

Aus dem Institut für Acker- und Pflanzenbau der Universität Hohenheim

**Wirkungen meliorativer Gaben von Gesteinsmehlen
und Gesteinssanden auf das Wachstum
verschiedener landwirtschaftlicher Kulturpflanzen
sowie auf physikalische Kennwerte
eines Sandbodens und eines Tonbodens**

G. KAHNT, H. PFLEIDERER und L. A. HIJAZI

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. G. KAHNT, Dipl. Ing. agr. H. PFLEIDERER und Dr. L. A. HIJAZI, Institut für Acker- und Pflanzenbau der Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, D-7000 Stuttgart 70, F.R.G.

Mit 8 Abbildungen und 7 Tabellen

Eingegangen am 30. Dezember 1985; angenommen am 24. Februar 1986

Abstract

**Effect of amelioration doses of rock powder
and rock sand on growth of agricultural plants
and on physical characteristics of sandy and clay soil**

The effect of rock powder to increase the water holding capacity and adsorption degree of sandy soil and the influence of rock sand to augment the aeration and improve the workability of clay soil were tested in pot experiments.

Additions of different rock powders (Basalt, Grauwacke, Kuselit, Muschelkalk and Porphy) from 5 to 20 weight percent to sandy soil increased the field capacity; the increase in values ranged from 12 to 23 % as compared to control. An 11 % increase in coarse pore volume ($> pF 1.8$) of clay soil was noticed when 10 weight percent rock sand was mixed in it. The shear strength of clay soil was hardly decreased. In short time tests five different plants reacted mostly positive to rock powders in sandy soil, the degree of reaction being different depending on rock type and amount used whereas in clay soil the reaction was slightly negative. Ten percent weight additions were better than 20 percent.

Up to 67% increase in spring barley grain yield was registered in sandy soil with addition of 10 weight percent of different rock powders both at about 40 and 80% field capacity water levels. High N-application i.e., 1600 mg N/7 kg soil caused a depression in yield at control whereas it increased the dry matter yield in treated pots. In clay soil at 80% field capacity an increase in grain yield was registered only in Grauwacke and Basalt treatments, which was offset at high N-level. Porphy and Kuselit treatments produced yield depressions.

Addition of 10 weight percent of rock powders in sandy soil in the first year of experiment reduced the amount of leachate and nitrate leached between 8 to 29% in fallow treatments, but in planted treatments these were dependant on plant type and rock type even showing an increase in one case.

I. Einleitung

Eine Ursache für die vermehrte Grundwasserbelastung durch Nitrat in der BRD ist in der zunehmenden Intensivierung der Landnutzung und den dadurch veränderten Verhältnissen bei der Bodenbewirtschaftung zu sehen. Die Kompensation von für die Pflanzenproduktion ungünstigen Bodeneigenschaften wie z. B. bei Sandböden zu geringer Wasserhaltefähigkeit und mangelndem Sorptionsvermögen durch erhöhten Faktoreinsatz wie Beregnung und Düngung stößt immer mehr auf ökologische Grenzen (TIMMERMANN 1981).

Anstelle einer nur schwierig zu erreichenden Humusgehaltserhöhung (FRIEDECKY 1958) könnte durch die Anwendung von bei der gesteinsverarbeitenden Industrie in großen Mengen als Nebenprodukte anfallenden Gesteinsmehlen und Gesteinssanden, als inertes in seiner Wirkung über Jahrzehnte anhaltendes Gesteinsmaterial durch die physikalische Verbesserung der Bodenverhältnisse die Nährstoffauswaschung reduziert werden bei gleichzeitiger Verbesserung der Bedingungen für die Pflanzenproduktion.

Geeignete Gesteinsmehle sollten einerseits das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen von Sandböden erhöhen. Andererseits könnten Gesteinssande neben der Bearbeitbarkeit die Luftverhältnisse eines Tonbodens und damit das Wurzelwachstum und als dessen Folge die N-Aufnahme der Pflanze verbessern.

Über Erfolge der Bodenverbesserung mittels Tonsubstraten bzw. feinkörnigen Substraten berichten u. a. REUTER (1976), REUTER und DUTZ (1976), LHOSTZKY (1976), D'HOTMANDE VILLIERS (1961), ROSCHNIK et al. (1976), während in bezug auf die Melioration von Tonböden durch Übersandung bzw. Zufuhr von grobkörnigen Materialien unterschiedliche Erfahrungen vorliegen (HIDDING 1965, PAHLKE 1979). Nach GORA (1965) und SKIRDE (1976) ist die Eignung verschiedener Materialien nicht nur körnungs- sondern auch stark substratbedingt.

Im Hinblick auf die oben genannten Ziele sollte daher zunächst untersucht werden:

- welche Gesteinsmehl- bzw. -sandarten und -mengen zur physikalischen Verbesserung von Sand- bzw. Tonböden geeignet und erforderlich sind
- die Reaktion verschiedener Pflanzenarten auf unterschiedliche Gesteinsarten und -mengen
- die Beeinflussung der Wasser- und Stickstoffausnutzung durch Gesteinsmehlgaben zu Sandboden bzw. Gesteinssandgaben zu Tonboden
- die Beeinflussung der Versickerung und Nitratauswaschung eines Sandbodens durch verschiedene Gesteinsmehle

II. Material und Methoden

Die Korngrößenverteilungen der nach DIN-Norm < 0.09 mm anfallenden Gesteinsmehle (Entstaubungsfüller) und Gesteinssande < 2 mm (Brechsande) der verwendeten fünf Gesteinsarten und der Böden sind in Tab. 1 und ihre bodenchemischen Daten in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Porengrößenverteilung (pF 1.8, pF 2.5 und pF 4.2) wurde an Gesteinsmehl-Sandboden- bzw. Gesteinssand-Tonbodenmischungen mit Mengen von 5, 10 und 20 Gew.-% entsprechend 150, 300 und 600 t/ha untersucht.

In analog den N-Stufenversuchen (s. u.) durchgeführten Gefäßversuchen mit Sommergerste wurde nach der Ernte derselben der Abscherwiderstand mittels einer Taschenflügelsonde gemessen.

In Kurzzeitversuchen wurde bei 10 und 20 Gew.-% Zumischung, 600 g Sand- bzw. 500 g Tonboden/Gefäß und 70 % Feldkapazität die Reaktion der Pflanzenarten Gerste, Hafer, Zukkerrüben, Raps und Rotklee bei einer Wachstumsdauer zwischen 5 und 9 Wochen getestet.

In Wasserstufenversuchen mit 6 bzw. 5 kg Boden/Gefäß wurde von April bis August 1983 der Einfluß von 10 Gew.-% Gesteinsmehl- bzw. -sandzumischung auf das Wachstum von

*Tabelle 1 Korngrößenverteilung in % der verwendeten Böden, Gesteinsmehle und -sande
% particle size distribution of used soils, rock powders and -sands*

Boden/Gestein	Kurzbezeichnung	Ton	Schluff	Sand
Sandboden/Forchheim	SFH	11.0	24.5	64.5
Tonboden/Ihinger Hof	TIH	38.8	54.0	7.2
Sandboden/Auswaschungsversuch	SAV	8.2	23.7	68.1
Basaltmehl	BM	7.8	83.6	8.6
Grauwackemehl	GM	10.5	81.0	8.5
Kuselitmehl	KM	6.5	55.8	37.7
Muschelkalkmehl	MM	9.8	44.9	45.3
Porphyrmehl	PM	21.3	59.2	19.5
Basaltsand	BS	1.9	14.2	83.9
Grauwackesand	GS	4.6	16.8	78.6
Kuselitsand	KS	3.8	10.8	85.4
Muschelkalksand	MS	5.6	23.1	71.3
Porphyrsand	PS	9.1	11.9	79.0

Sommergerste bei absolut gleich hohen Wassergaben einer Wasserstufe ausgehend von 40 (W1) und 80 % (W2) der Feldkapazität der Kontrolle des Sandbodens bzw. 50 (W1) und 80 % (W2) der Feldkapazität der Kontrolle des Tonbodens und einer Düngung von 1 g N/Gefäß als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ untersucht.

