

4. Einfluß der Lastverteilung auf die Bodenverdichtung

Bei der Wahl der günstigsten Lastverteilung für Schlepper hoher Leistung sollte aber auch die Bodenverdichtung, die durch die jeweilige Lastverteilung beeinflusst wird, berücksichtigt werden.

Im Bild 11 sind die Druckzwiebeln im Boden — d.h. die Linien konstanter 1. Hauptspannungen σ_1 — für zwei verschiedene Konzepte dargestellt.

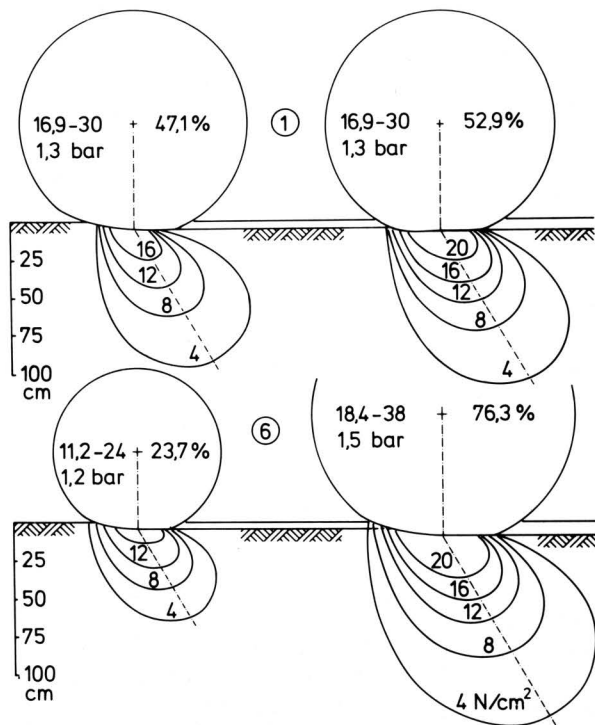


Bild 11. Druckzwiebeln unter angetriebenen Reifen bei gleichem Schleppergewicht, aber unterschiedlicher Achslastverteilung und Bereifung.

Im oberen Teil ist das Konzept III mit einer Achslastverteilung 47,1 : 52,9 wiedergegeben ($M = 7200$ kg). Die Drucklinie von 4 N/cm^2 erreicht hier eine Tiefe von 108 cm, die von 8 N/cm^2 75 cm. Beim Konzept I (unten) mit einer Achslastverteilung 23,7 : 76,3 dagegen wird der Bereich der 4 N/cm^2 -Linie beim Vorderreifen wesentlich kleiner, beim Hinterreifen jedoch erreicht er eine Tiefe von 135 cm, die 8 N/cm^2 -Linie erreicht 90 cm.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit zunehmenden Schlepperleistungen und -gewichten zunächst der Übergang zum Allradantrieb vollzogen werden muß, wie es je nach Bodenart und Anteil schwerer Zugarbeiten zwischen 30 und 70 kW in der Tat der Fall ist. Eine weitere Steigerung der Leistung und des Gewichts erfordert mit Rücksicht auf die zulässige maximale Reifenbreite beim Fahren in der Furche eine Verlagerung der Last nach vorne und somit größere und breitere Vorderreifen bis hin zu zunächst gleichbreiten Reifen bei kleinerem Durchmesser der Vorderräder und dann zu in Breite und Durchmesser gleichen Reifen.

Die Messungen haben gezeigt, daß bei ähnlichen bzw. gleichen Reifen vorne und hinten Kraftübertragung und Bodenverdichtung nur dann im günstigen Bereich liegen, wenn gewährleistet wird, daß die Vorderachslast sich im Bereich von 45–50 % der Gesamtlast bewegt.

Bei großem Schlupf wurde allerdings die Spur hinter dem vorderen Reifen teilweise mit gelockertem Boden aus den Stollennuten angefüllt, so daß der Multipasseffekt verringert wurde. Vorn sollte man also Reifen mit geringerer Stollenhöhe (etwas abgenutzt) und hinten Reifen mit größerer Stollenhöhe einsetzen.

Schrifttum

- [1] Söhne, W.: Entwicklungstendenzen und -möglichkeiten bei Allrad Schleppern. Landtechnik Bd. 35 (1980) Nr. 4, S. 156/61.
- [2] Steiner, M.: Analyse, Synthese und Berechnungsmethoden der Triebkraft-Schlupf-Kurve von Luftreifen auf nachgiebigem Boden. Diss. TU München 1979.

