

ZUR METHODIK DER WASSERVERSORGUNG IN GEFÄSSVERSUCHEN

von A. VÖMEL und F. VAN DER PAAUW*

SUMMARY

Watering methods in pot experiments

The importance of the frequency of watering in pot experiments has been studied. An experiment was carried out with three soil-sand mixtures (0, 50 and 66% sand) using 5-litre Mitscherlich pots. The treatments were 5 rates of NPK application and 3 watering regimes (1, 2 or 4 times daily). In the case of pots with a large quantity of tops it was necessary to weigh and water the pots several times daily if a maximum response to the fertilizer treatments was to be obtained. A soil with a high clay or silt content will only give maximum yields with an admixture of sand. The smaller the amount of sand added the higher the frequency of watering should be. Watering frequency treatments did not affect nitrogen uptake by the plants in fertilized soil. In unfertilized soil, however, admixture with sand decreased nitrogen uptake.

ZUSAMMENFASSUNG

Am Beispiel von Gefäßversuchen (5 Liter Inhalt) mit drei Modellböden, verschiedener Häufigkeit der Bewässerung und gesteigerten Düngergaben zu Hafer wird festgestellt, daß Ackerböden bei Bewuchs mit großen Pflanzenmassen täglich mehrmals bewässert werden müssen, wenn Düngungssteigerung und Standortunterschiede voll zur Wirkung kommen sollen. Bei Böden mit hohem Ton- bzw. Schluffanteil wurden Höchsterträge nur durch 'Sandverdünnung' erreicht; dabei erforderte eine geringere Sandbeimischung (Boden : Sand = 1 : 1) täglich häufigeres Auffüllen der Transpirationsverluste und vice versa.

Durch diese Maßnahmen wurde die Stickstoffaufnahme in die Pflanze bei Stickstoffdüngung nicht beeinträchtigt, in ungedüngtem Boden jedoch durch Sandzumischung erniedrigt.

* Institut für Pflanzenbau und -Züchtung 63 Gießen (BRD); Institut für Bodenfruchtbarkeit, Haren (Gr.) (Niederlande).

1. VERANLASSUNG UND ZIEL DER GEMEINSAMEN UNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen einer internationalen Feldversuchsserie zur Erfassung von Standortfaktoren* wurden Gefäßversuche mit Ackerböden notwendig, die dazu dienten, Einflüsse von Klima und Boden zu trennen. Um eine einheitliche Methodik dieser Gefäßversuche an allen beteiligten Stationen zu sichern, führten drei Institute:

- 1) Institut für Bodenfruchtbarkeit, Groningen/Niederlande
- 2) Institut für Pflanzenbau und -Züchtung Gießen/BRD, Station Rauschholzhausen
- 3) Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Oldenburg/BRD

in den Jahren 1963 und 1964 vergleichende Modellversuche mit Boden und Sandverdünnung, mit gesteigerter Düngung und unterschiedlicher Häufigkeit der Bewässerung durch.

Da diese Untersuchungen im Hinblick auf die Gefäßversuchstechnik von allgemeinem Interesse sind, wird im Folgenden über Durchführung und Ergebnisse des Jahres 1964 am Standort Groningen und Rauschholzhausen berichtet.

Das Hauptinteresse galt der Regulierung des *Wasserhaushaltes im Gefäß*, da hierbei vermutlich die größten Differenzen zwischen den einzelnen Versuchsanstellern auftreten; vor allem bereitet das Bewässern von reinen Böden in Gefäßen bekanntlich Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde war außerdem zu prüfen, ob die Verwendung von *Boden-Sandgemischen* zu adäquaten Ergebnissen führt.

Die Untersuchungen wurden auf den schwierig zu behandelnden Lössboden des Standortes Rauschholzhausen beschränkt.

2. VERSUCHSANSTELLUNG

Gefäße

Mitscherlich Größe I, 5 Liter Netto-Inhalt.

Pflanze

Hafer, Sorte 'Regent'; 28 Pflanzen pro Gefäß.

