmethode kann daher letztlich nur eine möglichst enge Beziehung zwischen dem Extraktionswert und der Phosphataufnahme im Pflanzenversuch entscheiden.

Als Beitrag zur P-Dynamik weicherdiger Rohphosphate wird von Untersuchungen an einem langjährigen Phosphatformen-Aufkalkungsversuch des Instituts für Pflanzenernährung Weihenstephan, der schon früher Gegenstand von Veröffentlichungen war (1), berichtet unter folgenden Gesichtspunkten:

1. Wirkung von Hyperphos im Vergleich zu Thomasphosphat, gemessen an Substanzproduktion und Phosphatentzug der Pflanzen;
2. Veränderung der Phosphatfraktionen im Boden durch Phosphatdüngung bzw. Aufkalkung;

\*) Prof. Dr. A. AMBERGER, Dr. R. GUTSER; beide 8050 Freising-Weihenstephan, Dr. G. SOMMER, Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur, Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 8 München 19, Menzinger Str. 54

3. „Pflanzenverfügbares Phosphat“ im Boden nach verschiedenen Extraktionsverfahren. Besonderes Augenmerk wird der Frage zugewandt, in welchem Umfang apatitische Rohphosphate dabei mit erfaßt werden.

### Versuchsdurchführung

Standort: Pettenbrunn

Bodenart: schluffiger Lehm	Gesamt-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	140 mg/100 g Boden
Bodentyp: pseudovergleyte Braunerde	Gesamt-C:	1,2 ‰
Austauschkapazität: 15,7 mval/100 g	Gesamt-N:	0,13 ‰
Basensättigung: 67,5 ‰	Boden C/N-Verhältnis:	9
pH(KCl): 4,9		

Fruchtfolge:

1953 Wi-Weizen	58 Grünmais	63 So-Raps
54 Fu-Rüben	59 So-Gerste + Gemenge	64 So-Weizen
55 So-Gerste	60 Zu-Rüben	65 Ackerbohnen
56 Wi-Weizen	61 So-Weizen	66 Hafer
57 Ackerbohnen	62 So-Gerste	67 So-Raps
		68 Wi-Weizen

Düngung (Nährstoffmengen in kg/ha):

Stickstoff und Kali optimal zur jeweiligen Versuchsfrucht

- P-Düngung: 1) o. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 2) 1 × Hyperphos  
 3) 1 × Thomasphosphat  
 4) 2 × Hyperphos  
 5) 2 × Thomasphosphat

Einfache P-Gabe im Mittel 44 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/Jahr, insgesamt 575 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.  
 Von 1953 bis 1965 erfolgte eine jährliche Abdüngung mit Phosphat, von 1966 bis 1968 wurde die Nachwirkung verfolgt.

Aufkalkung:

Die Kalkung wurde alle 3 Jahre mit Löschkalk vorgenommen und dabei ein pH-Wert von 6,4 angestrebt. Die insgesamt ausgebrachte Kalkmenge betrug 4840 kg CaO/ha.

Ende 1968 wurden nach 3jähriger P-freier Düngung in allen Versuchsgliedern die P-Fractionen, modifiziert nach CHANG und JACKSON (3), sowie der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphat unter Anwendung nachstehender Extraktionsmethoden festgestellt:

- Doppellaktatmethode (DL) nach EGNÉR-RIEHM (5)
- Ammoniumlactatessigsäure-Methode (AL) nach EGNÉR-RIEHM-DOMINGO (6)
- Calcium-Acetat-Lactatmethode (CAL) nach SCHÜLLER (7)
- Natriumbicarbonatmethode (NaHCO<sub>3</sub>) nach OLSEN (8)
- Ammoniumfluoridmethode (NH<sub>4</sub>F) nach BRAY und KURTZ (9)
- Wassermethode (H<sub>2</sub>O) nach VAN DER PAAUW — SCHACHTSCHABEL (10)

### Ergebnisse

Wirkung der Phosphate im Pflanzenversuch im Versuchsabschnitt 1953—65

Die Phosphatdüngung führt zu hohen Mehrerträgen gegenüber den Kontrollen (Tabelle 1). Die Erträge des Thomasphosphates liegen gegenüber Hyperphos in den vergleichbaren Düngungsstufen um 1 bis 9% höher; die Unterschiede sind

am größten bei niedriger Phosphatgabe und hohem Boden-pH. Die Kalkung bringt (durch Verbesserung der Bodenstruktur und Erhöhung der Verfügbarkeit der Bodenphosphorsäure) allgemein größere Mehrerträge als eine erhöhte Phosphatgabe: 1 x Hyperphos bzw. Thomasphosphat mit Kalk erzielen höhere Erträge als 2 x Hyperphos bzw. Thomasphosphat ohne Kalk. Die Erhöhung der Phosphat-

Tab. 1  
Substanzproduktion und  $P_2O_5$ -Aufnahme 1953—1968

Düngung	Gesamt-Trockensubstanz- Produktion (dz/ha)			Gesamt- $P_2O_5$ -Aufnahme (kg/ha)		
	1953—1965	1966—1968	$\Sigma$	1953—1965	1966—1968	$\Sigma$
<i>ohne Kalk (pH 4,9)</i>						
ohne $P_2O_5$	715	103	818	214	48	262
1 × Hyperphos	1044	130	1174	353	68	421
1 × Thomasphosphat	1060	134	1194	385	69	454
2 × Hyperphos	1069	141	1210	418	78	496
2 × Thomasphosphat	1160	143	1303	472	80	552
<i>mit Kalk (pH 6,0—6,2)</i>						
ohne $P_2O_5$	945	152	1097	322	76	398
1 × Hyperphos	1103	152	1255	426	85	511
1 × Thomasphosphat	1203	152	1355	457	83	540
2 × Hyperphos	1154	153	1307	449	86	535
2 × Thomasphosphat	1212	166	1378	520	98	618

düngergabe, noch mehr aber die Kalkung bewirken beachtlich höhere Phosphatentzüge; die Unterschiede zwischen den Phosphatformen betragen im Mittel 10% zugunsten des Thomasphosphats.