Einfluß der Beregnung auf den Boden

Von Dirk Antonie Liefstink, Wageningen*)

DK 631.347:631.434:531.6

Die Steigerung der Flächenleistung und Herabsetzung des Arbeitsaufwandes sind Ziele bei der Weiterentwicklung der Beregnungstechnik. Ein Weg zu diesen Zielen führt über die Steigerung der Wurfweite des Einzelregners. Es ergibt sich dabei die Frage, wie sich die Wurfweite auf die für die Beregnung wichtigen Größen, die gleichmäßige Wasserverteilung über der Fläche und die Beeinflussung der Bodenstruktur auswirkt.

Durch Bestimmen der Beregnungshöhe, der mittleren Tropfengröße und der kinetischen Energie der Tropfen in Abhängigkeit von der Wurfweite bei einem Schwachregner und einem Mittelstarkregner trägt diese Arbeit zur Lösung wichtiger Fragen bei.

*) Ing. D.A. Liefstink ist technischer Mitarbeiter im Institut für Landmaschinen, Wageningen, Niederlande.

1. Einleitung

Mit der Beregnung können in einem trockenen Frühjahr zur Zeit der Samenkeimung gute Erfolge erzielt werden. Zu dieser Zeit ist der Boden jedoch noch nicht von einem "Blätterdach" der Pflanzen bedeckt und hinsichtlich der Bodenverschlämmung sehr empfindlich für einen Beregnungseinsatz. Die Gefahr der Bodenverschlämmung ist nicht nur abhängig von der Beregnungsintensität, sondern auch vom jeweiligen Bodenzustand bzw. der Bodenstruktur.

Das Problem der Bodenbeeinflussung muß daher von zwei Seiten betrachtet werden:

- Von der Seite der Beregnung ist zu klären, wie stark und über welche Faktoren die Beregnung den Boden beeinflussen kann – Erosionswirkung;
- Von der Bodenseite ist zu untersuchen, wie die Empfindlichkeit des Boden bei der Beregnung einzuschätzen ist – Erosionsempfindlichkeit.

2. Einflußgrößen der Beregnung

Einige spezifische Nachteile des Starkregners sind:

- Windempfindlichkeit
- ungleichmäßige Wasserverteilung
- Abspülen oder ein zu geringes Durchfeuchten z.B. von Kartoffeldämmen
- Bodenbeeinflussung, speziell bei empfindlichen Bodenarten.

Die Ursachen für die unter a) bis d) aufgezählten Punkte sind dabei hauptsächlich:

- Die Wurfhöhe des Regners ist zu groß;
- Der Wasserdruck ist zu niedrig oder der Regnersektor ist falsch eingestellt;
- Die Beregnungsintensität (mm/h) ist zu hoch, so daß es zum oberirdischen Abfluß kommen kann;
- Die Energie der herabfallenden großen Tropfen ist zu hoch; (Es ist bekannt, daß die Energie der aufprallenden Tropfen für die Bodenverschlammung eine wichtige Rolle spielt).

Der natürliche Niederschlag variiert hinsichtlich der Tropfengröße vom Dunst (0,01 mm) bis zum Wolkenbruch (bis ca. 6 mm),

Tafel 1. Regentropfen, die größer als 5,4 mm sind, sind nicht stabil und können abhängig von der Relativgeschwindigkeit zur umgebenden Luft in weitere kleinere Tropfen zerfallen. Tropfengrößen kleiner als 4,6 mm bleiben dagegen stabil, auch wenn sich die Relativgeschwindigkeit ändert.

Vom Einfluß auf die Tropfengeschwindigkeit und damit auf die Energie beim Auftreffen der Tropfen auf den Boden ist auch die Tropfenform. Tropfen, die im Fall größer als 1 mm sind, ändern noch ihre Form wegen der geschwindigkeitsabhängigen Kräfte der Luft auf den Tropfen. Die Form ist abwechselnd kugelig, eiförmig oder abgeplattet eiförmig.

Die Fallgeschwindigkeit steigt mit der Fallhöhe bis zu einem maximalen Wert an, s. Tafel 1. Die Tropfendurchmesser und die Fallgeschwindigkeit bestimmen die Energie, mit der die Tropfen auf den Boden aufprallen. Diese Energie ist ein Maß für die erodierende Wirkung auf den Boden. Die kinetische Energie eines Tropfens $E_T = m_T v_T^2 / 2$ kann berechnet werden, wenn der Tropfendurchmesser d_T – und damit die Tropfenmasse m_T – sowie die Tropfengeschwindigkeit v_T bekannt sind.