Boden

Degradierter Löss des Versuchsfeldes Rauschholzhausen (R-H).

1. reiner Boden, 6,4 kg absolut trocken.
2. Boden : Sand Volumen = 1 : 1.
3. Boden : Sand Volumen = 1 : 2.

* Internationale Dauerdüngungs-Versuche: IDV * 4.

Düngung

N : K : P-Steigerung im Verhältnis 1 : 0,8 : 0,3 N-Stufen 0; 0,4; 0,8; 1,4; 2,2 g N/Gefäß davon zur Aussaat: 0,3; 0,5; 0,8; 1,2 g N/Gefäß; Grunddüngung: 1,5 g CaCO₃/Gefäß; Salzform: Ammoniumnitrat, Kaliumsulfat, prim. Calciumphosphat.

TABELLE 1

Wasserkapazität (WK) und Hygroskopizität (Hy) der Versuchsböden
(Gefäßinhalt netto 5 liter)

Boden : Sand =	1 : 0	1 : 1	1 : 2
Boden : Sand in kg	6,4 : 0	3,2 : 3,4	2,1 : 4,5
Maximale WK in ml	2100	1800	1700
Maximale WK in Gewichts %	32,8	27,3	25,8
Hy des Bodens in Gewichts %	4,1	2,0	1,4
nicht nutzbares Bodenwasser in Gewichts % *	7,0	3,3	2,3
Nicht nutzbares Bodenwasser in ml	450	220	150

*) Hy × 1,7.

Wasserversorgung

Das tatsächliche Fassungsvermögen des Bodenvolumens für Wasser wird vor Versuchsbeginn bestimmt, um eine Überdosierung an Wasser zu verhindern. Diese 'maximale Wasserkapazität' ist allein für die vorliegenden Versuche verwendbar und keine absolute Größe. Tabelle 1 enthält die Werte neben den Hygroskopizitätswerten.

Unter Berücksichtigung der Hygroskopizität des Bodens bzw. des 'nicht nutzbaren' Bodenwassers, der wachsenden Pflanzenmasse und der Jahreswitterung wird die Wassermenge im Gefäß von der Aussaat bis etwa zur Milchreife des Getreides sukzessive erhöht.

In Tabelle 2 sind Beispiele für die Art der Registrierung der Wassermengen und die Errechnung des 'Sollgewichtes' wiedergegeben. Beim Erhöhen der Wassermengen muß die Pflanzenmasse mit eingerechnet werden. Sie kann nach Stichproben geschätzt werden. (Eine genaue Feststellung, d.h. Ernte aller Varianten zu mehreren Zeitpunkten der Vegetation würde den Versuch vervielfachen). Im vorliegenden Falle (siehe Tabelle 2) war die Pflanzenmasse im April noch sehr gering, blieb also unberücksichtigt. Anfang Juni hatte der Hafer etwa folgende Frischmassen gebildet:

bei: 0 g N-Düngung: 50 g (in Boden-Sand-Gemisch)
 0 g N-Düngung: 100 g (in reinem Boden)
 0,4 g N-Düngung: 150 g
 0,8 g N-Düngung: 200 g
 1,4 u. 2,2 g N-Düngung: 300 g

Der Gesamtwassergehalt im Gefäß entsprach in diesem Falle etwa 80% der 'maximalen Wasserkapazität'.

TABELLE 2

Berechnung von Wassergaben und 'Sollgewicht' pro Gefäß

Boden : Sand-Volumen		1 : 0		1 : 1		1 : 2	
<i>Tara (Gefäß, Kies,</i>							
Pflanzenhalter)	kg	2,150		2,150		2,150	
Bodenfüllung, trocken *	kg	6,400		6,600		6,600	
<i>Wassergabe ab 28. April</i>							
a) nicht nutzbar *	kg	0,450		0,220		0,150	
b) pflanzenverfügbar	kg	0,800		0,800		0,800	
Gesamtwasser	kg	1,250		1,020		0,950	
Sollgewicht ab 28. April	kg	9,800		9,770		9,700	
<i>Wassergabe ab 9. Juni</i>							
a) nicht nutzbar	kg	0,450		0,220		0,150	
b) pflanzenverfügbar	kg	1,300		1,300		1,300	
Gesamtwasser	kg	1,750		1,520		1,450	
<i>N-Düngung in g/Gefäß</i>							
		0,4	0,2	0,4	2,2	0,4	2,2
Pflanzenmasse	kg	0,150	0,300	0,150	0,300	0,150	0,300
Sollgewicht ab 9. Juni	kg	10,450	10,600	10,420	10,570	10,350	10,500

* Vergl. Tabelle 1.

