

Lysimeter-Ergebnisse 1. April 92 bis 31. März 93

Jakob NIEVERGELT, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich

Besprochen werden Wasserhaushalt und Nährstoffauswaschung in zwei Bodenformen im Sommer 1992 und Winter 1992/93 unter Sommerweizen/Winterraps und Zuckerrüben/Brache sowie die Erträge dieser Kulturen.

Die Vegetationszeit 1992 war geprägt durch den warmen und sehr trockenen Mai (30 mm Niederschlag; langjähriges Mittel 92 mm) und den heissen Hochsommer ab Mitte Juli bis Ende August. Die Böden waren ausgangs Winter 1991/92 wie gewohnt mit Wasser bis zur Feldkapazität¹ gesättigt. Unter Sommerweizen sank der **Wassergehalt des Bodens** (durch Wägen bestimmt; Abb. 1) von Anfang April bis Mitte Juni auf ein Defizit von 110 Millimeter gegenüber der Feldkapazität. Danach blieb er mehr oder weniger auf diesem Niveau bis zur Aufsättigung anfangs November.

Später Durst der Zuckerrüben

Die Zuckerrüben erreichen ihren grössten Wasserbedarf viel später als der Sommer-

weizen: Noch Mitte Juli befand sich der Wassergehalt des Bodens nahe bei der Feldkapazität, um dann im Verlaufe von rund 50 Tagen auf ein Defizit von über 200 Millimeter zu fallen. Dabei lag der Tages-Wasserverbrauch von Mitte Juli bis Mitte August bei rund sechs Litern pro Quadratmeter! Die Aufsättigung zur normalen Winterfeuchte erfolgte hier innerhalb von nur 30 Tagen bis Ende November (Abb. 1).

Das frühe Wasserdefizit im Boden verbunden mit einer ungenügenden Bestock-

kung trug vermutlich dazu bei, dass die Erträge des Weizens sehr schwach ausfielen (Tab. 2). Auch für die Zuckerrüben herrschten an den vielen heissen Hochsommertagen keine idealen Wachstumsbedingungen. Dies und die Blattfleckenkrankheit sind Gründe dafür, dass die Frischgewicht- und Zuckererträge mässig bis schlecht ausfielen. Die Relativerträge auf dem Schotterboden betragen bei Zuckerrüben 74 %, bei Sommerweizen 92 % der Erträge auf dem Moränelehm Boden. Im Zehnjahresmittel (verschiedene Kulturen) erreichen die Erträge auf dem Schotterboden 81 % der Moränelehm-Erträge (Nievergelt 1992). In den meisten Jahren entsprach das Ertragsniveau auf der Morä-

Tab. 1. Kulturarten Winter 1991/92 bis Winter 1992/93

	Fruchtfolge A	Fruchtfolge B
Winter 1991/92	Brache	Gründung (Phacelia, Saat: 20.8.1991)
Sommer 1992	Sommerweizen (Frisal, Saat: 11.3.92, Ernte: 6.8.92)	Zuckerrüben (Saat: 3.4.92, Ernte: 29.10.92)
Winter 1992/93	Winterraps (Saat: 4.9.92)	Brache

¹Feldkapazität: Wassergehalt des Bodens drei Tage nach Sättigung durch Niederschläge.

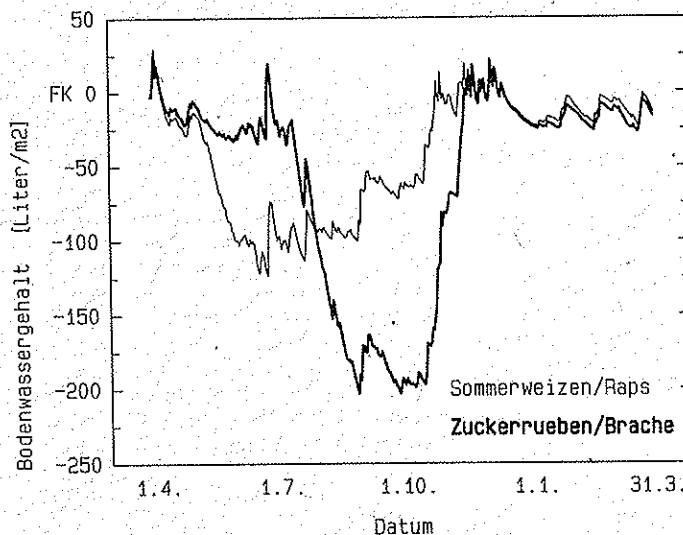


Abb. 1. Der Wassergehalt des Bodens zeigt Wasserbedarfsspitzen von Sommerweizen und Zuckerrüben an. Verlauf des Bodenwassergehaltes vom 1. April 1992 bis 31. März 1993 als Abweichung von der Feldkapazität (FK); Moränelehm-Braunerde. Wägelysimeter der FAP Zürich-Reckenholz.