Niederschlag	Niederschlagsintensität mm/h	mittlerer Tropfendurchmesser mm	Fallgeschwindigkeit m/s	Anzahl der Tropfen 1/(m ² s)	kinetische Energie J/(m ² h)
Dunst	0,013	0,01	0,003	6896500	$5,9 \cdot 10^{-8}$
Nebel	0,05	0,10	0,021	27018	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Feinregen	0,25	0,96	4,1	150	2,2
leichter Regen	1	1,24	4,8	280	12
Regen	3,8	1,60	5,7	495	62
Starkregen	15	2,05	6,7	924	$3,4 \cdot 10^2$
sehr starker Regen	41	2,40	7,3	1573	$1,1 \cdot 10^3$
Wolkenbruch	100	2,85	7,9	2292	$3,3 \cdot 10^3$
Wolkenbruch	100	4,00	8,9	828	$4,0 \cdot 10^3$
Wolkenbruch	100	6,00	9,3	245	$4,4 \cdot 10^3$

Tafel 1. Kinetische Energie und Anzahl der Tropfen bei verschiedenen Niederschlägen.

Die Schwierigkeit besteht darin, die bei der Beregnung auftretenden maßgeblichen Werte von Tropfendurchmesser und Tropfengeschwindigkeit zu ermitteln bzw. während der Beregnung zu messen. Zu diesem Zweck wurde in Zusammenarbeit zwischen der Universität Amsterdam und dem IMAG (Institut für Mechanisierung, Arbeit und Gebäude) in Wageningen ein Gerät entwickelt, mit dem es möglich ist, den Impuls beim Auftreffen der Tropfen auf den Boden zu messen, **Bild 1**. Dieses Gerät hat eine piezoelektrische Scheibe von 50 mm Durchmesser, mit der mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird, so daß mit Hilfe eines Oszilloskops oder eines Direktschreibers die Impulse sichtbar werden, **Bild 2**.

Das Gerät wurde für die Impulsmessung kalibriert mit vier verschiedenen Tropfengrößen (Masse der Tropfen 10,90; 29,67; 59,15 und 93,96 mg) bei Fallhöhen von 0,25 bis 11 m.

Ist durch Messung der Tropfenimpuls I_T bekannt, so kann nach der Beziehung

$$I_T = \int K dt = m_T v_T$$

(mit K als Kraft auf die Scheibe und t für die Zeit) die zweite Größe aus dem Produkt $m_T v_T$ berechnet werden, wenn eine der Größen, die Tropfenmasse oder die Tropfengeschwindigkeit, aus einer anderen Messung bekannt ist.



Bild 1. Gerät zum Messen des Impulses von Tropfen.

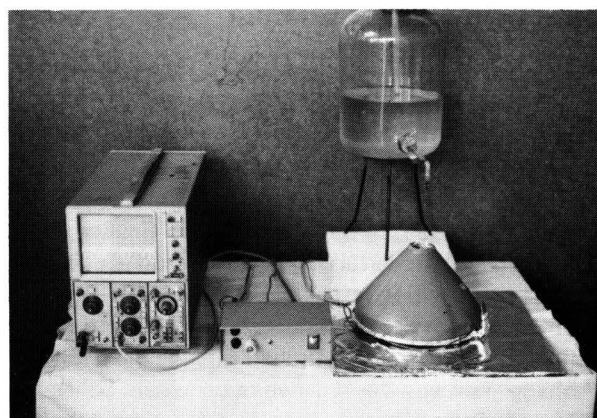


Bild 2. Anordnung zur Messung des Impulses von Tropfen mit einem Oszilloskop.

Zur Bestimmung der Tropfendurchmesser wurden die Tropfen in einer mit Öl gefüllten Glasschale aufgefangen, fotografiert und gemessen. Diese Meßmethode wurde 1977 vom IMAG entwickelt. Aus solchen Meßergebnissen sind für die weiteren Arbeiten die mittleren Tropfendurchmesser (d_{D50}) und die Durchmesser der großen Tropfen (d_{D90}) berechnet. D90 bedeutet, daß 90 % der Tropfenmasse von Tropfen gebildet werden, die diesen oder einen kleineren Durchmesser haben.