Unter der Voraussetzung einer jährlichen relativ niedrigen Phosphatdüngung sind also die Unterschiede in den Erträgen zwischen Thomasphosphat und Hyperphos bei niedrigem pH und niedriger Phosphatgabe am geringsten (pro Jahr umgerechnet etwas über 1 dz TrS.); bei niedrigem pH und hoher Phosphatgabe bzw. hohem pH und niedriger Phosphatgabe betragen sie etwa 7 bis 7,5 dz TrS./Jahr. Kalkung und hohe Phosphatgabe verringern die Unterschiede auf etwa 4 dz TrS./ha und Jahr. Die Unterschiede in der Phosphataufnahme betragen 2,5 bis 5,5 kg  $P_2O_5$ /ha und Jahr.

Eine Nachwirkung der Versuchsdüngung in den Jahren 1966 bis 68 ist in der Reihe ohne Kalk sowohl in den Erträgen als auch in der Phosphataufnahme deutlich gegeben, ohne wesentlichen Unterschied zwischen Hyperphos und Thomasphosphat. In der aufgekalkten Reihe wurde — bei allgemein hohem Niveau der Erträge bzw. Phosphatentzüge — lediglich durch 2 mal Thomasphosphat ein Mehrertrag gegenüber der Kontrolle und ein (um 12 kg) höherer  $P_2O_5$ -Entzug als durch Hyperphos erzielt.

Eine Aufgliederung der Erträge bzw. Phosphatentzüge im Zeitraum von 1953 bis 1965 auf die hauptsächlichen, mehrfach angebauten Kulturpflanzen ergibt folgendes Bild (Tabelle 2): Im 3jährigen Durchschnitt sind die Kornerträge von Winterweizen, Sommerweizen und Hafer, sowie die entsprechenden Phosphatentzüge durch Korn + Stroh auf den Hyperphos- und Thomasphosphatparzellen fehlerkritisch gesehen völlig gleich. Ähnliches gilt für Sommerraps, wovon allerdings nur 1jährige Ergebnisse vorliegen.

Tab. 2  
**Durchschnittserträge und -entzüge verschiedener Kulturpflanzen**  
 Kernerträge: dz/ha (14% H<sub>2</sub>O)  
 Rüben und Mais: Frischmasseerträge dz/ha  
 Entzüge: kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (Korn + Stroh bzw. Rüben + Blatt)

	Wi-Weizen		So-Weizen u. Hafer		Ackerbohnen		So-Raps		So-Gerste		Rüben		Grünmais	
	(3 Jahre)		(3 Jahre)		(2 Jahre)		(1 Jahr)		(3 Jahre)		(2 Jahre)		(1 Jahr)	
	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug	Ertrag	Entzug
ohne Kalk														
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37	22	32	21	15	16	12	12	18	18	106	6	392	38
1 × Hyperphos	42	31	38	25	22	29	20	29	25	25	324	28	476	49
1 × Thomasphosphat	43	31	37	25	25	31	20	27	34	26	439	34	497	57
2 × Hyperphos	44	35	38	26	23	30	21	33	32	26	448	43	510	58
2 × Thomasphosphat	43	36	39	27	26	34	20	31	35	28	558	57	527	67
mit Kalk														
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37	32	37	26	27	29	18	24	27	27	269	21	434	36
1 × Hyperphos	41	36	39	30	30	32	21	29	33	29	476	50	462	46
1 × Thomasphosphat	40	33	42	33	31	39	22	31	35	30	590	53	499	46
2 × Hyperphos	40	37	41	31	32	38	22	31	33	30	515	49	478	58
2 × Thomasphosphat	40	39	41	33	32	45	23	35	37	34	609	53	524	67

Auch in den 2jährigen Erträgen von Ackerbohnen zeigt sich in der aufgekalkten Reihe kein Unterschied zwischen den Phosphatformen, wohl aber sind die Phosphatentzüge nach Thomasphosphatdüngung sowie in der ungekalkten Reihe auch die Erträge dieser Düngungsarten etwas höher.

Deutliche Unterschiede bestehen aber in den Erträgen und Phosphatentzügen von Sommergerste (3jährig), Rüben (2jährig), Grünmais (1jährig) und lassen eine gewisse Überlegenheit des Thomasphosphats erkennen.