Die im Gefäß gewünschte Wassermenge wurde durch Auffüllen der Transpirationsverluste auf das jeweilige 'Sollgewicht' nach drei Methoden täglich ergänzt:

Gießmethode I: täglich einmal: vormittags; dh. Transpirationsverluste durch Wiegen feststellen und auffüllen.

Gießmethode II: täglich zweimal: a) vormittags wiegen und auffüllen, b) nachmittags geschätzte Wassermengen mit Messzylindern zuführen, zweckmässigerweise nach folgendem Schema:

Bei Transpiration in 24 Stunden von ca. ml/Gefäß	Nachmittags gießen: ml/Gefäß
200	—
300–500	200
500–700	300
über 700	400–500

Gießmethode III: 4 mal täglich wiegen und auffüllen.
Das differenzierte Gießen begann, sobald die Pflanzen im Frühjahr etwa 200 ml pro Tag transpirierten.

Die Varianten waren folgende:

Boden : Sand	Gießmethode
1 : 0	I, II, III
1 : 1	- II, III
1 : 2	I, II, III (in Rauischholzhausen)
1 : 2	I, II, - (in Groningen)

Jede Bewässerungsvariante enthielt die oben genannten fünf Düngungsstufen.

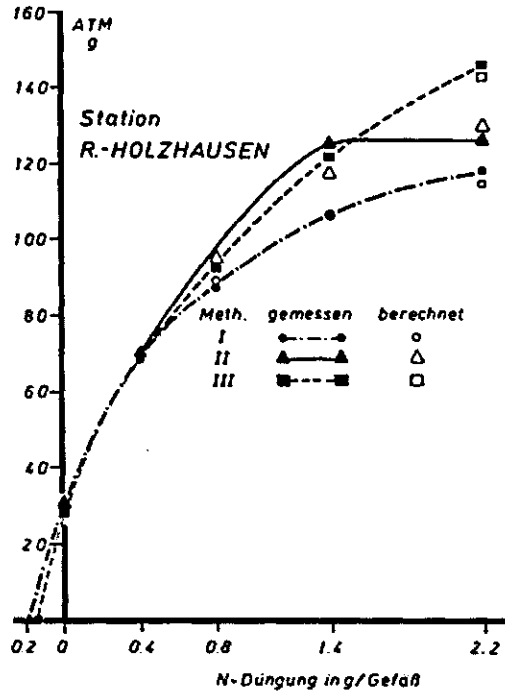
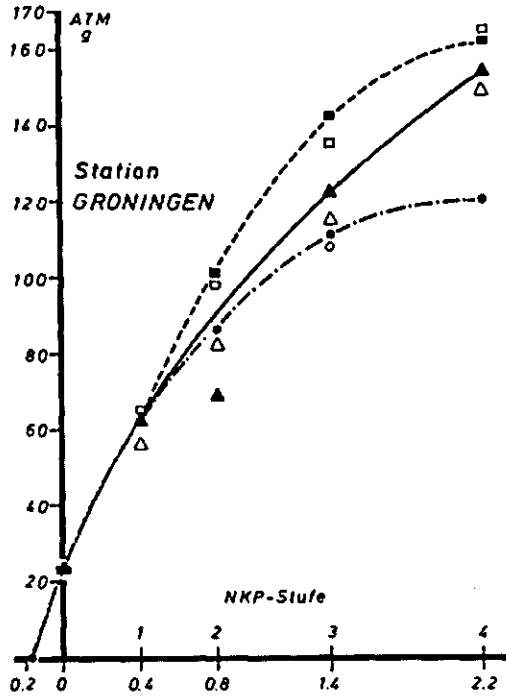
Die Aussaat des Hafers erfolgte in Rauischholzhausen am 2. April, in Groningen am 14. April 1964, die Ernte an beiden Stationen Ende Juli 1964.