Wenn aus diesen Messungen der mittlere Tropfendurchmesser und aus dem Impuls die mittlere Fallgeschwindigkeit bestimmt sind, so lassen sich weitere Größen, wie die mittlere Tropfenoberfläche A_T , das mittlere Tropfenvolumen V_T und die mittlere Energie der Tropfen E_T , leicht berechnen. Die Zahl der Tropfen pro Zeiteinheit und Einheit der Bodenoberfläche ist zu berechnen mit den Beziehungen:

$$n = 10^6 I/V_T,$$

wenn n in $1/(m^2h)$, Beregnungsintensität I in mm/h und V_T in mm^3 , und mit:

$$n = \frac{10^3 I}{3,6 V_T},$$

wenn n in $1/(m^2s)$ angegeben wird.

Die gesamte Energie der Tropfen, bezogen auf die Zeiteinheit und die Einheit der Bodenoberfläche, ergibt sich aus:

$$E_{ges} = n E_T$$

oder aus:

$$E_{ges} = I \rho v_T^2/2$$

mit E_{ges} in $J/(m^2/h)$, I in mm/h , Dichte der Tropfen ρ in mg/mm^3 und v_T in m/s .

Die nach diesen Beziehungen berechneten Werte für verschiedene Niederschläge sind in Tafel 1 angegeben.

Für entsprechende Untersuchungen an Regnern wurden zwei verschiedene Regner eingesetzt: der Schwachregner Perrot ZB22 mit zwei Düsen $\phi 5,2$ mm und $\phi 2,4$ mm und der Mittelstarkregner Komet 163 mit einer Düse, hier vorzugsweise $\phi 12$ mm.

Als Parameter wurden der Druck am Regner und beim Komet 163 auch die Düsenweite mit in die Untersuchung einbezogen. Gemessen wurde die Beregnungshöhe, die Tropfengröße und die Tropfenenergie in Abhängigkeit von der Wurfweite, wozu die Meßvorrichtungen auf einem Radius des beregneten Kreischnitts plaziert wurden. Die Ergebnisse der Messungen sind in Bild 3 bis 6 dargestellt.

Bild 3 gibt die mit Regenmessern gemessene Regenhöhe in Abhängigkeit von der Wurfweite wieder. Eine recht gleichmäßige Verteilung ergibt sich für den Schwachregner bei Drücken > 3 bar, für den Mittelstarkregner bei Drücken > 5 bar (zu beachten ist die unterschiedliche Teilung der Abszisse in den Bildern).

Die Tropfengröße in Abhängigkeit von der Wurfweite, Bild 4, wird charakterisiert durch den 50 %-Wert der Summenverteilung (mittlerer volumetrischer Durchmesser), jeweils oben angeordnet und mit 50 % gekennzeichnet, und den 90 %-Wert der Durchgangs-Summenverteilung, mit 90 % bezeichnet und jeweils unten angeordnet. Aus Bild 4 ist zu sehen, daß in der Nähe des Regners kleine Tropfen und am Ende der Wurfweite große Tropfen fallen. Die Tropfenbildung ist weitgehend vom Druck am Regner abhängig. Eine gute Tropfenbildung findet bei kleinen Düsenweiten bei einem Druck von mindestens 3 bar statt. Die Tropfenbildung ist bei Mittelstarkregnern erst ab 5 bar Druck gut.

Zusammenfassend kann für die Tropfendurchmesser festgestellt werden, daß bis zu einer Düsenweite von 6 mm ein Druck von minimal 3,5 bar ausreicht. Mittelstarkregner sollten 5 bar Druck an der Düse haben. Hier nicht dargestellte Messungen mit den Düsenweiten $\phi 8$ mm und $\phi 10$ mm beim Mittelstarkregner ergaben hinsichtlich der Tropfengrößen unbefriedigende Ergebnisse.

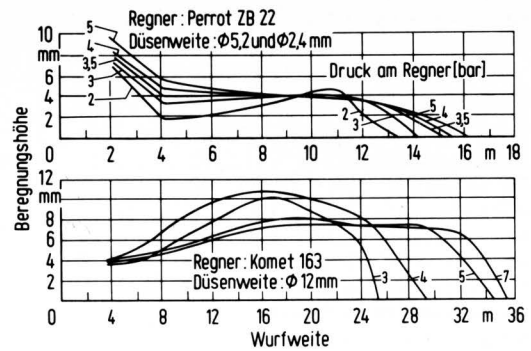


Bild 3. Wasserverteilung, dargestellt als Beregnungshöhe in Abhängigkeit von der Wurfweite, für zwei verschiedene Regner bei unterschiedlichem Druck.