Auf diesem stark zur Festlegung neigenden Boden ist die Wirkung der Phosphatdünger also sehr wesentlich von der Art der angebauten Kulturpflanzen bzw. deren unterschiedlichem Phosphataneignungsvermögen abhängig. Wie wir später noch sehen werden, ist der Spiegel an pflanzenverfügbarem Phosphat zu niedrig, als daß im Mittel durch 44 bzw. 88 kg  $P_2O_5$  Düngerphosphat/ha und Jahr eine ausreichende Phosphatversorgung anspruchsvoller Früchte gesichert werden könnte. Das Phosphatangebot aus den weicherdigen Rohphosphaten — sämtliche Düngemittel wurden zu jeder Frucht vor der Saat verabreicht — erfolgt zweifellos langsamer als aus chemischen oder thermisch voll aufgeschlossenen Phosphaten und kann daher auf schlecht mit Phosphat versorgten Böden keine optimale Phosphatanlieferung während der gesamten Vegetationszeit gewährleisten.

#### *Auswirkung der Phosphatdüngung auf Reaktion und Phosphatfraktionen im Boden*

Die in der Regel alle 3 Jahre durchgeführte Kalkung erhöhte die Reaktion um durchschnittlich eine Einheit (Tabelle 3). Das angestrebte pH von 6,4 konnte nicht ganz erreicht bzw. gehalten werden. Bei langjähriger Anwendung von Thomasphosphat zeichnet sich eine Tendenz zu höheren pH-Werten ab; die Unterschiede sind zwar sehr gering, bestätigen aber doch dessen höhere basische Wirksamkeit.

Tab. 3  
Bodenreaktion — Pettenbrunn

Düngung	pH (KCl)		
	1953	1962	1968
ohne Kalk (pH 4,9)			
ohne $P_2O_5$	4,8	4,7	4,6
1 × Hyperphos	4,9	4,9	4,7
1 × Thomasphosphat	4,9	5,1	4,8
2 × Hyperphos	5,0	5,0	4,9
2 × Thomasphosphat	5,1	5,4	5,0
mit Kalk (pH 6,0—6,2)			
ohne $P_2O_5$	5,5	6,0	5,7
1 × Hyperphos	5,5	6,1	5,8
1 × Thomasphosphat	5,7	6,2	5,9
2 × Hyperphos	5,6	6,2	5,9
2 × Thomasphosphat	5,8	6,4	6,1

(Die Bodenuntersuchungen wurden zu Versuchsbeginn (1953) im Frühjahr, in allen übrigen Jahren im Herbst durchgeführt)

Eine *Fraktionierung des Bodenphosphates* im Jahre 1968 (nach 3jähriger P-Nachwirkung) nach CHANG und JACKSON (3) brachte die in Tabelle 4 zusammengestellten Ergebnisse: Die Gesamtphosphatgehalte zeigen sehr deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Phosphatsteigerung; zwischen den Phosphat-

formen sind die Differenzen dagegen relativ gering und lassen keine Zusammenhänge mit dem Gesamtposphatentzug durch die Ernte erkennen.

Tab. 4  
Anorganische P-Fractionen — Pettenbrunn  
(ppm P)

Düngung	Gesamt-P	NH <sub>4</sub> Cl	NH <sub>4</sub> F	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
ohne Kalk					
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	543	0	12	99	35
1 × Hyperphos	580	0	17	130	42
1 × Thomasphosphat	561	0	22	128	39
2 × Hyperphos	617	1	32	155	48
2 × Thomasphosphat	617	0	27	141	47
mit Kalk					
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	492	0	14	90	31
1 × Hyperphos	530	1	24	85	47
1 × Thomasphosphat	559	0	18	103	44
2 × Hyperphos	595	2	30	116	89
2 × Thomasphosphat	569	1	30	125	53

Auf den *ungekalkten Teilstücken* ergibt die Fraktionierung keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Phosphatdüngern. Eine Erhöhung der Phosphatgabe kommt in den ersten vier Fraktionen deutlich zum Ausdruck. Ein Rückstand von nicht umgesetztem weicherdigem Rohphosphat ist in der Calciumphosphatfraktion unter diesen pH-Bedingungen nicht festzustellen. Bemerkenswert ist der durchwegs sehr niedrige Gehalt an leichtlöslichem bzw. austauschbarem Phosphat (NH<sub>4</sub>Cl-Fraktion).

In den *aufgekalkten Teilstücken* (pH-Wert etwa 6,0) ist bei der einfachen Düngergabe in allen Fraktionen ebenfalls kein Unterschied zwischen den beiden Düngerformen vorhanden, bei der doppelten Gabe zeichnet sich jedoch ein deutlicher Rückstand an apatitischem Rohphosphat in der H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Fraktion ab. Die Umsetzungsgeschwindigkeit dieses Düngers ist bei diesem pH gegenüber „ungekalkt“ doch wesentlich verlangsamt; während die einfache Hyperphosgabe aber noch restlos umgesetzt wurde, bleiben von der doppelten Düngermenge selbst nach 3 „Nachwirkungsjahren“ noch deutliche Mengen übrig.

Die *Kalkung* hat durch Vermehrung der OH-Ionen in der Bodenlösung einen erheblichen Einfluß auf die Phosphatdynamik. Diese wirken der Phosphatsorption durch Eisen in gewissem Umfang entgegen und führen zu einer — wenn auch geringen Zunahme — an leichtlöslichem Phosphat in der NH<sub>4</sub>Cl-Fraktion. In der NH<sub>4</sub>F-Fraktion ist praktisch kein Unterschied zwischen „gekalkt“ und „ungekalkt“ vorhanden, bedingt durch die höheren Phosphatentzüge auf den gekalkten Parzellen. Die einfache Gabe bringt im Mittel etwa 20 ppm P, die doppelte etwa 30 ppm unabhängig von der angewandten Düngerform.