Die Ertragskurven wurden nach der 'dritten Annäherung des Ertragsgesetzes' nach v. Boguslawski-Schneider³ berechnet.

3. ERGEBNISSE

3.1 Der Einfluß der Gießmethode

Die bei den drei verschiedenen Gießmethoden erreichten Ertrags-ergebnisse (Abbildung 1) standen in engem Zusammenhang mit dem Wasserverbrauch und der Wasserführung des Versuchsbodens. Der tägliche Wasserverbrauch ließ bereits in frühen Vegetationsabschnitten Rückschlüsse auf die Massenentwicklung des Hafers und den späteren Ertragsverlauf zu. In Tabelle 3 sind die durchschnittlich täglich je Gefäß verbrauchten Wassermengen für die Mai- und Juni-Dekaden eingetragen. An diesen Werten läßt sich der Einfluß der Klimafaktoren des Standortes, der Einfluß der Pflanzenmasse und der Jahreswitterung ablesen. Mit der Pflanzenmasse steigt der Wasserverbrauch im Laufe der Vegetationszeit, wobei kühlere Witterung den Wasserverbrauch zeitweise vermindern kann (siehe Groningen im Juni) (vergl. van der Paauw⁶). Der Anstieg der Wasserverbrauchskurven wird naturgemäß mit steigender Düngung steiler. Die Beachtung dieser Tatsache ist besonders wichtig, da sich hieraus der Wert der besseren Wasserversorgung ergibt. In den hohen Düngungsstufen haben die Pflanzen bei reichlicher Bewässerung (Methode III) mit fortschreitender Vegetationszeit täglich 200 bis 300 ml mehr transpiriert als bei einmaligem Gießen (Methode I). Wie in Abbildung 1 gezeigt wurde, hat dies zu höheren Erträgen geführt. Nur unter der Bedingung höherer Wasserversorgung (Methode III und teilweise II) konnte der Standortunterschied erfaßt werden, der bei Methode I kaum zum Ausdruck kommt (vergl. Abbildung 1).



Der Wert des täglichen mehrmaligen Gießens liegt in der Erhaltung eines ausreichenden Wassergehaltes im Bodenvolumen, der mit zunehmender Düngung bzw. Pflanzenmasse durch den täglichen Transpirationsrhythmus im Gefäß unverhältnismäßig stärker beansprucht wird als vergleichsweise im Bodenprofil im Feld. Anhand der in Tabelle 2 angegebenen Wassermengen im Gefäß läßt sich der Bodenwassergehalt nach Transpiration leicht errechnen. Zum Beispiel sind in der zweiten Junidekade (vergl. Tabelle 3) durchschnittlich folgende Wassermengen nach 24-stündiger Transpiration im Gefäß verblieben:

Methode I	ohne Düngung	hohe Düngung (2,2 g N)
Wassermenge im Gefäß	1 750 ml	1 750 ml
Transpiration	247 ml	821 ml
Rest im Gefäß	1 503 ml	929 ml
davon pflanzenverfügbar (reiner Boden)	1 053 ml	479 ml
Die verbleibende Gesamtwassermenge betrug demnach: in % der maximalen WK	72%	44%

Das starke Absinken des Bodenwassergehaltes bei hoher Düngung zur Zeit des größten Wachstums ist die Ursache für die Begrenzung des Ertrages gewesen (Tabelle 4); dagegen hat das täglich einmalige Gießen bei der geringen Transpiration der ungedüngten Variante ausgereicht (vergl. Tabelle 3 und 4).

Abb. 1. Hafererträge auf reinem Boden (in g/Gefäß) in Abhängigkeit von Düngung und Gießmethode. (Wenn die berechneten Erträge mit den gemessenen übereinstimmen, sind die berechneten nicht gezeichnet).