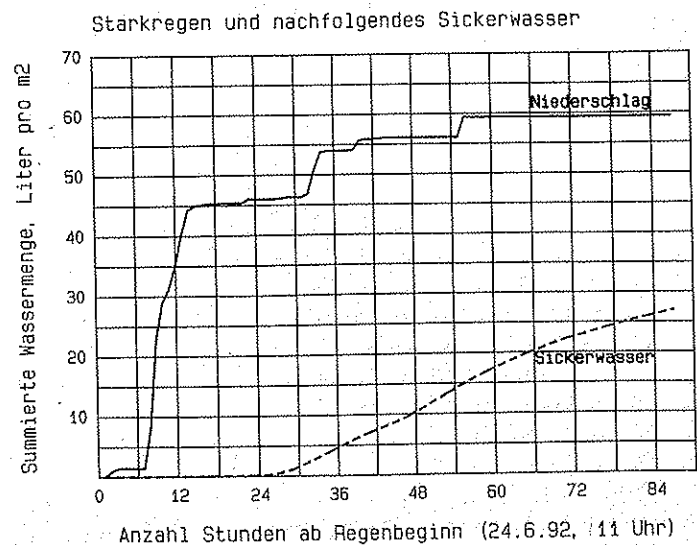


Abb. 2. Landwirtschaftsböden dienen auch dem Hochwasserschutz. Sogar 43 Liter Regen pro Quadratmeter innert sieben Stunden vermag ein durchlässiger und tiefgründiger Boden zu «schlucken». Das Sickerwasser folgt verzögert und viel weniger intensiv als der Starkregen. Niederschlagsereignis vom 24. bis 26.6.92; Zuckerrübe auf Moränelehm-Braunerde. Wägelysimeter der FAP Zürich-Reckenholz.

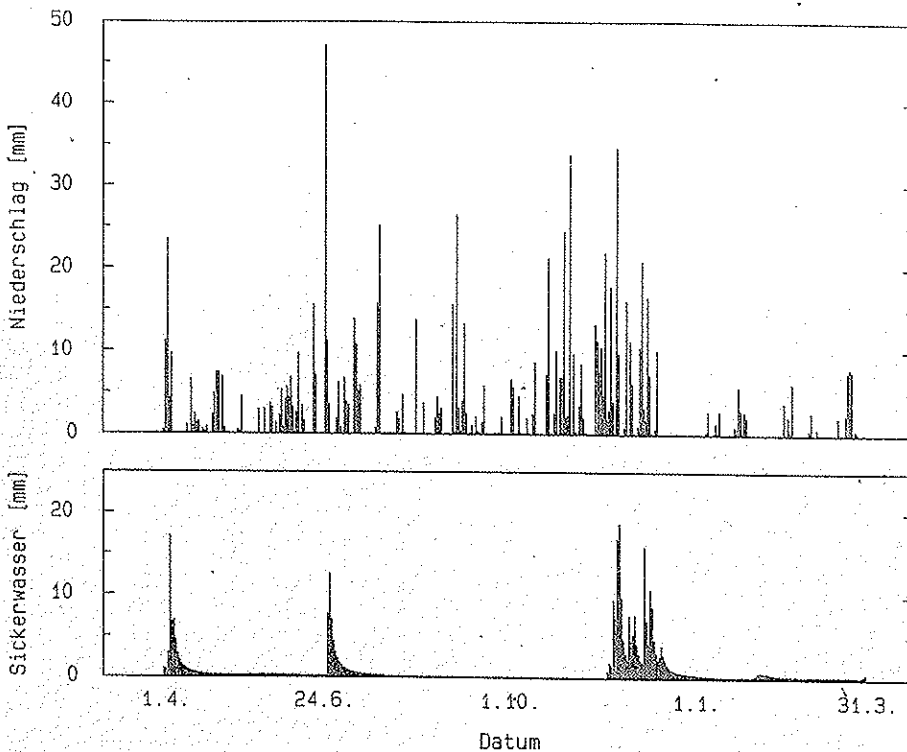


Abb. 3. Typischer Jahresverlauf von Niederschlag und Sickerwasser: Wenig bis kein Sickerwasser im Spätsommer und frühen Herbst. Zuckerrüben/Brache auf Moränelehm-Braunerde. Wägelysimeter der FAP Zürich-Reckenholz.

nelehm-Braunerde mittleren bis guten Felderträgen.