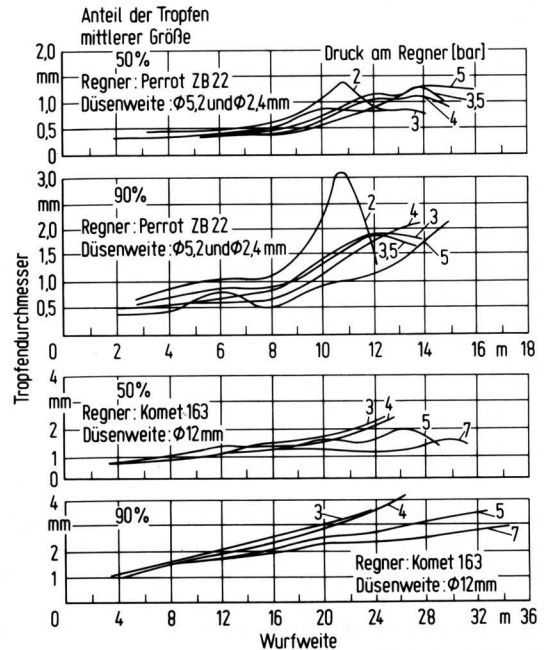


Bild 4. Tropfengröße in Abhängigkeit von der Wurfweite, dargestellt durch den mittleren Tropfendurchmesser d_{D50} jeweils oben und den Durchmesser großer Tropfen d_{D90} jeweils unten für den Schwachregner Perrot ZB22 und den Mittelstarkregner Komet 163.

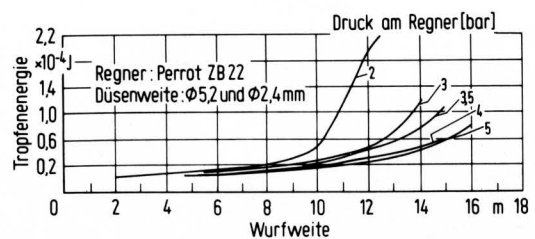


Bild 5. Mittlere Tropfenenergie in Abhängigkeit von der Wurfweite bei unterschiedlichem Druck; Schwachregner.

Das spiegelt sich wider in Bild 6, das für verschiedene Düsenweiten und Drücke die örtliche mittlere Tropfenenergie in Abhängigkeit von der Wurfweite darstellt. Eine geringe mittlere Tropfenenergie bei großer Wurfweite ist demnach für den Mittelstarkregner nur bei den Düsenweiten $\phi 12$ mm und $\phi 14$ mm bei Drücken > 5 bar zu erreichen. Die mittlere Tropfenenergie beim Schwachregner, Bild 5, ergibt für Drücke > 3 bar im Vergleich zum Mittelstarkregner niedrigere Werte.

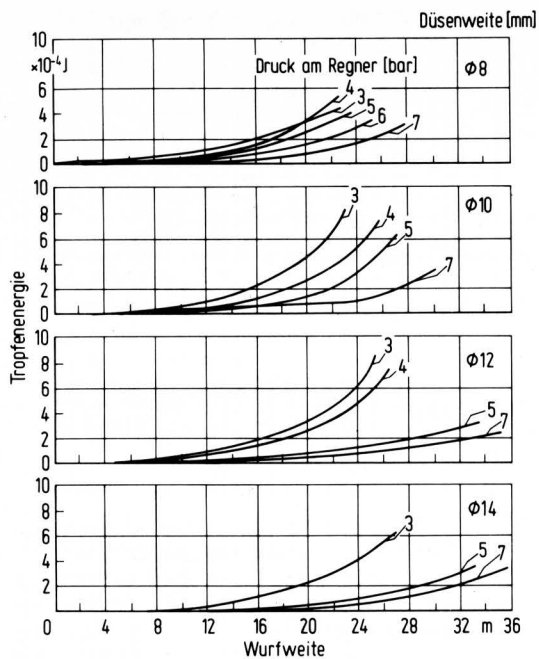


Bild 6. Mittlere Tropfenenergie in Abhängigkeit von derwurfweite bei unterschiedlichem Druck und unterschiedlicher Düsenweite des Mittelstarkregners.

3. Einfluß der Beregnung auf den Boden

Es gibt viele Variationen von Bodenarten und Bodenzusammensetzungen. In diesen Versuchen ging es in erster Linie darum, einen Eindruck vom Verhalten verschlammempfindlicher Böden zu bekommen, wenn sie beregnet werden, austrocknen und wieder beregnet werden mit verschiedenen Tropfendurchmessern und Wassermengen.