Meth.	M	m	i	z	n	Fehler (rel.)
<i>Groningen</i>						
I	121,8	2,37	0,198	0,598	1,58	3,3
II	156,1	2,42	0,198	0,718	1,10	3,79
III	168,6	2,38	0,198	0,757	1,33	9,12
<i>R.-Holzhausen</i>						
I	115,3	2,42	0,161	0,432	1,63	3,86
II	129,9	2,35	0,187	0,515	1,56	7,76
III	144,9	2,42	0,153	0,553	1,29	3,59

TABELLE 3

Durchschnittlicher (pro Dekade) täglicher Wasserverbrauch in reinem Boden
in den Stationen Rauschholzhausen und Groningen in ml/Gefäß

N-Düngung g/Gefäß	Rauschholzhausen				Groningen			
	Mai		Juni		Mai		Juni	
	2.*	3.	1.	2.	2.	3.	1.	2.
<i>Methode I</i>								
0	158	174	164	247	276	283	205	220
0,4	181	338	440	556	346	585	352	480
0,8	188	446	580	602	350	680	437	680
1,4	157	480	670	867	330	700	595	730
2,2	119	438	628	821	285	714	623	800
<i>Methode II</i>								
0	156	186	187	250	248	252	195	208
0,4	179	356	457	559	323	540	333	443
0,8	176	443	548	642	320	740	439	720
1,4	154	490	638	920	310	860	689	920
2,2	129	480	653	931	270	850	698	910
<i>Methode III</i>								
0	138	151	139	186	289	236	197	185
0,4	185	354	404	506	370	487	350	366
0,8	171	433	523	623	360	705	470	610
1,4	153	492	735	953	342	990	798	740
2,2	161	553	914	1173	330	950	938	1060

* Dekade.

Bei dem im Sommer angestrebten Wassergehalt im Gefäß von etwa 80% der 'maximalen Wasserkapazität' (siehe Kapitel 2) bedeutet das Absinken auf Gehalte unter 67 bis 70% bereits eine den Ertrag beeinflussende Schwankung. Das ist auch dann von Bedeutung, wenn es sich nur um einige wärmere Tage handelt. In hohen Düngungsstufen ist daher auch das mehrmalige Auffüllen der Transpirationsverluste an einzelnen Tagen wichtig. In Tabelle 5 werden am Beispiel eines warmen Tages die Wassergehalte im Gefäß nach Transpiration, das heißt unmittelbar vor dem Auffüllen errechnet. Daraus geht hervor, daß nur bei viermaligem Auffüllen des Wasservorrates dieser nicht unter ca. 65% der 'maximalen Wasserkapazität' abgesunken ist, so daß während des ganzen Tages genügend Wasser zur Transpiration zur Verfügung stand.

3.2 Der Einfluß der Sandbeimischung

Aus den Hafererträgen (Tabelle 4) läßt sich entnehmen, daß selbst

TABELLE 4

Trockenmasseerträge von Hafer an zwei Stationen (g/Gefäß und $s\bar{x}\%$)

N-Düngung g/Gefäß	Reiner Boden		Boden : Sand = 1 : 1		Boden : Sand = 1 : 2							
	Gronin- gen	R-Holz- hausen	Gronin- gen	R-Holz- hausen	Gronin- gen	R-Holz- hausen						
<i>Methode I</i>												
0	24	2,4	30	2,0	9	0,2	12	1,3				
0,4	61	2,8	70	1,4	58	2,2	65	0,6				
0,8	87	3,5	87	3,8	97	1,9	104	1,6				
1,4	111	2,9	106	1,7	129	1,9	137	0,6				
2,2	120	2,9	117	3,8	140	0,9	159	1,7				
<i>Methode II</i>												
0	24	1,7	31	1,7	15	10,0	17	3,1	10	3,7	12	1,6
0,4	62	0,5	71	0,5	61	1,6	67	2,3	59	1,8	71	2,5
0,8	69	4,0	95	2,8	99	2,4	100	1,4	100	2,9	98	1,3
1,4	122	6,2	125	0,8	137	5,0	141	4,2	136	0,7	140	2,2
2,2	154	2,4	125	5,4	163	3,3	160	1,2	164	0,7	170	2,7
<i>Methode III</i>												
0	23	1,2	28	1,3	14	3,9	17	0,5			11	1,5
0,4	61	1,0	69	1,6	59	1,0	66	2,0			63	1,1
0,8	101	0,8	92	2,1	96	0,9	98	2,4			99	3,2
1,4	142	2,7	121	3,8	140	1,5	141	2,4			141	1,9
2,2	162	—	145	2,5	177	2,5	168	0,6			170	3,0