Bewachsener Boden bricht Hochwasserspitzen

Landwirtschaftlich genutzte Böden sind nicht nur die Grundlage der Nahrungsmittelproduktion, sondern sie vermögen auch grosse Mengen überschüssigen Wassers zu speichern. Sie wirken damit als Puffer und schützen uns vor Hochwasser und Überschwemmungen. Diese Funktion bewachsener Böden ist unserer unmittelbaren Anschauung entzogen. Man kann sie

aber sichtbar machen, indem der zeitliche Verlauf des Niederschlags und die Sickerwasserbildung im Lysimeter einander gegenübergestellt wird (Abb. 2 und 3).

Wenn Gewitterregen innerhalb kurzer Zeit riesige Mengen Wasser bringen, so «schluckt» der Boden im Sommer meistens einen grossen Teil dieses Wassers mit seinen Poren. Der Abfluss des überschüssigen Sickerwassers verzögert sich und zieht sich über einen längeren Zeitraum hinweg. Am 24. Juni 1992 fiel innert sieben Stunden die Rekordmenge von 43 Liter Wasser auf einen Quadratmeter Boden. Der Abfluss durch die Bodenporen

verzögerte die Flutwelle um fast einen Tag und dämpfte den maximalen Fluss von 15 auf 0,5 Liter pro Stunde: **Abbildung 2.** Damit «bricht» unversiegelter und gut strukturierter Boden Hochwasserspitzen, er ist das billigste Rückhaltebecken.

Die **Abbildung 3** zeigt den typischen Jahresverlauf des Sickerwassers und damit der Grundwasserneubildung: Im Spätsommer und frühen Herbst bildet sich wenig bis kein Sickerwasser. Ab spätem Herbst bis in den April hinein entspricht die Sickerwassermenge dem Niederschlag mit Brechung von Spitzen und breiterer Verteilung über die Zeit.

Geringe Auswaschung im Sommer

An Sickerwasser kamen im Sommerhalbjahr 1992 zwischen 60 mm und 124 mm zusammen (Tab. 2). Die 124 mm respektive 123 mm Sickerwasser unter Zuckerrüben sind trotz unterdurchschnittlicher Regenmengen mehr als das Mittel von zwölf Sommerhalbjahren. Der Grund: Rund 90 % des Sickerwassers bildete sich in den Monaten April, Mai und Juni, wenn Zuckerrüben einen kleinen Wasserbedarf haben.

Die Sickerwassermengen unter Sommerweizen betragen 76 mm (Schotter) und 60 mm (Moränelehm). Das sind etwas weniger als die Hälfte des zwölfjährigen Mittels der Fruchtfolge A. Als Grund für die Abweichung vom Mittel sind anzuführen der geringe Niederschlag sowie der hohe Wasserbedarf des Getreides im Vorsommer. Rund 80 % des Sickerwassers bildete sich im Verlaufe des Aprils.

Die Auswaschung von Nitratstickstoff durch Sickerwasser wich mit Werten zwischen 4 und 13 kg pro Hektar nicht stark vom zwölfjährigen Mittel (13 kg) des Sommerhalbjahres ab. Von den übrigen untersuchten Nährstoffen – Kalzium, Magnesium und Kalium – sind unter Zuckerrüben durchschnittliche Mengen, unter Sommerweizen nur rund die Hälfte der Durchschnittsmengen ausgewaschen worden.

