

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 23, 49 - 55, (1976)

Vergleich der Mineralstoffauswaschung im Lysimeter bzw. nach der

Saugkerzenmethode

von

P. Schweiger \*

Einführung

Lysimeter und Saugkerzenverfahren sind die gebräuchlichsten Methoden zur Ermittlung der Mineralstoffauswaschung. Im Lysimeter wird über Sickerwassermenge und Mineralstoffkonzentration die Auswaschung direkt berechnet; im Saugkerzenversuch liegen dagegen nur Mineralstoffkonzentrationen des abgesaugten Wassers vor. Es ist daher nötig, auf indirektem Wege die Sickerwassermenge zu bestimmen, um ebenfalls quantitative Aussagen machen zu können. Ein Vergleich der im Lysimeter tatsächlich gemessenen mit den auf indirektem Wege berechneten Sickerwassermengen ermöglicht die Prüfung der Berechnungsmethode. Über eine geeignete Berechnungsmethode kann dann auch für den Saugkerzenversuch die Mineralstoffauswaschung ermittelt und mit der des Lysimeters verglichen werden.

Auf der Versuchsstation des Lehrstuhles für Pflanzenernährung in Weihenstephan werden sowohl ein Lysimeter- als auch ein Saugkerzenversuch in unmittelbarer Nähe und mit zum Teil vergleichbaren Düngungsarten durchgeführt. Im vorliegenden Referat soll anhand zweier Berechnungsmethoden über erste Ergebnisse im Vergleich der Mineralstoffauswaschung im Lysimeter bzw. nach der Saugkerzenmethode berichtet werden.

Daten der Versuchsanstellung

Lysimeter - Kastenlysimeter; 1 m Tiefe, 4 m<sup>2</sup> Oberfläche, eingefüllter Boden (9).

Saugkerzen - keramische Kerzen (1); 1 m mittlere Tiefe; 0.4 - 0.5 atm Vakuum; abgesaugte Wassermenge pro Probenahme: 1 - 1,5 l

Dem erfaßten Versuchszeitraum von 2 Jahren (1973/74 - 1974/75) gingen im Lysimeter 8 Jahre, im Saugkerzenversuch 1 Jahr Versuchszeit voraus.

\* Institut f. Pflanzenernährung der Techn. Hochsch. München, 805 München-Weihenstephan

Boden = mitt. Tonverhältnisse, pH 6,8, organ. B (Krumm) 5,14 %,  
nutzbare K.K. (0 - 60 cm) 130 t/ha

Baugrößenarten

1. ohne Pflanzen ohne K + PK-Düngung
2. ohne Pflanzen + NPK-Düngung
3. mit Pflanzen ohne N + PK-Düngung
4. mit Pflanzen + NPK-Düngung

Pflanzen = im Lysimeter: Winterweizen, Winterweizen  
im Saugkerzenversuch: Winterweizen, Hafer

<u>NPK-Düngung</u> (kg/ha)		Cl-Zufuhr (kg/ha)
Lysimeter:	260 N als Kalkammonsalpeter	} 290
	200 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> als Superphosphat	
	250 K <sub>2</sub> O als Kornkali	
Saugkerzen:	170 N als Kalkammonsalpeter	} 274
	170 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> als Superphosphat	
	250 K <sub>2</sub> O als 50er-Kaliumchlorid	

Die Probenahmen erfolgten sowohl im Lysimeter als auch im Saugkerzenversuch monatlich; die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus 24 Einzelwerten bzw. durchschnittliche Jahressummen.

Ergebnisse

1. Berechnung des über die Cl-Auswaschung

Dieser Methode liegt die Voraussetzung zugrunde, daß das über die Düngung oder über die Niederschläge zugeführte Chlorid unter normalen Witterungsbedingungen quantitativ ausgewaschen bzw. durch die Pflanzen entzogen wird. Für die Richtigkeit dieser Annahme gibt es in der Literatur zahlreiche Hinweise (2, 8, 10, 7, 11). Damit läßt sich die Sickerwassermenge wie folgt berechnen:

$$\text{Sickerwassermenge} = \frac{\text{Cl-Zufuhr} - \text{Cl-Entzug}}{\text{Cl-Konzentration des Sickerwassers}}$$

Für das Lysimeter stimmen die so berechneten mit den tatsächlich gemessenen Werten gut überein (Tab.1).

Tab.1: Cl-Methode - Vergleich der gemessenen mit den berechneten Sickerwassermengen (l/m<sup>2</sup>)

	Lysimeter- wasser gemessen	Lysimeter- wasser berechnet	Saugkerzen- wasser berechnet	Saugkerzen- wasser i.% d.Lysim.
1. ohne Pfl. o. N + PK	594	625	450	76
2. ohne Pfl. + NPK	597	607	436	73
3. mit Pfl. o. N + PK	458	443	326	71
4. mit Pfl. + NPK	328	335	270	82

Für den Saugkerzenversuch zeigt sich, daß in der Reihe "ohne Pflanzen" annähernd gleich große Mengen vorliegen und in der Reihe "mit Pflanzen" ebenfalls wie im Lysimeter, die Werte geringer sind. Allerdings beträgt das Niveau gegenüber dem Lysimeter nur etwa 70 - 80 %.