Diese Versuche mußten wegen der nassen Witterung des Jahres 1979 in einem Labor durchgeführt werden.

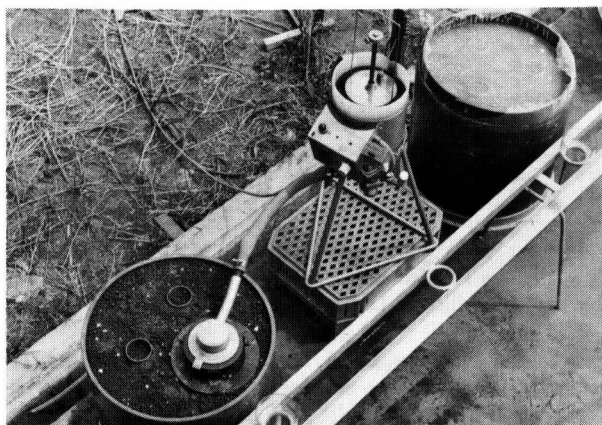


Bild 7. Meßbehälter mit Vorrichtung zum Messen der Luftdurchlässigkeit von Böden nach der Methode von *Kmoch*.

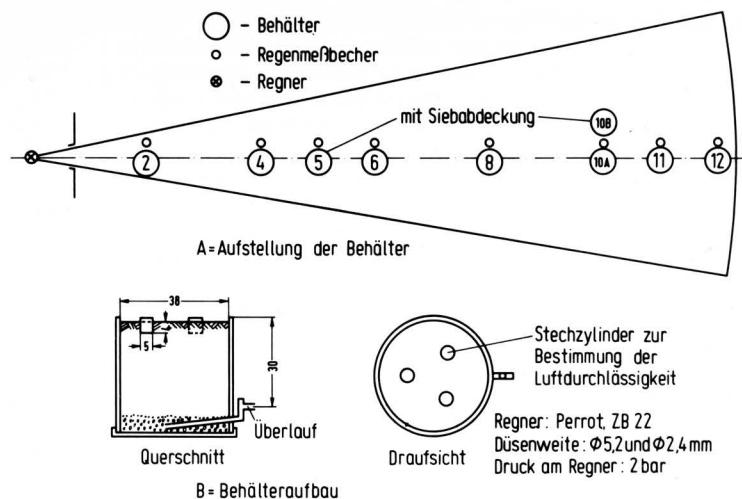


Bild 8. Aufstellung der Behälter (Maßstab etwa 1 : 50) und Konstruktion der Bodenbehälter.

Für die Versuche wurden runde Behälter (ϕ 380 mm) mit einem homogenen verschlammempfindlichen Gley (12 % Ton) gefüllt. Für das spätere Messen der Luftdurchlässigkeit wurden beim Befüllen der Behälter Steckzylinder miteingebaut. Die Luftdurchlässigkeit des Bodens kann gut als Maßstab für die Verschlämmung herangezogen werden und wird hier mit einem Luftpermeameter nach *Kmoch* gemessen, **Bild 7**. Die Probenbehälter und die Regenmesser wurden auf einem Radius aufgestellt, **Bild 8**. Um festzustellen, ob die Luftdurchlässigkeit nur von der Bodenfeuchte oder auch von der Energie des fallenden Wassers beeinflusst wird, wurden die Behälter 5 und 10 B mit einer Feingaze (Siebabweckung) abgedeckt. Zum Beregnen der Behälter wurde der Perrot Regner ZB22 mit Düsen ϕ 5,2 mm und ϕ 2,4 mm eingesetzt. Dieser Regner hat bei einem Druck von 2 bar eine große Variationsbreite der Tropfengrößen und auch eine ziemlich gute Wasserverteilung.