Es fällt auf (Tab. 2), dass unter Sommerweizen deutlich mehr Stickstoff ausgewaschen wurde als unter Zuckerrüben. In allen Versuchsjahren hat sich gezeigt, dass die Höhe der Stickstoffauswaschung viel stärker durch die Bewirtschaftung, in unserem Versuch die Fruchtfolge, als durch die Sickerwassermenge bestimmt wird. Im vorliegenden Beispiel (1992) betragen die Nitratkonzentrationen aus-

Tab. 2. Sickerwasser, Nährstoffauswaschung, Wasserverbrauch und Ertrag von Zuckerrüben (ZR) und Sommerweizen (SW) in Abhängigkeit von der Bodenform, 1. April 1992 bis 30. September 1992, Niederschlag 490 mm (Norm: 623 mm). Lysimeteranlage FAP Zürich-Reckenholz

Verfahren		Braunerde auf Schotter mässig tiefgründig		Braunerde auf Moränelehm tiefgründig	
		ZR	SW	ZR	SW
Sickerwasser	(mm)	124	76	123	60
Stickstoffauswaschung	(kg N/ha)	4	8	4	13
Kalziumauswaschung	(kg Ca/ha)	73	66	75	54
Magnesiumauswaschung	(kg Mg/ha)	7	5	16	10
Kaliumauswaschung	(kg K/ha)	1,5	0,5	0,6	0,3
Wasserverbrauch	(mm)	498	499	549	470
Körnerertrag 15 % H ₂ O	(dt/ha)		35		38
Frischgewicht	(dt/ha)	403		541	
Zuckergehalt	(%)	14,7		16,0	
Zuckerertrag	(dt/ha)	59,1		86,5	

Tab. 3. Sickerwasser und Nährstoffauswaschung unter Brache (Br) und Winterraps (Ra) in Abhängigkeit von der Bodenform 1. Oktober 1992 bis 31. März 1993, Niederschlag 482 mm
(Norm: 386 mm). Lysimeteranlage FAP Zürich-Reckenholz

Verfahren		Braunerde auf Schotter mässig tiefgründig		Braunerde auf Moränelehm tiefgründig	
		Br	Ra	Br	Ra
Sickerwasser	(mm)	288	328	238	337
Stickstoffauswaschung	(kg N/ha)	20	51	17	100
Kalziumauswaschung	(kg Ca/ha)	236	296	157	388
Magnesiumauswaschung	(kg Mg/ha)	20	26	31	70
Kaliumauswaschung	(kg K/ha)	3,6	3,0	1,2	2,0

Lysimeter-Anlage der Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz

12 wägbare Gefässe von 3,14 m² Oberfläche und 2,5 m Tiefe sind im Freien in den Boden eingelassen. Es sind 4 Verfahren in 3 Wiederholungen angelegt, nämlich 2 zehnjährige Fruchtfolgen auf 2 Bodenformen. Die Bodenform «Schotter» ist eine steinige, mässig tiefgründige Braunerde mit kleinem Wasserspeichervermögen; Körnung: sandiger Lehm. Die Bodenform «Moränelehm» ist eine schwach staunasse, tiefgründige Braunerde mit grossem Wasserspeichervermögen; Körnung: Lehm. – Eine ausführliche Beschreibung der Anlage findet sich in *Landwirtschaft Schweiz* 4 (10), 535-536, 1991.

gangs Winter unter Brache/Sommerweizen ein Vielfaches derjenigen unter Gründüngung/Zuckerrüben. Dabei handelte es sich um Nitratpakete, die von Vorkulturen nicht aufgenommen worden waren. Die Auswaschung der drei anderen Nährstoffe

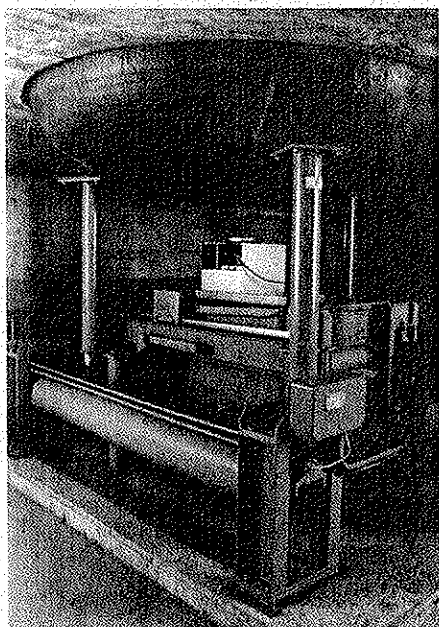


Abb. 4. Aus Gewichtsveränderungen der Lysimeter wird der Wasserverbrauch der Kulturen berechnet. Lysimeterkeller, Wägevorrichtung. (Foto: Gabriela Brändle, FAP)

ist vorwiegend von der Sickerwassermenge abhängig. Dass Magnesium aus der Moränelehm-Braunerde immer in grösseren Mengen ausgewaschen wird als aus der Schotter-Braunerde, kann von den unterschiedlichen Mineralgehalten der zwei Muttergesteinen herrühren.