In der NaOH-Fraktion bewirkt die Kalkung durchwegs erheblich niedrigere P-Werte. Daneben zeichnet sich auch ein von der Art des Düngemittels beeinflusster Unterschied ab, denn die Hyperphos-Parzellen weisen bei einfacher wie bei doppelter Phosphatgabe niedrigere Werte auf. Möglicherweise liefert die Düngung mit Thomasphosphat dem Boden zusätzliche Eisenverbindungen, die unter den gegebenen Verhältnissen die Wirkung der Hydroxylionen mindern.

Wenn auf dem ungekalkten Boden eine umgekehrte Tendenz angedeutet ist, die mit Thomasphosphat gedüngten Parzellen also weniger Eisenphosphate enthalten als die Hyperphosteilstücke, so könnte möglicherweise hier — bei niedrigerem pH — der basische Charakter des Thomasphosphats die Richtung der Umsetzung mehr bestimmen, d. h. die zugeführten Hydroxylionen stärker zur Wirkung kommen als die gleichfalls zugeführten Eisenionen.

In der  $H_2SO_4$ -Fraktion ist durch die Kalkung ein Trend zu etwas höheren Werten zu beobachten. Da der Unterschied im Mittel aber nur etwa 5 ppm beträgt, liegt er nahe der Fehlergrenze der Methode und ist demnach als zufällig zu werten. Aus vielen anderen Untersuchungen ist aber ein ansteigender Gehalt an Calciumphosphaten mit zunehmendem pH-Wert als hinreichend gesichert anzusehen.

#### Aussage der Bodenuntersuchung über das „pflanzenverfügbare Phosphat“

Mit verschiedenen Extraktionsverfahren wurden die in Tabelle 5 angegebenen Werte erzielt. Alle Methoden beurteilen diesen Boden von Hause aus als sehr phosphatarm und zeigen deutlich die Wirkung einer regelmäßigen Phosphatzufuhr. In der Reihe *ohne Kalk* treten zwischen beiden Düngerformen praktisch kaum Unterschiede in den Extraktionswerten der angewandten Methoden zutage.

Tab. 5  
Pflanzenverfügbares Phosphat — Pettenbrunn  
(mg  $P_2O_5$ /100 g Boden)

Düngung	DL	AL	CAL	NaHCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> -F	H <sub>2</sub> O
<i>ohne Kalk</i>						
ohne $P_2O_5$	1,3	1,7	2,0	1,4	2,7	0,6
1 × Hyperphos	2,1	3,0	2,8	2,3	4,1	0,8
1 × Thomasphosphat	2,3	3,5	2,9	2,2	4,8	0,9
2 × Hyperphos	5,0	7,1	4,1	3,4	6,3	1,1
2 × Thomasphosphat	3,7	5,9	3,7	3,1	5,8	1,0
<i>mit Kalk</i>						
ohne $P_2O_5$	1,9	2,6	1,9	1,3	2,5	0,7
1 × Hyperphos	4,8	7,9	3,3	1,7	3,4	0,8
1 × Thomasphosphat	3,2	4,7	2,3	2,0	3,4	0,7
2 × Hyperphos	14,2	15,7	4,9	2,1	3,8	0,8
2 × Thomasphosphat	7,3	10,2	5,5	3,7	6,2	1,3

Anders liegen die Verhältnisse aber in der *aufgekalkten* Reihe: Dort differieren die Werte deutlich in Abhängigkeit von der Düngerform — insbesondere bei doppelter Phosphatgabe —. Nach der DL- und AL-Methode wären hiernach wesentlich größere Mengen an verfügbarem Phosphat in den mit Hyperphos gedüngten Teilstücken vorhanden, während die anderen Methoden eher gegenteilige Aussagen erlauben.

Tatsächlich liegen aber gerade in der *aufgekalkten* Reihe die Erträge und Entzüge von Hyperphos bei jährlicher Abdüngung mehr oder minder unter denen von Thomasphosphat und selbst in der 3jährigen Nachwirkungsperiode wurde auf den Hyperphos-Parzellen keine höhere Nachwirkung erzielt, obwohl deren DL-Werte ganz beträchtlich höher liegen.

Verfolgt man die Entwicklung der DL-Werte im Verlaufe des Versuches (Tabelle 6), dann zeigt sich, daß diese bei hohem pH und starker Hyperphosphdüngung mehr ansteigen als in den Thomasphosphat-Vergleichsparzellen.