In N-Stufenversuchen mit 7 bzw. 6 kg Boden/Mitscherlichgefäß wurde von April bis August 1984 der Einfluß von 10 Gew.-% Gesteinsmehl- bzw. -sandzumischung auf das Wachstum von Sommergerste bei N1 mit 0.8 g N und N2 mit 1.6 g N/Gefäß als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ und 70 % der Feldkapazität untersucht.

*Tabelle 2 Bodenchemische Daten der verwendeten Böden, Gesteinsmehle und -sande
Chemical characteristics of used soils, rockpowders and -sands*

Boden/ Gestein	pH-Wert (CaCl_2)	P_2O_5^* (CAL)	K_2O^* (CAL)	Mg^* (CaCl_2)	KAK**	Cges %	Nges %
SFH	5.3	20.4	23.4	2.5	8.1	1.05	0.076
TIH	7.6	37.2	35.2	10.8	25.2	1.36	0.154
SAV	7.0	17.1	16.0	1.5	6.3	0.70	0.053
BM	8.0	7.1	56.0	27.2	11.7		
GM	8.1	2.5	44.0	10.2	6.0		
KM	8.1	1.7	25.0	14.0	11.5		
MM	8.0	1.8	17.0	13.2	12.5		
PM	7.1	3.0	80.0	5.0	10.2		
BS	7.9	4.4	25.0	16.6	5.3		
GS	8.2	3.0	24.0	4.4	2.8		
KS	8.2	2.4	15.0	12.4	5.8		
MS	8.2	1.7	17.0	10.2	5.8		
PS	6.8	3.0	25.0	3.4	4.3		

* = mg/100 g Boden bzw. Gesteinsfraktion

** = mval/100 g Boden bzw. Gesteinsfraktion

Tabelle 3 Anbaufolgen und Düngung (kg/ha) im Auswaschungsversuch
Crop rotation and fertilization (kg/ha) used in leaching experiment

Fruchtart	Anbauzeitraum	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Fruchtfolge I:					
Mais	Mai — Sep. 83	200	200	200	66
Sommergerste	Apr. — Aug. 84	120	100	200	66
Senf	Sep. — Nov. 84	110	60	80	30
Fruchtfolge II:					
Buschbohnen	Jun. — Sep. 83	0	100	100	33
Spinat	Apr. — Jun. 84	100	100	150	50
Möhren	Jul. — Sep. 84	80	100	250	33

Die Versickerung und der Nitrataustrag (Nitratbestimmung mittels Na-Salicylat) wurde in einem Auswaschungsversuch bei Brache, einer Getreide- und einer Gemüsefruchtfolge unter Freilandbedingungen untersucht. Der Sandboden wurde von 60 bis 25 cm Tiefe mit einer Dichte von 1.67 g/cm³ und von 25 bis 0 cm mit 1.6 g/cm³ in die Versuchsgefäße von 700 cm² Querschnittsfläche eingefüllt. Die Gesteinsmehle wurden von 0 bis 20 cm Tiefe zu 10 Gew.-% der „Sand-Ackerkrume“ beigemischt. Die zeitliche Anbaufolge und Düngung ist aus Tab. 3 ersichtlich.

Der Auswaschungsversuch wurde mit zwei, alle anderen Versuche mit vier Wiederholungen durchgeführt.

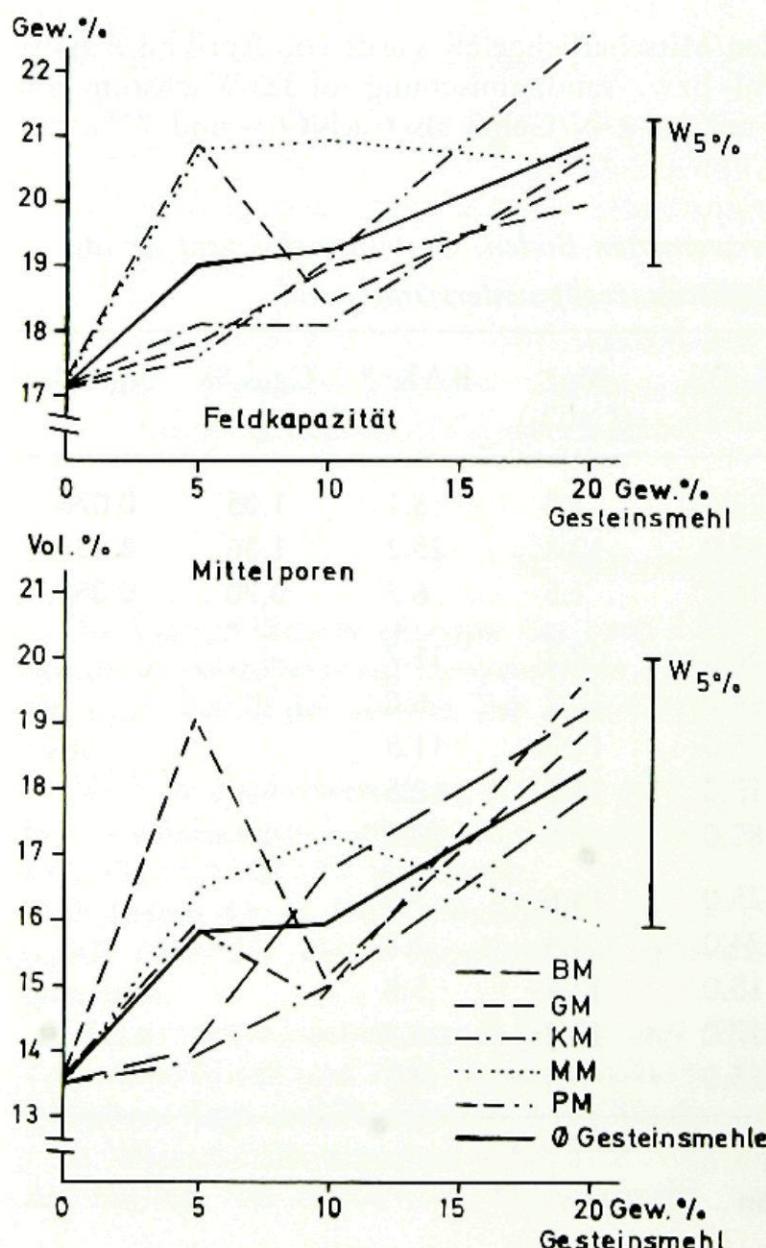
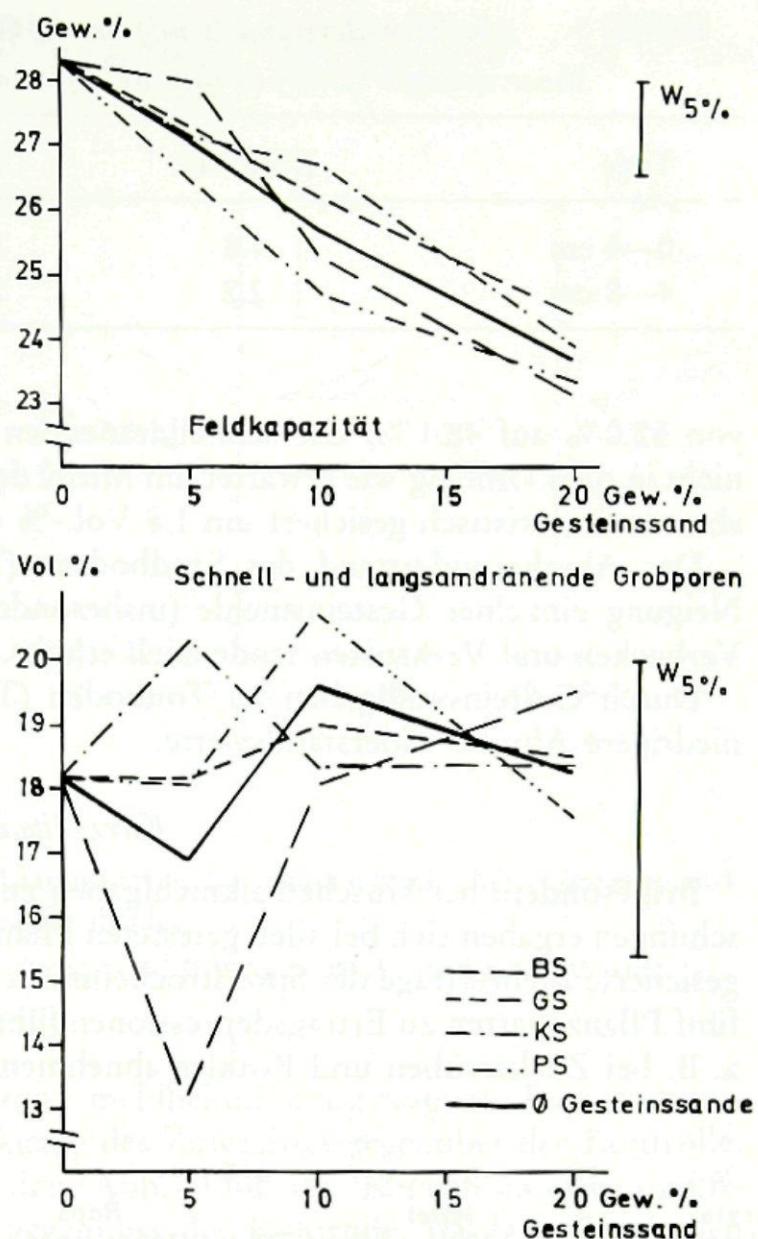