Wenig Stickstoff-Auswaschung nach Zuckerrüben

Die Niederschläge summierten sich im Winterhalbjahr 1992/93 auf 482 mm oder 125 % des langjährigen Mittels. Die Sickerwassermengen (Tab. 3) unter Winterraps waren mit 328 und 337 Millimetern durchschnittlich, hingegen unter Brache nach Zuckerrüben mit 288 beziehungsweise 238 Millimetern um 15 beziehungsweise 30 % geringer als die Norm. Dies ist als Nachwirkung des trockenen Sommerhalbjahres zu verstehen. Die Auswaschung von Nitrat-Stickstoff unter Zuckerrüben/Brache betrug mit 20 beziehungsweise 17 kg/ha rund 40 % des Mittels von 13 Winterhalbjahren. Sie entspricht damit etwa dem Ergebnis zweier früherer Jahre mit Zuckerrüben. Die anderen drei untersuchten Nährstoffe wurden unter der Brache im Schotterboden in durchschnittlichen Mengen, vom Moränelehm Boden mit rund 70 % der normalen Mengen ausgewaschen. Durchschnittliche Auswaschungsraten verzeichneten wir unter Winterraps auf dem Schotterboden. Auf dem Moränelehm Boden hingegen sind die ausgewaschenen Mengen an Stickstoff, Kalzium und Magnesium überraschend gross. Sie können teilweise erklärt werden mit den schlechten Erträgen und den damit verbundenen geringen Entzügen durch die Vorfrucht Sommerweizen. Beim Nitrat-Stickstoff ist es auch möglich, dass Nitrat-Pakete von früher (1991/92) erst im betrachteten Winter ausgewaschen wurden. Dafür sprechen zwei Gründe: Erstens ist die Moränelehm-Braunerde sehr tiefgründig (zwei Meter

Lehm) und zweitens waren die Sickerwassermengen vom Juli 1991 bis zum Oktober 1992 sehr gering gewesen.

LITERATUR

Nievergelt J., 1992: Wasserverbrauch, Ertrag, Sickerwasser und Nährstoffauswaschung vom 1. April 1989 bis 31. März 1990, *Landw. Schweiz* 5 (6), 307-308.

RÉSUMÉ

Résultats des lysimètres du 1.4.92 au 31.3.93

Les lysimètres pesables de Zurich-Reckenholz portaient dans la période considérée respectivement du blé de printemps/colza d'hiver et des betteraves sucrières/jachère. La diminution maximale des réserves d'eau a été de 110 mm (blé) et de 200 mm (betterave). Cette dernière culture a évapotranspiré une moyenne journalière de 6 mm pendant 30 jours consécutifs. Une pluie intensive le 24 juin 1992 a montré combien les sols cultivés diminuent les risques d'inondation: le flux maximum de 15 mm par heure d'eau de pluie fut réduit en traversant 2 m de sol à 0,5 mm d'eau percolée. Le lessivage des éléments nutritifs a montré des valeurs normales (12 ans de comparaison) sauf sous le colza d'hiver en sol brun morainique. La somme de 100 kg/ha N (nitrate) pour les six mois d'hiver s'explique soit par les rendements bas de la culture précédente soit par des paquets tardifs de nitrate de l'année 91/92 ayant mis du temps à traverser une profondeur de deux mètres.

SUMMARY

Lysimeter results from 1.4.1992 to 31.3.93

Weighing lysimeters at Zurich-Reckenholz were planted in 1992/93 with spring wheat/oilseed-rape and sugar-beet/fallow. Wheat depleted soil-stored water to a deficit of 110 mm, sugarbeet to 200 mm. Sugarbeet evapotranspired at a mean daily rate of 6 mm from mid July to mid August. Heavy rainfall on 24th of June '92 showed how much cultivated soil retains (compared to areas differently used). This reduces the risk of inundations: the maximum flux of 15 mm per hour (rain) decreased to 0.5 mm of soil water percolated under two meters of loam. Nutrients leached at normal rates (12 years of comparison) except those under oilseed-rape on moraine-loam: 100 kg/ha Nitrate-N during the six winter months can be explained partly by the low yield of the preceding crop and partly by late bulks of nitrate of earlier year(s) which took their time to pass the thick layer of loam.

KEY WORDS: Lysimeter, evapotranspiration, leaching, soil water, depletion