TABELLE 5

Abnahme des Wassergehaltes im Gefäß durch Transpiration am 12.6. 1964, bei 22°C Tageslufttemperatur Station Rausholzhausen. 2,2 g N-Düngung

Boden : Sand	1 : 0			1 : 1		1 : 2			
	I	II	III	II	III	I	II	III	
a) Wassermenge im Gefäß nach Auffüllen (1300 ml pflanzenver- fügbar)	ml								
	1 750			1 520		1 450			
Gießmethode	I	II	III	II	III	I	II	III	
Transpiration in 24 Std.	880	1020	1470	930	1370	950	1000	1130	
b) Wasser in Gefäß nach Transpiration	ml								
c) d.i. pflanzenverfügbar	420	680	930	830	960	350	800	1010	
Wassergehalt i. % max. WK									
a) nach Auffüllen	%								
b) nach Transpiration	83	83	83	84	84	85	85	85	
	41	59	71	58	66	30	56	68	

das viermalige tägliche Auffüllen der Transpirationsverluste noch nicht zu den unter den jeweiligen Standortbedingungen möglichen Höchstserträgen geführt hat. Durch Sandbeimischung wurden die Erträge weiter gesteigert. Dabei war der Wasserverbrauch auf Boden-Sand-gemischen gegenüber reinem Boden nicht erhöht. Eine teilweise festgestellte Verminderung des täglichen Wasserbedarfs, wie sie in Tabelle 5 zum Ausdruck kommt, beruht auf der infolge besserer Permeabilität der Gemische verringerten unproduktiven Wasserverdunstung von der Gefäßoberfläche.

Die bessere Verwertung hoher Düngung durch 'Sandverdünnung' des Bodens hat demnach andere Ursachen. Dazu gehören vermutlich die größere Beweglichkeit und damit bessere Verteilung des Wassers im Boden ¹.

Die Entscheidung, ob eine stärkere Sandbeimischung (Boden : Sand = 1 : 2) günstiger zu beurteilen ist, hängt nicht allein von der Ertragserhöhung ab, (welche nicht in allen Fällen zu beobachten war, sondern von der Sicherheit der Versuchsdurchführung. Bei Verwendung dieses Gemisches stieg die Streuung ($s\bar{x}\%$ in Tabelle 4) nur in wenigen Ausnahmen über 3%, während sie bei geringerer Sandzumischung sowie bei reinem Boden wesentlich häufiger auf höhere Werte (Tabelle 4) anstieg. Außerdem kann das tägliche Gießen bei stärkerer Sandbeimischung unter Umständen auf täglich zweimal begrenzt werden, sofern nicht zu hohes Sättigungsdefizit der Luft auftritt. Die Erträge wurden auf diesem Gemisch (1 : 2) durch Gießmethode III in Rauschholzhausen nicht weiter gesteigert.

Die Erträge der Düngungsstufen 0,4 g und 0,8 g N blieben von der Bodenverdünnung unbeeinflusst. Die ohne Düngung durch den Verdünnungseffekt festgestellte Ertragsabnahme ist ein Nachteil dieser Methode; somit können wir wieder auf den von Mitscherlich ⁵ gemachten Vorschlag zurückkommen, nur die ungedüngte Variante in reinem Boden durchzuführen.