Abb. 1. Einfluß steigender Gesteinsmehlgaben zu Sandboden auf die Feldkapazität (Gew.-% bei pF 1.8) und die Mittelporen (Vol.-%)

Effect of increasing amounts of rock powders on field capacity (wt.-% at pF 1.8) and middle pores (vol.-%) of sandy soil

Abb. 2. Einfluß steigender Gesteinssandgaben zu Tonboden auf die Feldkapazität (Gew.-% bei pF 1.8) und die Grobporen (Vol.-%)

Effect of increasing amounts of rock powders on field capacity (wt.-% at pF 1.8) and coarse pores (vol.-%) of clay soil



III. Ergebnisse

Bodenphysikalische Veränderungen

Die Mischung von Sandboden mit verschiedenen Gesteinsmehlen (Abb. 1) erniedrigte je nach Gesteinsart und -mehlmenge die schnell- und langsamdränenden Grobporen und erhöhte den Mittelporenanteil am Gesamtporenvolumen, das sich selbst nur geringfügig statistisch nicht gesichert um ca. 2 Vol.-% änderte. Der Feinporenanteil blieb ebenfalls weitgehend unverändert. Die Feldkapazität in Gewichtsprozent Wasser erhöhte sich bei allen Mehlzugaben mehr oder weniger stark z. T. gesichert von 17.1 % der Kontrolle bis auf maximal 22.6 % bei 20 Gew.-% Porphyrmehlzugabe. Im Mittel der Gesteinsmehle schnitten 20 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe gesichert besser ab als 5 und 10 Gew.-% Zugabe.

Die Gesteinssandzugabe (Abb. 2) erhöhte das im Tonboden im Vergleich zum Sandboden allgemein höhere Gesamtporenvolumen nicht, sondern reduzierte es um bis zu 3.9 %

Tabelle 4 Abscherwiderstand (t/m^2) bei 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe auf Sandboden
Shear strength (t/m^2) of sandy soil after mixing with 10 wt.-% of rock powder

Tiefe	Kontrolle	BM	GM	KM	MM
0—4 cm	4.6	5.2	5.2	5.0	5.4
4—8 cm	3.0	3.0	3.0	3.3	2.9

Tabelle 5 Abscherwiderstand (t/m^2) bei 10 Gew.-% Gesteinssandzugabe auf Tonboden
Shear strength (t/m^2) of clay soil after mixing with 10 wt.-% of rock sand

Tiefe	Kontrolle	BS	GS	KS
0—4 cm	4.8	4.3	4.7	4.3
4—8 cm	2.2	2.0	2.0	1.9

von 52.0 % auf 48.1 %. Die schnelldränenden (luftführenden) Grobporen wurden zwar nicht in dem Umfang wie erwartet, im Mittel der 10 Gew.-% Gesteinssandbeimischungen, aber doch statistisch gesichert um 1.8 Vol.-% erhöht.

Der Abscherwiderstand des Sandbodens (Tab. 4) wurde nur bis 4 cm Tiefe durch Neigung einzelner Gesteinsmehle (insbesondere Muschelkalk- und Porphyrmehl) zum Verbacken und Verkrusten tendenziell erhöht.

Durch Gesteinssandgaben zu Tonboden (Tab. 5) ergaben sich dagegen überwiegend niedrigere Abscherwiderstandswerte.