Tab. 6  
DL-Werte — Pettenbrunn  
(mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g Boden)

Düngung	1953	1957	1962
<b>ohne Kalk (pH 4,9)</b>			
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,4	0,6	1,5
1 × Hyperphos	2,4	1,0	2,9
1 × Thomasphosphat	2,2	1,1	3,7
2 × Hyperphos	5,9	2,8	11,3
2 × Thomasphosphat	4,9	2,0	8,0
<b>mit Kalk (pH 6,4)</b>			
ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,7	0,9	2,6
1 × Hyperphos	3,6	3,9	13,0
1 × Thomasphosphat	2,4	2,0	6,2
2 × Hyperphos	8,0	7,9	25,7
2 × Thomasphosphat	5,7	4,3	11,2

(Die Bodenuntersuchungen wurden zu Versuchsbeginn (1953) im Frühjahr, in allen übrigen Jahren im Herbst durchgeführt)

Die hohen Werte der DL- und AL-Methode in der Reihe „mit Kalk“ und doppelter Hyperphosph-Gabe kommen also dadurch zustande, daß sich im Boden noch ein nicht umgesetzter Rest an apatitischen Düngerphosphaten anhäuft, der in der H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Fraktion mit erfaßt und von beiden Extraktionslösungen als pflanzenverfügbar ausgewiesen wird.

Diese Untersuchungen zeigen wiederum, daß die Frage höherer Laktatwerte nach Hyperphosphdüngung ein rein methodisches Problem ist, das mit der Wirkung der weicherdigen Rohphosphate nicht unmittelbar in ursächliche Beziehung gebracht werden kann.

### Diskussion

Die Unterschiede in der Gesamtwirkung der beiden Phosphatdünger auf diesem sauren, stark zur Festlegung neigenden Boden sind in erster Linie bedingt durch die Art der angebauten Kulturpflanzen bzw. deren Phosphataneignungsvermögen. Während sich — insbesondere in der nicht aufgekalkten Reihe — bei den meisten Früchten zwischen Thomasphosphat und Hyperphos kaum Unterschiede ergeben, ist der Phosphatspiegel dieses Bodens zu niedrig, um Rüben und Sommergerste während der ganzen Vegetationszeit ausreichend mit Phosphat zu versorgen.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen bei aufgekalktem Boden (pH 6,0) und Phosphatgaben von rd. 88 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha für Hyperphos einen durchschnittlichen Minderertrag von rd. 5% gegenüber Thomasphosphat aus. Mit Annäherung der Bodenreaktion an den Neutralpunkt läßt die Pflanzenverfügbarkeit des Rohphosphats auf Grund langsamerer Lösungsgeschwindigkeit aber zweifellos nach (REICHARD, 11), insbesondere, wenn andere Faktoren wie Niederschläge, Pflanzenart, biologische Tätigkeit usw. nicht optimal sind und diese Phosphatdüngemittel erst unmittelbar vor der Saat ausgebracht worden sind.

Die Phosphatfraktionen zeigen auf den ungekalkten Teilstücken zwischen Thomasphosphat und weicherdigem Rohphosphat drei Jahre nach der letzten Düngung nur relativ geringe Unterschiede, die innerhalb der Fehlerbreite der Methode liegen. Auf den gekalkten Parzellen besteht bei einfacher Düngergabe ebenfalls kein signifikanter Unterschied, bei doppelter Anwendungsmenge findet sich jedoch etwa ein Viertel des insgesamt gegebenen Rohphosphats nach 3jähriger Nachwirkung noch unverändert in der  $H_2SO_4$ -Fraktion. Eine Anhäufung von Hyperphos in der Calciumphosphatfraktion fand auch LIBISELLER (12) auf schwach pseudovergleyter Braunerde bei pH 6,6; der Zuwachs an anorganischem Phosphat im Boden nach langjähriger Düngung mit Hyperphos traf zu 96% auf die  $H_2SO_4$ -Fraktion (gegenüber 46% bei Thomasphosphat) und nur zu je 2% auf die  $NH_4F$ - und  $NaOH$ -Fraktion (gegenüber 23 bzw. 29% bei Thomasphosphat).

Hinsichtlich der Frage, welche Extraktionsmethode das pflanzenverfügbare Phosphat im Boden am besten kennzeichnet, werden die von BEHRENS (13), TEICHER (14), WERNER (15) und SCHÜLLER (7) vorliegenden Erfahrungen bestätigt, daß die DL- und AL-Methoden apatitische Phosphate, insbesondere in neutralen Böden, bevorzugt erfassen und sie damit bezüglich ihrer Pflanzenverfügbarkeit überbewerten. Die von BEHRENS und WERNER empfohlenen Methoden nach OLSEN und BRAY, die von SCHÜLLER vorgeschlagene CAL-Methode und letztlich auch die Wassermethode dürften den pflanzenverfügbaren Anteil des Bodenphosphats auf diesem Standort wesentlich besser kennzeichnen.

#### Zusammenfassung

In einem langjährigen Phosphatformen-Aufkalkungsversuch auf pseudovergleyter Braunerde wurde die Wirkung von Hyperphos gegenüber Thomasphosphat im Pflanzenversuch geprüft und zu den im Boden ermittelten Phosphatfraktionen nach CHANG und JACKSON bzw. durch verschiedene Extraktionsmethoden (DL, AL, CAL,  $NaHCO_3$ ,  $NH_4F$ ,  $H_2O$ ) erzielten Werte für pflanzenverfügbares Phosphat in Beziehung gesetzt.