3.3 *Abhängigkeit der Stickstoffaufnahme des Hafers von Gießmethode und Bodensubstrat*

In Abbildung 2 sind die Stickstoffaufnahmen aus reinem Boden bei den verschiedenen Gießmethoden für den Standort Groningen 1964 dargestellt. Danach ergibt sich für die Gießmethoden grundsätzlich eine Übereinstimmung in der Stickstoffaufnahme; nur in

einem Fall (Station Groningen, Methode III, 2,2 g N-Düngung, s. Abb. 2) liegt eine Abweichung vor, mit der jedoch in reinem schweren Boden immer gerechnet werden muß. Zu beachten ist, daß sich die N-Aufnahme in der ungedüngten und der ersten Düngungsstufe (0,4 g N) von denen am Standort Rauschholzhausen insofern unterscheiden, als der Boden in Groningen mehr Stickstoff geliefert hat. Mit dieser Konzentrationserhöhung scheint ein echter Einfluß des Standortes vorzuliegen.

Das Bodensubstrat hat, abgesehen von den Verhältnissen in ungedüngten Böden, ebenfalls keinen wesentlichen Einfluß auf die Stickstoffaufnahme gehabt. In Abhängigkeit von der Düngung verlaufen die Aufnahmekurven auf reinem Boden und Boden-Sandgemischen nahezu gleich (Abbildung 3). Das war auf dem Standort Groningen ebenso der Fall. Eine deutlich erhöhte Stickstoffaufnahme zeigten die Pflanzen auf dem ungedüngten reinen Boden. Dies entspricht den Erträgen (Tabelle 4).

4. SCHLUSSFOLGERUNG

Die gemeinsamen Versuche haben gezeigt, daß das Arbeiten mit *reinen Böden* in Gefäßen (5 Liter Inhalt) technische Schwierigkeiten bereiten kann. Diese betreffen hauptsächlich die Wasserführung des Bodens und die Wasserversorgung der Pflanzen, die vor allem infolge des fehlenden Bodenprofils im Gefäß sehr viel höher sein muß als im Feldbestand. Auch mit bis zu täglich viermaligem Gießen konnten hohe Pflanzenmassen nicht ausreichend versorgt werden, da die Wasserbewegung im Boden mit zunehmender 'Schwere' des Bodens nicht mit der Transpiration Schritt hält. Hieraus ist einzusehen, daß bei vergleichenden Gefäßversuchen in Böden mit unterschiedlichem Tonanteil auf reinem Boden keine einheitliche Wasserversorgung erzielt werden kann.

Bodenverdünnung mit 'sterilem' Quarzsand ermöglichte demgegenüber aufgrund der Erhöhung der Permeabilität eine auch für hohe Pflanzenmassen ausreichende Wasserversorgung, so daß die Düngungssteigerung voll zur Wirkung kam.

Bei der Wahl der Zusammensetzung des Boden-Sandgemisches kann davon ausgegangen werden, daß eine geringere 'Verdünnung' des Bodens mit Quarzsand eine häufigere tägliche Bewässerung er-

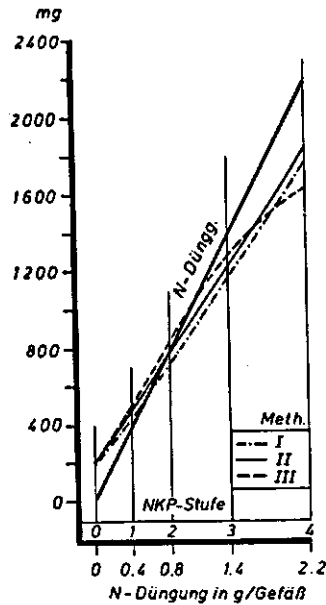


Abb. 2. N-Aufnahme der Gesamtpflanze (mg/Gefäß) in Abhängigkeit von der Gießmethode. (Reiner Boden, Station Groningen).