Kurzzeitversuche

Insbesondere bei Muschelkalkmehlgaben zum Sandboden, aber auch bei Kuselitbeimischungen ergaben sich bei allen getesteten Pflanzenarten außer Rotklee z. T. statistisch gut gesicherte Mehrerträge der Sproßtrockenmasse (Abb. 3), während Basaltmehl bei drei von fünf Pflanzenarten zu Ertragsdepressionen führte. Steigende Basaltmehlmengen bewirkten z. B. bei Zuckerrüben und Rotklee abnehmende Sproßtrockenmassen, bei Raps dagegen

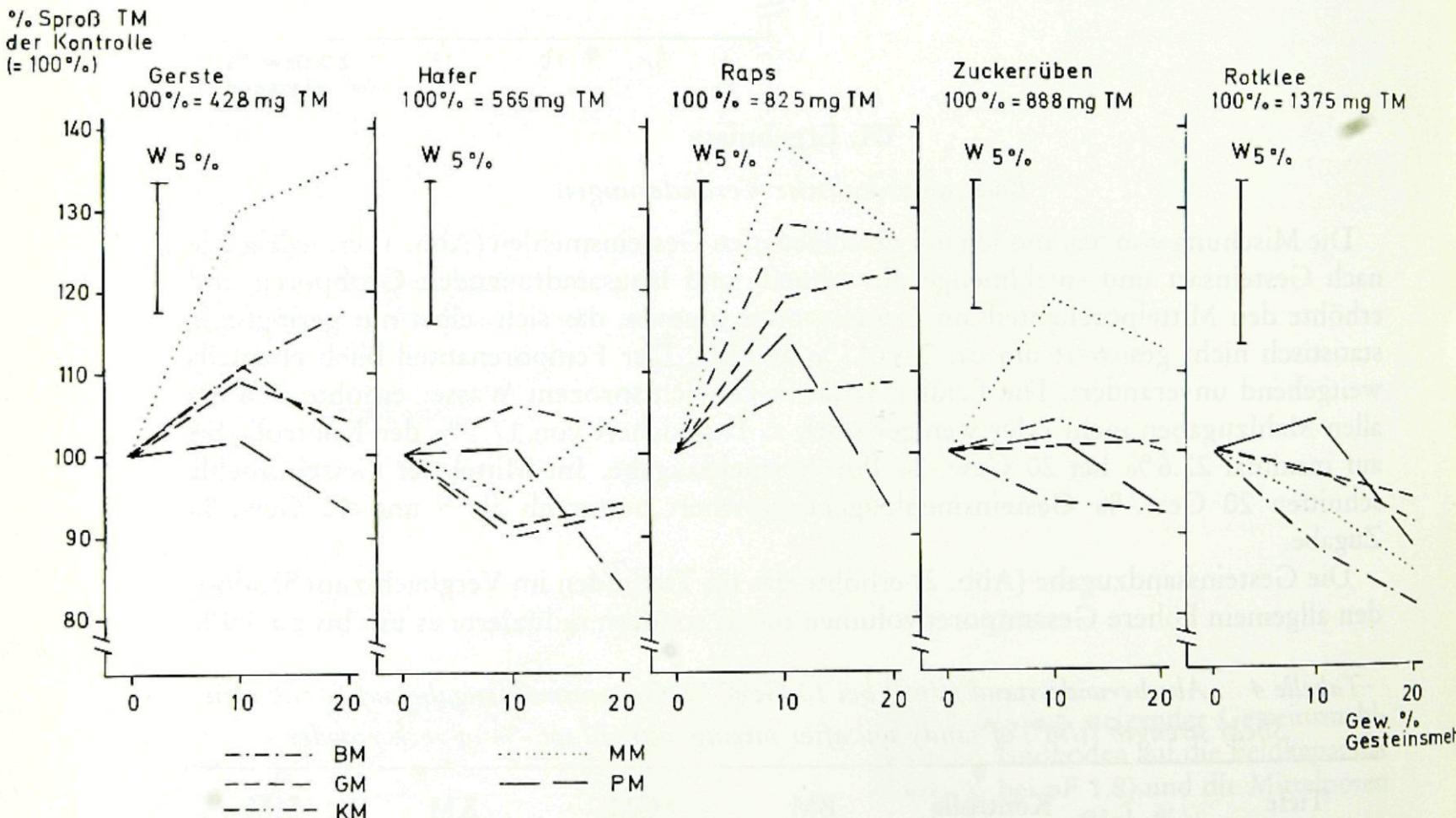


Abb. 3. Sproßtrockenmasse verschiedener Pflanzenarten bei unterschiedlichen Gesteinsmehlgaben zu Sandboden

Shoot dry matter of different plants at various additions of rock powder to sandy soil

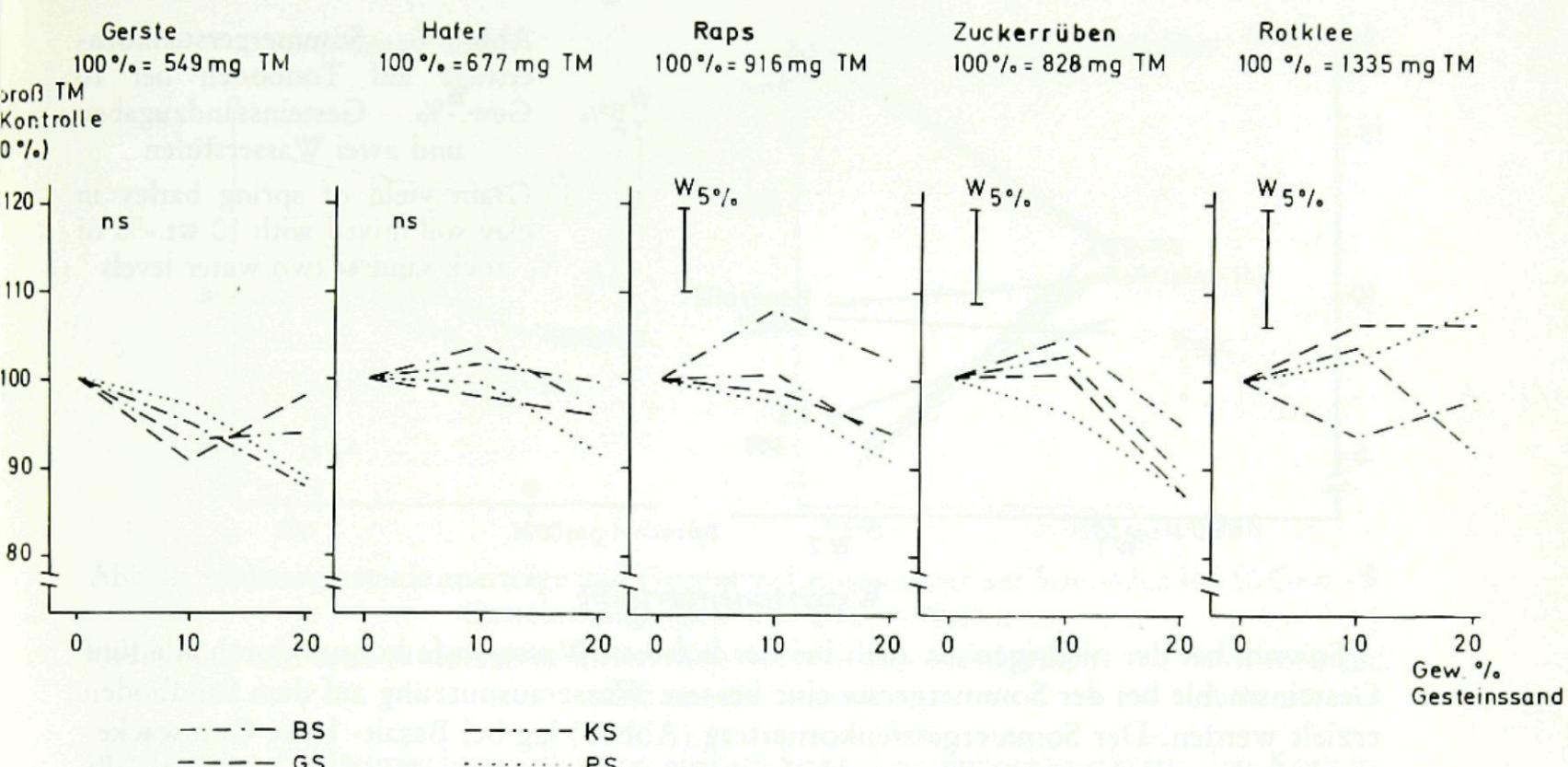


Abb. 4. Sproßtrockenmasse verschiedener Pflanzenarten bei unterschiedlichen Gesteinssandgaben zu Tonboden

Shoot dry matter of different plants at various additions of rock sand to clay soil

vermehrten Zuwachs. Auf 20 Gew.-% Porphyrmehlbeimischung reagierte Raps andererseits jedoch mit einem empfindlichen Rückgang des Zuwachses gegenüber der Kontrolle.