1. Bei jährlicher Phosphatdüngung sind die Unterschiede in den gesamten Erträgen und Phosphatentzügen zwischen Thomasphosphat und Hyperphos bei niedrigem pH und niedriger Phosphatgabe sehr gering, bei hohem pH und doppelter Phosphatgabe aber deutlich zu Gunsten des Thomasphosphats.
2. Diese Unterschiede sind in erster Linie verursacht durch die Art der Kulturpflanzen: völlig gleiche Wirkung bei Winterweizen, Sommerweizen, Hafer, Raps und teilweise Ackerbohnen. Dagegen reicht die geringe Phosphatgabe (ca. 44 kg  $P_2O_5$ /ha) in Form von Hyperphos, unmittelbar zur Saat verabreicht, für eine optimale Phosphatversorgung von Sommergerste, Rüben und Grünmais während der ganzen Vegetationszeit auf diesem sehr phosphatarmen Standort nicht aus.
3. Die Phosphatfraktionierung nach CHANG und JACKSON ergab in der ungekalkten und aufgekalkten Reihe in der Regel keine Unterschiede zwischen den Phosphatfraktionen in Abhängigkeit von der verabreichten Phosphatform, wohl aber wird bei doppelter Phosphatgabe in der aufgekalkten Reihe eine deutliche Menge an nicht umgesetztem apatitischen Phosphat im Boden festgestellt.
4. Die Kalkung führt zu einer leichten Zunahme an P in der  $NH_4Cl$ - und  $H_2SO_4$ -Fraktion, aber zu einer Senkung der  $NaOH$ -Fraktion.
5. In der Reihe ohne Kalk bestehen zwischen den Extraktionswerten zur Erfassung des pflanzenverfügbaren Phosphates nach verschiedenen Methoden prak-

tisch keine Unterschiede; in der aufgekalkten Reihe finden sich dagegen nach Hyperphos-Düngung wesentlich höhere DL- und AL-Werte und täuschen damit mehr pflanzenverfügbares Phosphat vor als die anderen Methoden (CAL,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) angeben.

Eine brauchbare Bodenuntersuchungsmethode muß eine enge Beziehung zwischen dem Extraktionswert und der Phosphataufnahme im Pflanzenversuch gewährleisten.

### Summary

AMBERGER, A., G. SOMMER und R. GUTSER: *Zur P-Dynamik weicherdiger Rohphosphate (Contribution to P-dynamics of soft-rock-phosphate, Hyperphos)*.  
Landwirtsch. Forsch 24, 1971

In a long-term phosphate-liming-trial on pseudoglei-like brown earth response of apatitic phosphate (Hyperphos) and basic slag was tested in fields experiments and compared with results of phosphate-fractionations according CHANG and JACKSON as well as extractions of available phosphate by different methods (DL, AL, CAL,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ).

1. After annual P-fertilization differences in total yields and P-uptake between apatitic phosphate and basic slag were very small at low pH and 44 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, but remarkable at high pH and 88 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha in favour of basic slag.
2. These differences were caused by different crops: equal response of winter and sommer wheat, oats, rapes and partly field beans to both P-forms. But the small amount of apatitic phosphate is not enough for optimal nutrition of barley, beets, silage-maize on this very poor soil.
3. Phosphate-fractionation after CHANG and JACKSON showed in the unlimed and limed groups generally no differences between phosphate-fertilizers; at high quantity of apatitic phosphate a remarkable amount of not transformed fertilizer-P was found in the limed plots.
4. Liming increased phosphate in  $\text{NH}_4\text{Cl}$ - and  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -fraction, but decreased NaOH-fraction.
5. In the unlimed series the extraction values of available phosphates showed nearly no differences; in the limed plots higher DL- and AL-values resulted and simulate a higher amount of available phosphate than show other methods (CAL,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ).

A suitable soil testing method must correlate very much with phosphorus-uptake by plants.

### Résumé

AMBERGER, A., G. SOMMER und R. GUTSER: *Zur P-Dynamik weicherdiger Rohphosphate (P-dynamique des phosphates naturels moulus)*.

Landwirtsch. Forsch 24, 1971

Dans un essay multiannuel sur plantes avec P-formes et chaulage sur sol brun pseudo-gleyic l'effect d'Hyperphos a été comparé avec Thomasphosphat. Le resultat de cet essay a été mis en relation avec les fractions phosphatiques déterminées dans le sol d'après CHANG et JACKSON respectivement avec les valeurs des phosphates disponible aux plantes trouvées par des méthodes divers d'extraction.

1. Lors de l'apport annuelle du phosphate les différences concernant les rendements totaux et l'enlèvement de phosphates entre Thomasphosphat et Hyperphos sont très petites dans le cas de bas pH et de P-apport bas; dans le cas de haut pH et de double P-apport les différences sont nettement en faveur du Thomasphosphat.
2. Les différences sont premièrement causées par le genre des plantes cultures: effect totalement égal sur blé d'hiver, blé de printemps, avoine et colza et partiellement sur féverole. Par contre l'apport bas en P (ca. 44 kgs P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) sous forme d'Hyperphos appliqué direct à l'ensemencement n'est pas suffisant pour une alimentation optimale d'orge de printemps, de betraves et de maïs vert pendant toute la période de végétation sur ce sol très pauvre en P.
3. Le P-fractionnement d'après CHANG et JACKSON ne donnait généralement pas des différences dans la série chaulée et non chaulée entre les P-fractions en fonction de la P-forme appliquée. Lors de double P-apport dans la série chaulée est trouvée dans le sol une quantité remarquable de phosphate d'apatite non transformé.
4. Le chaulage conduit à une légère augmentation en P dans la NH<sub>4</sub>Cl- et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-fraction, mais à une diminution de la NaOH-fraction.
5. Dans la série sans chaux il n'y a pas de différence entre les valeurs d'extraction d'après diverses méthodes pour la détermination du phosphate disponible aux plantes; par contre dans la série chaulée se trouvent d'après apport d'Hyperphos des DL- et AL-valeurs beaucoup plus hautes et imitent plus de phosphate disponible aux plantes que d'autres méthodes (CAL, NaHCO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>F, H<sub>2</sub>O) montrent.