## 2. Berechnungsmethode II - Wasserbilanz

Für die Berechnung der Sickerwassermengen nach der klimatischen Wasserbilanz kann von folgenden Überlegungen ausgegangen werden:

- a)  $S_w = \text{Zufuhr} - V_{akt} - \Delta \text{Vorrat}$  (6.12)
- b)  $V_{pot} = V_{akt}$ , wenn tats. W.K.  $\geq 70\%$  max. W.K. (4)
- c)  $V_{pot} = \sum (f \cdot (E-e)_{14})$  mm (5.3)

$S_w$  = Sickerwassermenge (l/m<sup>2</sup>)

$V_{akt}$  = aktuelle Verdunstung (l/m<sup>2</sup>)

$V_{pot}$  = potentielle Verdunstung (l/m<sup>2</sup>)

$(E-e)_{14}$  = Sättigungsdefizit um 14<sup>00</sup> Uhr (mm)

$f$  = Faktor für Vegetationszeit, Tageslänge, Höhe der Substanzproduktion (dt/ha)

Für die Weißenstephaner Witterungsbedingungen der Jahre 1973/74 und 1974/75 kennzeichnet folgende Beziehung den Zusammenhang zwischen Höhe der Substanzproduktion (x) und aktueller Verdunstung (y):  $y = 310 + 2,31x$ . Damit ist es möglich, den Wasserverbrauch einer Fruchtart auf der Basis ihrer Produktion an Trockensubstanz zu berechnen. Die Differenz zur Wasserzufuhr durch die Niederschläge entspricht dann der Wasserversickerung.

Tabelle 2 zeigt, daß auch nach dieser Berechnungsweise die Übereinstimmung der gemessenen mit den berechneten Sickerwassermengen des Lysimeters sehr gut ist.

2: Wasserbilanz-Methode - Vergleich der gemessenen mit den berechneten Sickerwassermengen (l/m<sup>2</sup>)

	Lysimeter- wasser gemessen	Lysimeter- wasser berechnet	Saugkerzen- wasser berechnet	Saugkerzen- wasser i. % d. Lysim.
ie Pfl. o. N + PK	594			
ie Pfl. + NPK	597	595	595	-
: Pfl. o. N + PK	458	460	430	116
: Pfl. + NPK	438	330	405	123

Aufgrund geringerer Trockensubstanzproduktion in der Reihe "mit Pflanzen" ergeben sich für den Saugkerzenversuch Sickerwassermengen die um etwa 20 % über denen des Lysimeters liegen.

1. Vergleich der Minerstoffauswaschung

Betrachtet man die Auswaschung z.B. an Stickstoff und Calcium (Tab.3), so zeigt sich, daß im Lysimeter die Übereinstimmung zwischen tatsächlichen und berechneten Werten sehr gut ist. Für den Saugkerzenversuch dagegen ergeben sich nach beiden Berechnungsverfahren sehr geringe Stickstoffauswaschungen, insbesondere in der Reihe "mit Pflanzen". In der Reihe "ohne Pflanzen" liegen die Werte nur etwa halb so hoch wie im Lysimeter. Der Einfluß der N-Düngung zeigt sich deutlich in einer Verdreifachung der Werte.

Tao.3: Vergleich der N- und der Ca-Auswaschung (kg/ha)

	Lysimeter gemessen	berechnet			
		Lysimeter		Saugkerzenversuch	
		Cl-Methode	Wasser- bilanz	Cl-Methode	Wasser- bilanz
<u>N-Auswaschung</u>					
1. ohne Pfl. o. N	201	186	186	78	103
2. ohne Pfl. + NPK	459	399	392	290	313
3. mit Pfl. o. N	27	31	32	4	6
4. mit Pfl. + NPK	108	101	100	6	9
<u>Ca-Auswaschung</u>					
1. ohne Pfl. o. N	594	719	684	549	726
2. ohne Pfl. + NPK	891	847	831	573	782
3. mit Pfl. o. N	589	552	573	298	484
4. mit Pfl. + NPK	507	492	485	265	397

In der Reihe "ohne Pflanzen" bringt die Berechnungsmethode II - Wasserbilanz, Ca-Auswaschungen die mit denen des Lysimeters in etwa übereinstimmen, während die Cl-Methode zu geringe Werte liefert. In der Reihe "mit Pflanzen" liegen die Ca-Auswaschungen ausnahmslos unter denen des Lysimeters. In Anbetracht der geringen  $\text{NO}_3^-$ -Auswaschungen ist das jedoch wegen des Ionenausgleiches im Sickerwasser nicht allzu verwunderlich.