Gesteinssandbeimischungen zum Tonboden (Abb. 4) führten lediglich zu nicht signifikanten Sproßtrockenmasseveränderungen gegenüber der Kontrolle. Bei fast allen hohen (20 Gew.-%) Gesteinssandzugaben deuten sich in der Regel Ertragsdepressionen an, mit Ausnahme bei Rotklee. Außer bei Gerste führte die 10 Gew.-% Zugabe in den meisten Fällen zu geringen Ertragsanstiegen.

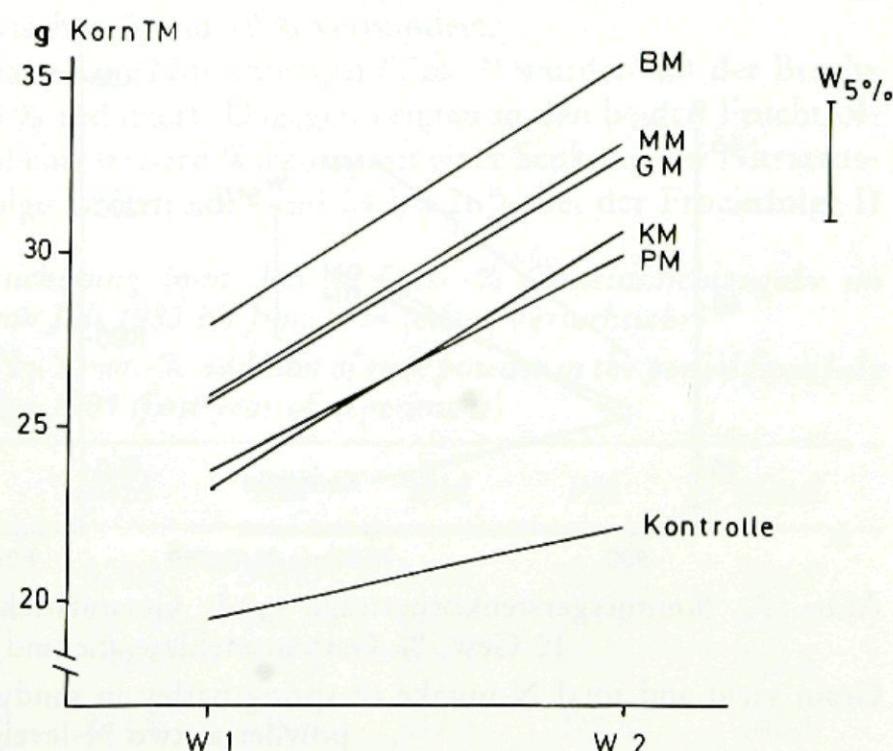


Abb. 5. Sommergerstenkronnerträge auf Sandboden bei 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe und zwei Wasserstufen

Grain yield of spring barley in sandy soil mixed with 10 wt.-% of rock powder at two water levels

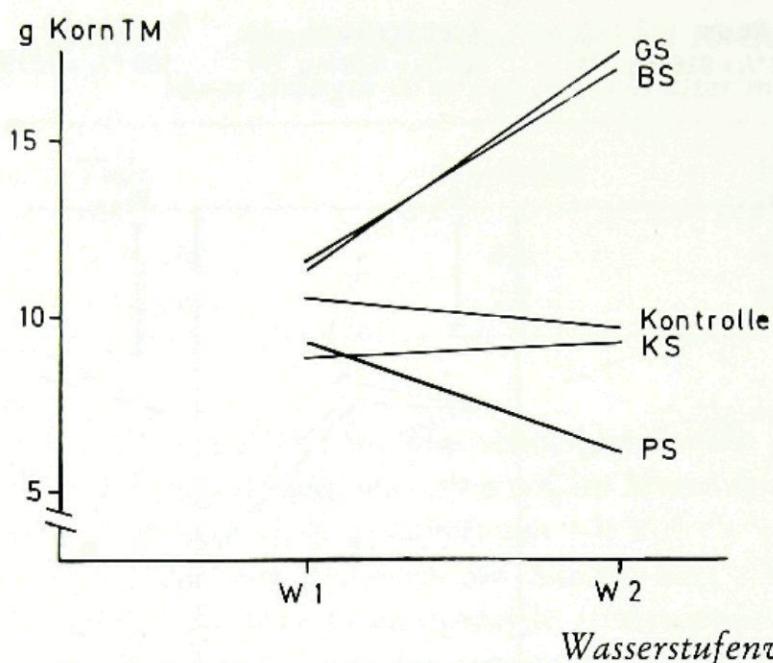


Abb. 6. Sommergerstenkorn-erträge auf Tonboden bei 10 Gew.-% Gesteinssandzugaben und zwei Wasserstufen

Grain yield of spring barley in clay soil mixed with 10 wt.-% of rock sand at two water levels

Sowohl bei der niedrigen als auch bei der höheren Wasserstufe konnte durch alle fünf Gesteinsmehle bei der Sommergerste eine bessere Wasserausnutzung auf dem Sandboden erzielt werden. Der Sommergerstenkornertrag (Abb. 5) lag bei Basalt- bzw. Grauwackemehlzugabe und der hohen Wasserstufe bei 167% bzw. 150% im Vergleich zur Kontrolle ohne Mehlgabe, bei Porphyrmehlzugabe noch bei ca. 135%.

Die Mischungen des Tonbodens mit Basalt- oder Grauwackesand führten bei der höheren Wasserstufe zu ähnlichen Ertragsanstiegen wie beim Sandboden, die Zugaben von Kuselit- oder Porphyrsand dagegen zu Ertragsdepressionen beim Korn- (Abb. 6), nicht aber beim Strohertrag der Gerste. Der rückläufige Ertrag wurde durch eine Reduktion aller drei Ertragskomponenten verursacht. Im Vergleich zum Sandboden lag der Kornertrag hier auf einem sehr niedrigen Niveau. Vermutlich waren beim für diesen Versuch verwendeten Tonboden unbekannte Stör- oder Minimumfaktoren vorhanden, die durch einzelne Gesteinssande z. T. beseitigt wurden.

N-Stufenversuche

Auf Sandboden (Abb. 7) ohne Gesteinsmehlzugabe wurde durch die höhere N-Gabe der Gerstenkornertrag tendenziell verminder und der Strohertrag nahm tendenziell zu.