Par conséquence une méthode utile d'analyse de sol doit assurer une relation étroite entre les valeurs d'extraction et l'enlèvement de phosphate par les plantes.

#### *Schriftum*

1. HOFMANN, E. u. A. AMBERGER: Über einen 5jährigen Gefäßversuch mit weicherdigen Rohphosphaten auf Mineralboden zu Gras. Z. Pflanzenernähr., Bodenkde. **62**, 210, 1953; Über die Wirkung weicherdiger Rohphosphate in Freilandversuchen. Ebenda **63**, 38, 1953; Zur Phosphorsäurewirkung von Rohphosphaten in Feldversuchen. Ebenda **76**, 102, 1957; AMBERGER, A.: Erfahrungen mit weicherdigen Phosphaten auf Ackerland. Mitt. Dt. Landwirtsch.-Ges. **72**, 79, 1957; HOFMANN, E., A. AMBERGER u. D. MAGER: Löslichkeit und Wirkung der Phosphorsäure verschiedener Phosphate. Landwirtsch. Forsch. **12**, 270, 1959
2. Kongreßband III der Internat. Ges. f. Phosphatfragen. Justus-v.-Liebig-Verlag, Darmstadt 1960
3. CHANG, S. C. a. M. D. JACKSON: Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. **84**, 133, 1957
4. SOMMER, G.: Untersuchungen zur Fraktionierung des anorganischen Phosphats im Boden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde. **113**, 215—225, 1966; AMBERGER, A., G. SOMMER u. A. SÜSS: Umsetzungen von wasserlöslichem Düngerphosphat in verschiedenen Böden. Landwirtsch. Forsch. XXII, H. 1, 1969
5. EGNÉR, H. u. H. RIEHM: Die Doppellactatmethode. Zit. im Methodenbuch I von R. THUN, R. HERMANN u. E. KNICKMANN; Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 1955
6. EGNÉR, H., H. RIEHM u. W. R. DOMINGO: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Landbrukshögsk. Ann. **26**, 199—215, 1960

7. SCHÜLLER, H.: Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats in Böden. Z. Pflanzenernähr., Bodenkde. 123, 48—63, 1969
8. OLSEN, S. R., C. V. COLE a. F. S. WATANABE: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Government Printing Office, Washington, Circular No. 939, 1954
9. BRAY, R. H. a. L. T. KURTZ: Determination of total organic and available forms of phosphate in soils. Soil Sci. 59, 39—45, 1945; ref. by BRAY in Diagnostic Techniques for Soils and Crops, 1948
10. SCHACHTSCHABEL, P.: Interner Verbandsvorschlag, nicht publ., 1966
11. REICHARD, TH.: Ein langjähriger Phosphatformenversuch. Z. Pflanzenernähr., Bodenkde. 123, 22—32, 1969
12. LIBISELLER, R.: Boden-pH, Düngerphosphate und Bodenuntersuchung. Z. Pflanzenernähr., Bodenkde. 123, 33—47, 1969
13. BEHRENS, W. U.: Die Anreicherung des Bodens durch Phosphatdüngung und ihr Nachweis mit verschiedenen Bodenuntersuchungsmethoden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde. 96, 35—45, 1962
14. TEICHER, K.: Über die Bestimmung der pflanzenverfügbaren Phosphorsäure mit verschiedenen Extraktionsmethoden in Böden von Dauerdüngungsversuchen. Landwirtsch. Forsch. 20, 241—250, 1967

## Richtlinien

### für Veröffentlichungen in der Zeitschrift **LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG**

Die Schriftleitung bittet, bei der Einreichung von Manuskripten zur Veröffentlichung folgende Hinweise zu beachten: Die *Beiträge* und zu *besprechende Bücher* sind zu senden an die Schriftleitung, Darmstadt, Bismarckstraße 41 A. Die *Rechtschreibung* und *Schreibweise von Nomenklaturen und Fachausdrücken* sollen nach den Angaben in „Einheitliche Schreibweise in naturwissenschaftlichen Werken“ von *Herrmann* erfolgen. Dasselbe gilt für *Abkürzungen von Zeitschriftentiteln*. Soweit die Manuskripte dem nicht Rechnung tragen, werden sie von der Schriftleitung entsprechend bearbeitet. Im übrigen wird bei Einsendung von *Manuskripten* zugleich die schriftliche Bestätigung erbeten, daß es sich um eine Originalarbeit handelt, die bisher auch auszugswise nicht an anderer Stelle veröffentlicht worden ist.

*Eingesandte Manuskripte* sollen mit der Schreibmaschine 1 $\frac{1}{2}$ zeilig mit etwa 4 cm breitem Rand und einseitig beschrieben sein.

Der *Titel der Arbeit* soll möglichst prägnant formuliert sein.