fordert und vice versa. Zum Beispiel wurde der Höchstertrag in diesen Versuchen in dem Gemisch mit dem höheren Bodenanteil (Boden : Sand = 1 : 1) bei viermaligem täglichem Gießen, bei dem Boden-Sandgemisch 1 : 2 dagegen bereits bei zweimaligem täglichem Gießen erreicht. Da dieser Fall jedoch nur in einem Jahr und auf einem Standort exakt geprüft wurde, muß offen gelassen werden, ob nicht in warmen Perioden der Vegetation auch bei starker Sandverdünnung eine reichlichere Bewässerung notwendig wird (vergl. z.B. Tabelle 5). Höchsterträge können im Gefäß nur erreicht werden, wenn der Wassergehalt des Substrates während der Hauptwachstumszeit des Hafers auch in warmen Perioden nicht unter durchschnittlich 65% der maximalen Wasserkapazität sinkt. Hierfür ist ursächlich die bei niedrigerer Wassermenge schlechtere *Verteilung* des Wassers im Gefäß verantwortlich ¹.

Die *Stickstoffaufnahme* war in allen untersuchten Substraten und Bewässerungsmethoden je *Düngungsstufe* trotz teilweise unterschiedlicher Erträge relativ einheitlich (vergl. Abbildung 2 und 3).

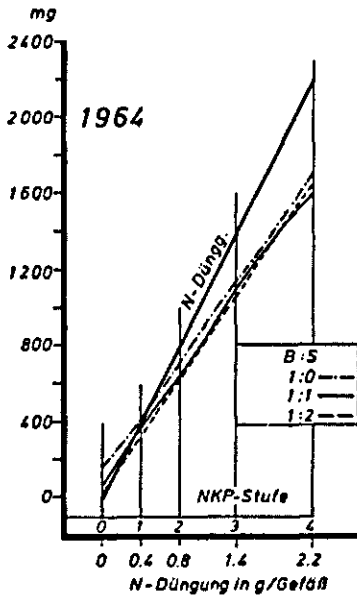


Abb. 3. N-Aufnahme der Gesamtpflanze (mg/Gefäß) in Abhängigkeit von der Boden-Sand-Mischung. (Methode II, Station Rauschholzhausen).

Dadurch war der Standorteinfluß auf das Niveau der Stickstoffaufnahme deutlich meßbar, so daß auch von dieser Seite gegen die Bodenverdünnung keine Bedenken bestehen. In *ungedüngtem* Boden nahm jedoch wie gesagt die Stickstoffaufnahme erwartungsgemäß mit steigendem Bodenanteil zu. Da bei geringem Pflanzenwuchs die Wasserführung keine Schwierigkeiten bereitet, sollte hier zur Verbesserung der Auswertung von Stickstoff- und Ertragskurve reiner Boden verwendet werden. Für die Untersuchung anderer Nährstoffe sind nicht ohne weiteres gleiche Verhältnisse zu erwarten. Diese müssen in weiteren Arbeiten überprüft werden.

Nach den vorliegenden Ergebnissen haben wir in der entwickelten Methodik ein Instrument zur Messung der Wirkung von Standortfaktoren auf den Pflanzenertrag und die Stickstoffaufnahme in die Pflanze erhalten.

Eingegangen am 25. März 1971

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Boguslawski, E. v., Zur Methodik des Gefäßversuches bei Wasserhaushaltuntersuchungen, Z. Bodenk. Pflanzenern. **17**, 236-252 (1940).
- 2 Boguslawski, E. v., Mitt. d. Internat. Bodenkundl. Ges. No. **15**, 14 (1959).
- 3 Boguslawski, E. v. u. B. Schneider, Die dritte Annäherung des Ertragsgesetzes, 3. Mitteilung Z. Acker- und Pflanzenbau **119**, 1-28 (1964).
- 4 Bruin, P., Mitt. d. Internat. Bodenkundl. Ges. No. **20**, 15-18 (1962).
- 5 Mitscherlich, E. A., Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Königsberg (1924).
- 6 Paauw, F. van der, Water relations of oats with special attention to the influence of periods of drought. Plant and Soil **1**, 303-341 (1949).