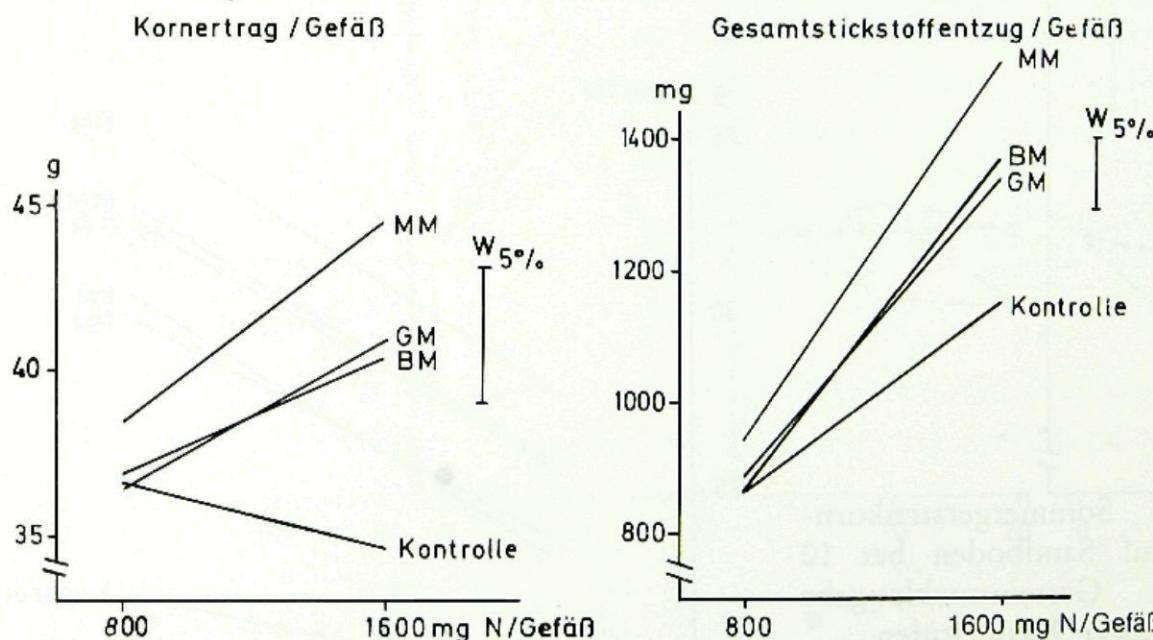


Abb. 7. Sommergerstenkorn-erträge und Gesamtstickstoffentzüge auf Sandboden bei 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe und zwei N-Stufen

Grain yield and total N-uptake of spring barley in sandy soil mixed with 10 wt.-% of rock powder at two N-levels

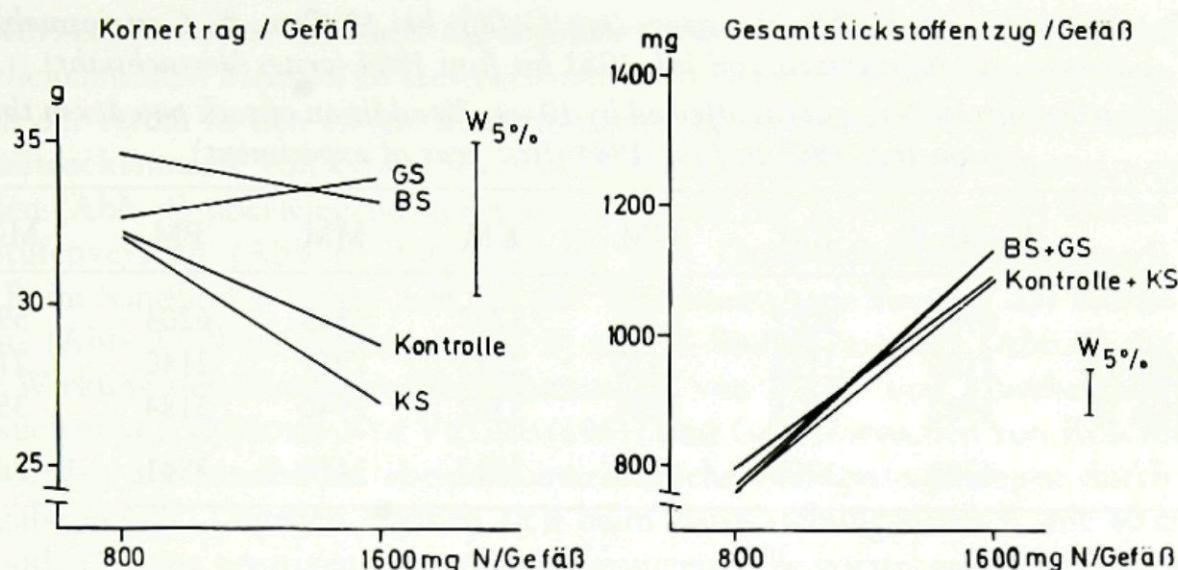


Abb. 8. Sommergerstenkörnerträge und Gesamtstickstoffentzüge auf Tonboden bei 10 Gew.-% Gesteinssandzugabe und zwei N-Stufen

Grain yield and total N-uptake of spring barley in clay soil mixed with 10 wt.-% of rock and sand at two N-levels

Die 10 Gew.-% Beimischung aller drei verwendeten Gesteinsmehle erhöhte den Körnertrag gesichert um ca. 10 bis 15 %. Mit 34.7 g Korn/Gefäß bei der Kontrolle der höheren N-Stufe und 40.4 g bis 44.5 g bei den Gesteinsmehlvarianten lag der Mehrertrag zwischen 17 und 28 %. Eine günstigere N-Transformation in Trockenmasse- und N-Ertrag fand unter den gegebenen Versuchsbedingungen bei der niedrigen N-Stufe nur durch Muschelkalkmehl, bei der höheren N-Stufe durch alle drei getesteten Gesteinsmehle statt.

Auf dem Tonboden (Abb. 8) zeichnete sich ein Ertragsanstieg durch die höhere N-Gabe nur tendenziell nach Grauwackesandzugabe ab. Gesicherte Mindererträge wurden dagegen bei der Kontrolle und bei Kuselitsandzugabe gemessen. Im Vergleich zur Kontrolle der höheren N-Stufe wurde durch Basalt- und Grauwackesandbeimischung eine bessere N-Transformation in Trockenmasseertrag erreicht, nicht jedoch gegenüber der Kontrollvariante der niedrigen N-Stufe.

Auswaschungsversuch

Die Sickerwassermengen des Sandbodens (Tab. 6) wurden im ersten Versuchsjahr durch die Gesteinsmehlbeimischungen auf der Brache zwischen 8 und 13 % und beim Anbau der Pflanzen in beiden Rotationen zwischen 3 und 19 % vermindert.