Es wird gebeten, nach Möglichkeit die *englische und französische Übersetzung* des Titels der Arbeit sowie eine kurze Zusammenfassung (Inhaltsangabe) in englischer und französischer Sprache mitzuliefern, andernfalls einen kurzen Text, der zur Übersetzung geeignet ist.

Die Anzahl der *Tabellen und Abbildungen* ist auf das sachlich unbedingt notwendige Maß zu beschränken. Bilder sollen nicht in den Text eingeklebt sein, sondern für sich oder auf eigenen Blättern am Schluß der Arbeit eingereicht werden. Fotografische Vorlagen (Hochglanzfotos) sollen kontrastreich sein. Bei Zeichenvorlagen ist auf klischerfähige Ausführung zu achten. Zu den Abbildungen werden knappe, klare Unterschriften erbeten, die auf einem besonderen Blatt dem Manuskript beizufügen sind.

#### *Hinweise für die Abfassung des Abschnittes „Schrifttum“*

Im Interesse einer dringend notwendigen Einheitlichkeit soll der Abschnitt „Schrifttum“ unter genauer Beachtung der nachfolgenden Hinweise abgefaßt werden:

1. Die Überschrift lautet „Schrifttum“.
2. Bei jeder Schrifttumsangabe werden die Zeilen voll ausgeschrieben; vorausgestellt wird (wie hier) nur die laufende Nummer.
3. Im Text werden die Zitatstellen in der Reihenfolge des Auftretens laufend nummeriert, bei wiederholtem Auftreten des gleichen Zitats mit der gleichen Nummer.
4. Im Verzeichnis „Schrifttum“ entspricht die Reihenfolge der Zitate und damit die laufende Numerierung derjenigen im Text. Muß der Abschnitt „Schrifttum“ neu abgefaßt werden, weil er den vorstehenden Hinweisen nicht entspricht, wird gebeten, vor die nunmehr geltende die frühere Numerierung zu schreiben (bitte mit Bleistift), damit die Nummern im Text durch die Schriftleitung korrigiert werden können.
5. Die Literaturzitate enthalten zunächst Familiennamen und Anfangsbuchstaben der Vornamen des Autors bzw. Herausgebers (in Großbuchstaben). Die Anfangsbuchstaben werden nachgestellt; bei mehreren Autoren werden nur die Anfangsbuchstaben der Vornamen des erstgenannten Verfassers nachgestellt, die der folgenden stehen vor dem Familiennamen. Es folgen bei Büchern der Titel, die Auflagenbezeichnung, evtl. die Bandnummer, der Verlag und das Erscheinungsjahr. Bei Zeitschriftenaufsätzen werden der nach „Herrmann, Einheitliche Schreibweise in naturwissenschaftlichen Werken. 2. Auflage, Neumann Verlag 1965“ abgekürzte Zeitschriftentitel, die unterstrichene Bandzahl, Anfangsseitenzahl und schließlich Jahreszahl, jeweils durch Komma getrennt (keine Klammern), angegeben.

Die Zeitschrift „Landwirtschaftliche Forschung“ veröffentlicht Originalarbeiten aus dem Gebiet der landwirtschaftlichen Forschung, insbesondere aus den Arbeitsgebieten der einzelnen Fachgruppen des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.

*Hauptschriftleiter:* Professor Dr. L. Schmitt; redaktionelle Mitarbeit Hauptgeschäftsführer Dipl. agr. H. Zarges, beide in Darmstadt, Bismarckstraße 41 A.

*Sonderdrucke:* Die Verfasser erhalten auf Wunsch zum Selbstkostenpreis 30 Sonderdrucke. Bei größerem Bedarf sind besondere Vereinbarungen mit dem Verlag zu treffen.

*Erscheinungsweise:* Die Zeitschrift „Landwirtschaftliche Forschung“ erscheint jeweils in einem Band mit vier Heften, die in vierteljährlichen Abständen herausgegeben werden. Außerdem erscheinen nach Bedarf Sonderhefte, die besonders in Rechnung gestellt werden.

*Bezugsmöglichkeiten:* Die Zeitschrift „Landwirtschaftliche Forschung“ kann durch den in- und ausländischen Buchhandel oder direkt vom Verlag bezogen werden. Das Abonnement gilt bei Aufgabe der Bestellung für einen Band; es läuft weiter, wenn nicht unmittelbar nach Lieferung des Schlußheftes eines Bandes eine Abbestellung erfolgt.

*Bezugspreis:* Preis eines Bandes (vier Hefte) DM 72,— (empf. Richtpreis) zuzüglich Versandkosten, Preis eines Sonderheftes je nach Umfang verschieden.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. Bankkonten: Commerzbank A. G., Frankfurt a. M. (Konto-Nr. 5408075); Stadtparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96958). Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 896.

---

Aus redaktionellen Gründen wurde der Umfang sowohl der beiden vorausgegangenen Hefte des Bandes 24 als auch der dieses Heftes stark erweitert. Da als Folge hiervon der mit 320 Seiten konzipierte Umfang eines Bandes mit dem vorliegenden Heft überschritten ist, wird Band 24 mit Heft 3-4 abgeschlossen.

Der Bezugspreis für Band 25, 1972, bleibt unverändert.

*Schriftleitung und Verlag*

---

© J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 1971  
Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks,  
der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung vorbehalten.

Satz und Druck: H. G. Gachet & Co., Langen

Printed in Germany