#### Diskussion

Die beiden Methoden zur indirekten Ermittlung der Sickerwassermengen sind sicherlich noch mit einigen Fehlern behaftet bzw. können nur unter bestimmten Einschränkungen angewandt werden. So ist z.B. für die Cl-Methode Voraussetzung, daß in der vegetationslosen Zeit etwa 200 mm Sickerwasser anfallen um eine annähernd vollständige Cl-Auswaschung zu gewährleisten. In Freilandversuchen ist darüber hinaus noch nicht geklärt, inwieweit der kapillare Wasseraufstieg die Cl-Konzentration im Meßbereich beeinflusst. Bezüglich der Wasserbilanz wäre anzumerken, daß die hier verwendete

Formel nur eine von mehreren Berechnungsmöglichkeiten ist von denen jede andere genauso gut die richtigere sein könnte.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen zeigt sich aber dennoch, daß die im Lysimeter ermittelten Mineralstoffauswaschungen sicherlich nicht niedriger als unter Freilandbedingungen sind. Die etwas geringere N-Düngung im Saugkerzenversuch kann keinesfalls alleine für die äußerst geringe N-Auswaschung verantwortlich sein, zumal die Differenz zwischen Saugkerzenversuch und Lysimeter auch in der Reihe "ohne N-Düngung" besteht. Die geringere Ca-Auswaschung des Saugkerzenversuches deutet ebenfalls darauf hin, daß im Freiland eine geringere Mineralstoffbewegung stattfindet als im Lysimeter.

#### Zusammenfassung

Der Vergleich der Mineralstoffauswaschung im Lysimeter bzw. nach der Saugkerzenmethode brachte folgende Ergebnisse:

1. Im Lysimeter ergibt die Ermittlung der Mineralstoffauswaschung auf der Basis der vollständigen Cl-Auswaschung bzw. über die Wasserbilanz eine gute Übereinstimmung zwischen tatsächlichen und berechneten Gefäßen.
2. Im Saugkerzenversuch zeigen die verschiedenen Prüfmethoden recht unterschiedliche Sickerwassermengen und damit auch unterschiedliche, insgesamt aber niedrige Verlustraten als im Lysimeter an.
3. Die geringe Mineralstoffauswaschung des Saugkerzenversuches ist sicherlich zu einem Teil auf die nicht exakt vergleichbare Düngung, zu einem wesentlichen Teil aber auch auf die verschiedenen Methoden selbst, d.h. auf die Unterschiedlichkeit von Freiland und Lysimeter zurückzuführen.

Literaturverzeichnis:

1. CZERATZKI, W., 1971: Saugvorrichtung für kapillar gebundenes Bodenwasser. Landbauforschung Völkenrode 21, (13 - 14)
2. CZERATZKI, W., 1972: Transport von Nährstoffen aus der mineralischen Düngung durch Bodenperkolatien unter den Wurzelhorizont. Berichte über Landwirtschaft 50, (465 - 476)
3. EIMERN, J., van, 1968: Weitere Ergebnisse der Messung der potentiellen Evapotranspiration in Freising-Weihenstephan. Meteorol. Rundschau 21, (109 - 113)
4. EIMERN, J., van, 1971: Wetter- und Klimakunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Weinbau, Verlag E. Ulmer Stuttgart.
5. HAUBE, W., 1952: Zit.nach van Eimern J. 1964: Zum Begriff und zur Messung der potentiellen Evapotranspiration. Meteorol. Rundschau 17, (35 - 42)
6. HUSEMANN, C., WESCHE, J., 1964: Der Wasserhaushalt und die Wasserbilanz eines lehmigen Sandbodens nach Untersuchungen in wäßbaren Lysimetergefäßen. Zeitschr. f. Kulturtechnik 5, (364 - 389)
7. KICK, H., KRETZSCHMAR, R., 1968: Zur Anreicherung von  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{NH}_4^-$ -Ionen im Boden und Grundwasser infolge von Düngungsmaßnahmen. Landwirtschaftl.Forsch. 21, (3 - 18)
8. KOHNKE, H., DREIBELBTS, F.R., DAVIDSON, J.M., 1940: A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance. USDA Misc. publ. 372, Washington D.C.
9. NEKLAS, H., SCHROPP, W., 1958: Die Lysimeteranlage des Agrikulturchemischen Instituts der Hochschule Weihenstephan. Fortschr. d. Landw. 2, (1017 - 1019)
10. PEAFF, C., 1963: Über die Auswaschung von Ca, Mg, Cl und  $\text{NO}_3^-$  aus dem Boden (Lysimeterversuche). Zeitschr.f.Ackerbau und Pflanzenbau 117, (117 - 128)
11. PEAFF, C., 1965: Die Nährstoffbilanz im Wechselspiel von Pflanzenaufnahme, Bodenabsorption und Auswaschung. Die Landwirtschaftl. Versuchsanstalt Limburgerhof 1914 - 1964 (1 - 28); Weisbecker Frankf.
12. SCHWEITGER, P., 1973: Einfluß von Witterung, Bodeneigenschaften u. pflanzenbaulichen Maßnahmen auf Wasserverstickerung und Mineralstoffauswaschung im Weihenstephaner Lysimeter. Dissertation TU-München Weihenstephan 1973