Die in 60 cm Bodentiefe aufgefangenen Nitratmengen (Tab. 7) wurden auf der Brache durch Basaltmehlzugabe bis zu 26 % reduziert. Dagegen zeigten in den beiden Fruchfolgen Kuselit- und Muschelkalkmehl eine bessere Wirkung mit einer Senkung der Nitratausträge von 8 bis 12 % bei Fruchfolge I (Getreide) und 24 bis 26 % bei der Fruchfolge II

Tabelle 6 Veränderung der Versickerung (mm) bei 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe im Auswaschungsversuch von Juli 1983 bis Juni 1984 (erstes Versuchsjahr)

Change in leachate (mm) as affected by 10 wt.-% addition of rock powder in the period from July 1983 to June 1984 (first year of experiment)

	Kontrolle	BM	GM	KM	MM	PM	Mittel
Brache	374.8	326.9	328.5	345.0	330.4	326.8	338.7
Fruchfolge I	193.2	166.0	187.3	168.9	180.0	165.8	176.9
Fruchfolge II	238.6	202.3	197.3	203.0	202.1	193.2	206.5
Mittel	268.9	231.7	237.9	238.9	237.5	228.6	240.6

Tabelle 7 Veränderung des Nitrataustrags (mg/Gefäß) bei 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe im Auswaschungsversuch von Juli 1983 bis Juni 1984 (erstes Versuchsjahr)

Change in leached nitrate (mg/pot) as affected by 10 wt.-% addition of rock powder in the period from July 1983 to June 1984 (first year of experiment)

	Kontrolle	BM	GM	KM	MM	PM	Mittel
Brache	6982	5002	6258	5777	5565	6204	5965
Fruchtfolge I	2186	2124	2320	2013	1917	2140	2117
Fruchtfolge II	3982	3975	3884	3362	2940	3184	3559
Mittel	4383	3700	4153	3717	3474	3841	3879

(Gemüse). Durch den Pflanzenbewuchs in den beiden Fruchtfolgen wurde der Nitrataustrag von durchschnittlich 5965 mg/Gefäß (192.5 kg N/ha) auf Brache auf 2117 mg in Fruchtfolge I und 3559 mg in Fruchtfolge II reduziert.

Die Erträge von vier der sechs angebauten Pflanzenarten (s. Tab. 3) sind durch Gesteinsmehlzugabe nur statistisch nicht gesichert verändert worden. Bei Mais, aber auch bei Möhren wurde insbesondere durch Grauwacke- und Porphyrmehl der Ertrag bis fast 30 bzw. 20 % gesichert vermindert.

IV. Diskussion

Die fünf in die Untersuchungen einbezogenen Gesteinsmehle haben bei einer Zumschung von 5 bis 20 Gew.-% zu dem verwendeten Sandboden das Wasserhaltevermögen und die nutzbare Wasserkapazität (Abb. 1) deutlich erhöht, was sich auch in der verminderten Versickerung im Auswaschungsversuch zeigte (Tab. 6). SCHAHABI und SCHWERTMANN (1968) erreichten mit Zusatz von Kaolin, dessen Körnung wie diejenige der Gesteinsmehle hauptsächlich im Schluffbereich liegt, zu sandigem Lehm- und Sandboden ähnliche Veränderungen der Porengrößenverteilung, während Bentonitzusatz eine starke Zunahme der Feinporen und dadurch keine Erhöhung der nutzbaren Wasserkapazität hervorrief.

Die Beimischung der getesteten Gesteinsarten als Sandfraktion in den vorgenannten Gewichtsanteilen zu Tonboden führte nur zu einer geringen Zunahme der luftführenden Grobporen (Abb. 2). Auch der Abscherwiderstand des Tonbodens (Tab. 5) als Maß für die Bearbeitbarkeit wurde entgegen der von LINDNER (1963) beschriebenen Abhängigkeit von der Textur kaum verringert. Es ist anzunehmen, daß die eckige Kornform der Gesteinssande (Brechsande) die Verformungskräfte erhöht hat (COLLINS 1967).

Fünf verschiedene Pflanzenarten reagierten mit ihrem Wachstum in Kurzzeitversuchen auf die Sandboden-Gesteinsmehl- (Abb. 3) bzw. Tonboden-Gesteinssandmischungen (Abb. 4) je nach Gesteinsart und Mischungsanteil (10 und 20 Gew.-%) sowohl mit beachtlich verbessertem Wachstum (insbesondere beim Sandboden) als auch mit Mindererträgen. Eine weitere Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften des Sandbodens bei 20 Gew.-% Mehlzusatz erbrachte nicht in jedem Falle auch eine weitere Förderung des Pflanzenwachstums. Die Wirkung der Gesteinsfraktionen auf das Pflanzenwachstum ist daher nicht ausschließlich in bodenphysikalischen Veränderungen zu sehen, sondern beruht auch auf chemischen Ursachen, wie z. B. Veränderungen des pH-Wertes und der Mineralstoffgehalte, welche aufgrund der Eigenschaften der Versuchsmaterialien insbesondere beim Sandboden auch zu erwarten waren. Bei Versuchen von GILLMANN (1980) stieg der pH-Wert und die Kationenaustauschkapazität nach Basaltgaben zu Sandboden mit fortschreitender Versuchsdauer zunehmend an. Denkbar sind auch Effekte durch das in den Gesteinsfraktionen enthaltene Silicium (SILVA 1971, FIDANOVSKI 1968).

Die Kurzzeitversuche, die auch durchgeführt wurden, um evtl. Nebenwirkungen der erforderlichen hohen Mengen an Gesteinsfraktionen zu erfassen, können allerdings nur die Reaktion der Arten in den ersten Wachstumsstadien andeuten. Die Anfangsentwicklung der Sproßtrockenmasse von Gerste wurde durch die Beimischung der Gesteinssande zum Tonboden (Abb. 4) überwiegend gehemmt, während der Körnertrag der Gerste in dem Wasserstufenversuch (Abb. 6) durch Basalt- und Grauwackesandzusatz stark erhöht wurde. Beim Sandboden zeigte sich bei der Wachstumsbeeinflussung der Gerste in den Kurzzeit- (Abb. 3), Wasserstufen- (Abb. 5) und N-Stufenversuchen (Abb. 7) die gleiche positive Wirkung der Gesteinsmehle insbesondere von Basalt- und Muschelkalkmehl. In Feldversuchen von D'HOTMAN DE VILLIERS (1961) und Gefäßversuchen von ROSCHNIK et al. (1967) wurden auf Sandboden ebenfalls beträchtliche Ertragssteigerungen durch Basaltmehlzugabe erzielt. Dagegen ergaben sich beim Auswaschungsversuch mit 40 cm Tiefe „Unterboden“ keine positiven Ertragsveränderungen. Alle vorstehenden Ergebnisse müssen daher in Feldversuchen auf ihre Ertragswirksamkeit überprüft werden.

Einfüll-Lysimeter benötigen eine längere Anlaufzeit. In den ersten Versuchsjahren ist mit einer sehr hohen Stickstoffmineralisation zu rechnen. Daher dürfen derartige Versuche bis zum Einpendeln auf ein normales Mineralisierungsniveau nicht überbewertet werden. In unseren Versuchen wurden auf der Kontrolle der Brache im ersten Versuchsjahr 225 kg N/ha = 4.4 % des Gesamt-N mineralisiert und ausgewaschen. Bei vergleichbaren Lysimeterversuchen berichtet VÖMEL (1974) von einer Mineralisationsrate von 4.8 % des Gesamt-N im ersten Versuchsjahr, während normalerweise jährliche Mobilisationsraten von 1 bis 2 % angegeben werden (WELTE 1963). Die verminderte Nitratauswaschung (Tab. 7) dürfte neben dem verringerten Sickerwasseranfall (Tab. 6) auch durch verstärkte Ammoniumbindung (KISTNER 1983, zit. nach FRAGSTEIN 1984) und Ammoniumfixierung der Gesteinsmehle (ADAMS 1964, ALLISON 1953) erreicht worden sein. Wahrscheinlich wurde aber auch von den z. T. durch Gesteinsmehlzusatz aufgetretenen Verkrustungen (vgl. Abscherwiderstand, Tab. 4) die Durchlüftung behindert und dadurch bei den Gesteinsmehlvarianten weniger N mineralisiert bzw. ammonifiziert.