Die Messungen zur Luftdurchlässigkeit des Bodens wurden nach einer Beregnungszeit von 0,25; 0,75; 2; 4; 8 und 12 Stunden durchgeführt und später, nachdem der Boden 1, 4 und 8 Tage abgetrocknet war. Nach dem Abtrocknen (nach 8 Tagen) und dem Messen der Luftdurchlässigkeit wurde der gleiche Boden nochmals für 1,5 Stunden beregnet und anschließend wiederum die Luftdurchlässigkeit bestimmt. In **Tafel 2** sind die Meßergebnisse zusammengefaßt, die Luftdurchlässigkeit ist in **Bild 9** graphisch dargestellt. Als wichtigste Erkenntnisse lassen sich für diesen Fall ableiten:

- Beregnet mit kleinen Tropfen (Behälter in der Nähe des Regners) gibt keine Probleme bei der Bodenverschlämmung, solange die Bodenfeuchte nicht zu hoch ist;
- Bei Wassergaben über 15 mm kann Oberflächenwasserbildung auftreten (Bodenverformung);
- Bodenverschlämmung tritt verstärkt mit zunehmender Tropfenenergie auf. Die kinetische Energie der Tropfen ist für die Verschlämmung des Bodens stärker bestimmend als die Bodenfeuchte (Vergleich der Behälter 10 A und 10 B);
- Die Schwelle der Erosionsempfindlichkeit des Bodens von $2 \cdot 10^{-5}$ J wurde von den Tropfen des Regners überschritten.

Abschnitt	Behälter Nr.										Temperatur	
	2	4	5	6	8	10 A	10 B	11	12			
A. Luftdurchlässigkeit bei 10 °C (mm/h)												
0	Vor der Beregnung	511	653	555	511	637	719	723	818			25 °C
I	bei der Beregnung nach 0,25 h	530	734	566	588	741	659	566	670	637		25 °C
II	0,75 h	498	619	501	508	562	558	428	558	566		37 °C
III	2 h	410	660	494	509	491	305	366	206	503		40 °C
IV	4 h	364	559	426	417	110	49	296	3,98	277		40 °C
V	8 h	312	444	370	381	2,34	0,32	198	1,38	54		27 °C
VI	12 h	272	365	336	260	1,53	0,77	154	0,69	1,05		37 °C
beim Abtrocknen des Bodens nach												
VII	1 Tag	—	372	377	305	1,64	0,35	119	0,13	—		30 °C
VIII	4 Tagen	—	483	474	489	329	340	334	329	289		27 °C
IX	8 Tagen	—	536	521	467	310	328	363	334	290		20 °C
bei nochmaliger Beregnung nach												
X	1,5 h	—	654	617	515	16,9	0,46	66,80	0,33	3,6		30 °C
B. Feuchtegehalt des Bodens (Volumenanteil in %)												
0	Datum	Uhrzeit										
I	20.6.	6.45–7.00	7,35	5,75	5,54	7,10	6,18	7,08	7,65	6,38	6,08	
II		9.05–9.35	15,26	8,91	8,55	8,79	10,61	12,60	12,10	11,70	8,64	
III		11.45–13.00	20,09	14,43	10,22	11,60	15,62	17,96	18,20	17,79	12,55	
IV		14.55–16.55	23,54	20,83	17,59	19,02	21,78	23,05	23,44	22,17	21,49	
V		18.15–22.15	25,79	23,54	22,08	23,43	23,13	23,86	24,13	23,60	23,70	
VI	21.6.	5.50–9.50	24,64	22,95	23,20	22,41	25,17	24,15	25,90	23,63	23,35	
VII	22.6.	15.00	22,36	19,41	15,77	16,92	20,63	22,22	21,46	20,95	22,97	
VIII	25.6.	15.00	16,23	8,61	7,71	9,23	10,40	10,64	17,81	10,75	10,73	
IX	29.6.	12.00	15,9	7,9	6,38	7,8	11,5	15,0	14,5	15,1	14,1	
X	29.6.	12.30–14.00	24,6	17,7	15,9	16,8	23,1	23,2	27,5	22,6	15,7	
C. Wassergaben (mm)												
nach I			1,26	0,59	0,40	0,40	0,61	0,87	0,87	0,87	0,40	
II			3,79	1,76	1,20	1,20	1,83	2,62	2,62	2,62	1,20	
III			10,1	4,7	3,2	3,2	4,9	7,0	7,0	7,0	3,2	
IV			20,1	9,9	7,0	7,0	10,3	14,2	14,2	13,6	5,6	
V			43,0	21,9	15,9	15,9	23,1	29,8	29,8	28,9	14,3	
VI			67,8	34,7	24,6	24,9	36,2	45,4	45,4	45,8	23,3	
X			12,0	6,8	4,3	4,3	5,9	7,5	7,5	9,2	4,3	

Tafel 2. Luftdurchlässigkeit, Feuchtegehalt und Wassergabe in verschiedenen Stadien des Versuchsablaufs (Dichte des Bodens 1,15 g/cm³).