Bei Feldversuchen sollten daher mehrmalige Gaben von 50 bis 100 t/ha und ein intensives Einmischen erfolgen. Feldversuche ermöglichen auch das Studium langfristiger erst mit zunehmender und unterschiedlicher Verwitterung der Gesteine auftretender Wirkungen.

Zusammenfassung

Die Verwendung von Gesteinsmehlen zur Erhöhung des Wasserspeicherungs- und Sorptionsvermögens eines Sandbodens sowie von Gesteinssanden zur Verbesserung der Durchlüftungsverhältnisse und der Bearbeitbarkeit eines Tonbodens wurde in Gefäßversuchen untersucht.

Mengen von 5 bis 20 Gew.-% verschiedener Gesteinsmehle (Basalt, Grauwacke, Kuselit, Muschelkalk und Porphyrr) erbrachten beim Sandboden eine relative Zunahme der Feldkapazität von 12 bis 23 %. Die schnelldränenden Grobporen beim Tonboden wurden nur durch 10 Gew.-% Gesteinssandzugabe um relativ 11 % erhöht. Der Abscherwiderstand des Tonbodens wurde kaum vermindert.

In Kurzzeitversuchen reagierten fünf verschiedene Pflanzenarten je nach Gesteinsart und -menge auf dem Sandboden mehr positiv und auf dem Tonboden eher negativ. Die 10 Gew.-% Zugaben schnitten besser ab als 20 Gew.-%.

Der Körnertrag von Sommergerste wurde durch 10 Gew.-% Zugabe aller getesteten Gesteinsmehle auf Sandboden bei niedrigem (ca. 40) und bei höherem (ca. 80 % Feldkapazität) Wasserangebot stark angehoben (bis 67 %) und eine höhere N-Gabe (1600 mg N/7 kg Boden), die bei der Kontrolle leicht ertragssenkend wirkte, wurde auch in höhere Trockenmasseerträge umgesetzt. Auf Tonboden stieg bei dem höheren Wasserangebot nur

durch Grauwacke- und Basaltsandzusatz auch der Körnertrag bzw. blieb bei der höheren N-Gabe auf dem gleichen Niveau. Porphyr- und Kuselitsand wirkten ertragsdepressiv.

Die Versickerung und der Nitrataustrag eines Sandbodens wurde durch 10 Gew.-% Gesteinsmehlzugabe im ersten Versuchsjahr auf Brache zwischen 8 und 29 % verringert. Bei Pflanzenbewuchs wirkten die Gesteinsmehle in einem Fall auch nitrataustragserhörend.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben wurde im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (Forschungsgemeinschaft Naturstein-Industrie e. V. Bonn) von der AIF aus Mitteln des BMWi gefördert.

Literatur

- ADAMS, R. S., J. and F. J. STEVENSON, 1964: Ammonium sorption and release from rocks and minerals. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **28**, 345—351.
- ALLISON, F. E., M. KEFAUVER, and E. M. ROLLER, 1953: Ammonium Fixation in Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **17**, 107—110.
- COLLINS, H.-J., 1967: Der Einfluß des Gefüges auf mechanische Eigenschaften des Bodens. Experimentelle Untersuchungen an Modellsubstanzen. Diss. TU Braunschweig.
- FIDANOVSKI, F., 1968: Silicium, ein für die Pflanzen „nützliches“ Element. *Z. Pflanzenern. u. Bodenk.* **120**, 191—207.
- FRAGSTEIN, P. v., 1984: Gesteinsmehle in der Landwirtschaft. *Bioland* **11**, 12—14.
- FRIDECKY, A., 1958: Die Bearbeitung und bessere Nutzbarmachung der Sandböden in der CSR. Tag. Bericht Akad. Landw. Wiss. DDR Berlin **14**, 143—152.
- GILLMANN, G. P., 1980: Effect of Crushed Basalt Scoria on the Cation Properties of a Highly Weathered Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **44**, 465—468.
- GORA, A., 1965: Erste Erfahrungen über die Gefügemelioration eines Muschelkalk-Standortes. *Wiss. Z. Univ. Jena math. naturwiss. Reihe* **14**, 99—104.
- HIDDING, A. P., 1965: Untersuchungen zur Beeinflussung schwerer Tonböden durch Kulturtechnische Maßnahmen. *Wiss. Z. Univ. Jena math. naturwiss. Reihe* **14**, 129—131.
- D'HOTMAN DE VILLIERS, O., 1961: Soil rejuvenation with crushed Basalt in Mauritius. *Int. Sugar J.* **63**, 363—364.
- LHOTSKY, J., 1976: Die Melioration von Sandböden. *Intern. Z. Landw.* **20**, 180—183.
- LINDNER, H., 1963: Über die Abhängigkeit der Scherfestigkeit von Böden verschiedener mechanischer Zusammensetzung von der Dichte, der Porengrößenverteilung sowie dem Wassergehalt. *Albrecht Thaer-Archiv* **7**, 11—20.
- PAHLKE, K., 1979: Auswirkungen der Blausandmelioration auf junger, schluffiger Seemarsch. *Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung* **20**, 25—32.
- REUTER, G., 1976: Versuchsergebnisse zur Anwendung von Tonsubstraten für die Sandbodenmelioration. *Arch. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenk.* **20**, 759—764.
- , und B. DUTZ, 1976: Ertrags- und Bodenbeeinflussung durch Tonsubstrate. 7th Conf. on Clay Mineralogy and Petrology, Karlovy Vary, 365—371.
- ROSCHNIK, R. K., P. M. GRANT, and W. K. NDUKU, 1967: The effect of incorporation crushed basalt rock into an infertile acid sand. *Rhod. Zamb. Malawi J. Agric. Res.* **5**, 133—138.
- SCHAHABI, S., und U. SCHWERTMANN, 1968: Die Wirkung von Kaolinit, Bentonit und Torf auf die physikalischen Eigenschaften von Sand und sandigem Lehm. *Z. Pflanzenern. und Bodenk.* **120**, 174—190.
- SILVA, J. A., 1971: Possible Mechanisms for Crop Response to Silicate Applications. Intern. Symposium on Soil Fertility Evaluation New Delhi, Proc. **1**, 805—814.
- SKIRDE, W., 1976: Bodenphysikalische und vegetationstechnische Untersuchungen an Sanden. Rasen — Turf — Gazon **7**, 37—42.
- TIMMERMANN, F., 1981: Stickstoffauswaschung — Einflußfaktoren und Verhütungsmaßnahmen. *Berichte über Landw. Z. Agrarpolitik und Landw. SH.* **197**, 135—146.
- VÖMEL, A., 1974: Der Nährstoffumsatz in Boden und Pflanze aufgrund von Lysimeteruntersuchungen. *Fortschritte im Acker- und Pflanzenbau Heft* **3**.
- WELTE, E., 1963: Der Ab-, Auf- und Umbau der Humusstoffe im Boden und seine Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. *Bodenkultur* **14A**, 97—111.

This document is a scanned copy of a printed document. No warranty is given about the accuracy of the copy. Users should refer to the original published version of the material.