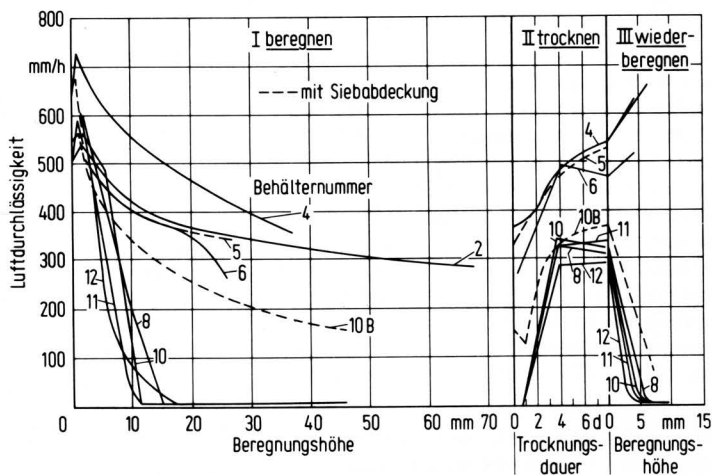


Bild 9. Luftdurchlässigkeit des Bodens in den verschiedenen Behältern im Verlauf der Beregnung, beim Abtrocknen des Bodens und nach Wiederbefechten.

4. Ansätze zur Verbesserung der Beregnung

Die heute eingesetzten Beregnungsmaschinen können durch Ausrüstung des Regnerwagens mit einem Ausleger, auf dem mehrere kleinere Regner oder Sprühdüsen installiert sind, das Problem der hohen Tropfenenergie besser lösen. Damit verbunden ist auch eine bessere Wasserverteilung bei höheren Windgeschwindigkeiten. Diese letzte Entwicklung hat den weiteren Vorteil, daß mit dieser Art der Wasserverteilung kleine Tropfen mit wenig Energie ausgebracht werden können.

Für Versuche wurde ein Regnerwagen mit Ausleger und Sprühdüsen eingesetzt. Die Böden, die im Labor wie auch unter Feldbedingungen beregnet wurden, zeigten bis 25 mm Beregnungshöhe keine Bodenverschlammung. Bei einem Druck von 2 bar an der Düse ist die Wasserverteilung, auch noch bei Seitenwind bis 6 m/s, als sehr gut zu bewerten (es wurde eine Abweichung von der mittleren Beregnungshöhe von $\pm 15\%$ zugelassen). Die beregnete Fläche wird durch Seitenwind um 4 m verschoben. Neben den genannten Vorteilen – gute Wasserverteilung, keine Verschlammung – benötigt man im Vergleich zum Starkregner wesentlich weniger Energie für die Wasserförderung. Ein Nachteil gegenüber dem Starkregner besteht darin, daß die Flächenleistung des Regnerwagens mit Ausleger kleiner ist und daß für die Auf- und Abbauarbeiten mehr Zeit benötigt wird.

Eine holländische Firma hat bereits einen handhabbaren Regnerwagen mit Ausleger gebaut. Die nutzbare Arbeitsbreite beträgt bisher 25 m. Vielleicht ist es in der Zukunft möglich, Ausleger mit einer größeren Arbeitsbreite zu bauen. Die Ausleger, die mit mehreren Schwachregnern ausgerüstet sind, wurden bisher noch nicht untersucht. Wahrscheinlich bringen auch diese Geräte eine Verbesserung gegenüber einem Starkregner.

Diese ersten Versuche zeigen Ansatzpunkte für die Verbesserung der Wasserverteilung und werden intensiv fortgeführt.

5. Zusammenfassung

Beim Beregnen bestimmt die kinetische Energie der Tropfen in großem Maß die Schwierigkeiten mit der Bodenstruktur. Bei verschlammempfindlichen Böden muß die Beregnung dem Boden angepaßt werden, d.h. es ist mit kleinen Tropfendurchmessern und mit kleinen Fallhöhen zu beregnen, um die Tropfenenergie zu begrenzen. Auch die Beregnungshöhe muß dann beschränkt werden.

Auf einem gut durchlässigen Boden ist das Problem der richtigen Beregnungshöhe nicht so groß, aber auch hier kann sich durch eine zu große Tropfenenergie eine Strukturveränderung des Bodens ergeben. Ist der Boden völlig mit Pflanzen bewachsen, z.B. bei Mais, so spielen die Probleme der Aufprallenergie keine Rolle. Es bleibt aber auch dann die Forderung nach einer guten Wasserverteilung.