

**Beitrag zur Methodik der  
Diagnostizierung verdichteter Bodenhorizonte und  
Ergebnisse von Untergrundlockerungsversuchen  
auf schweizerischen Ackerböden**

VON DER  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG  
DER WÜRDE EINES DOKTORS DER  
TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE  
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

**OTTO BUESS**  
DIPL. INC.-AGR., VON WENSLINGEN  
(KT. BASELSTADT)

*Referent: Herr Prof. Dr. F. T. Wahlen  
Korreferent: Herr Prof. Dr. H. Deuel.*

## Zusammenfassung

1. Die bisherige Untersuchungsmethodik hat sich in bezug auf die physikalischen Grundkonstanten des Bodens vornehmlich mit der Bestimmung des Porenvolumens sowie der Luft- und Wasserkapazität begnügt, der direkten Luftdurchlässigkeitsmessung aber wenig Beachtung geschenkt.

2. Dem Lufthaushalt der Wurzelzone unserer Kulturpflanzen kommt eine überragende Bedeutung zu. Um verschiedene Bodenschichten auf ihre Durchlüftung prüfen zu können, haben wir einen Apparat konstruiert, mit dessen Hilfe sich die Luftdurchlässigkeit des Bodens ermitteln lässt.

3. Unser Luftdurchlässigkeitsmesser arbeitet nach dem Prinzip, dass ein über der zu messenden Bodenschicht gegebener Luftstrom je nach der Bodendurchlässigkeit stärker oder schwächer gestaut wird. Der ermittelte Staudruck ergibt ein Mass für die Luftdurchlässigkeit.

4. Die Luftdurchlässigkeit ist vom Wassergehalt des Bodens abhängig. Enthält der zu messende Boden weniger als 25% Wasser, so beeinflussen kleinere Differenzen im Wassergehalt verschiedener Messstellen den Staudruck nur wenig. In solchen Fällen zeigen Druckdifferenzen Unterschiede in der Bodenstruktur an. Der Luftdurchlässigkeitsmesser hat sich diesbezüglich als empfindliches Instrument zum Erkennen von verdichteten Bodenhorizonten erwiesen.

5. Zwischen den Staudruckwerten und den Werten der Luftkapazität besteht eine Korrelation nichtlinearer Natur. Es ist möglich, mit dem Bestimmen der Luftdurchlässigkeit Anhaltspunkte über die Luftkapazität der gemessenen Böden zu gewinnen.

6. Untersuchungen auf den Lösslehmböden bei Würenlingen haben ergeben, dass dort weder Furchensohlen noch allgemeine Bodenverdichtungen vorkommen.

7. Auf den schweren Lehm- und Tonböden des Fricktales zeigten von 23 geprüften Böden deren 13 Furchensohlen oder allgemeine Verdichtungen.

8. Weitere Messungen in verschiedenen Landesteilen der Schweiz, die weniger extreme Bodenverhältnisse als das Fricktal aufweisen, ergaben, dass Horizontverdichtungen in unseren Ackerböden sehr selten vorkommen.

9. Infolge der Press- und Schlupfwirkung von Traktorrädern wird beim Pflügen die Luftdurchlässigkeit des Furchenbettes stark vermindert. Die Pressschicht kann dank ihrer geringen Mächtigkeit durch einfache Spurlockerer zum Verschwinden gebracht werden.

10. Mais, Sonnenblumen und weisser Senf ergaben auf künstlich gedichtetem Boden auffallende Wurzelabnormitäten, während im gleichen Versuch bei Zuckerrüben keine Differenzen auftraten. Der künstlich gedichtete Boden hatte sein hohes Porenvolumen beharrlich beibehalten, während die Luftdurchlässigkeit stark reduziert war.

11. Auf fünf Landwirtschaftsbetrieben wurden während dreier Jahre Untergrundlockerungsversuche mit verschiedenen Geräten durchgeführt. Die Ertragshebungen ergaben, dass weder bei Hackfrüchten noch Getreide Mehrerträge durch Tieflockerung erzielt werden konnten. Die Resultate der physikalischen Bodenuntersuchungen zeigten nur in wenigen Fällen Strukturdifferenzen zwischen den untergrundgelockerten Parzellen und den Kontrollen.

12. Der Mehrbedarf an Zugkraft beim kombinierten Pflügen und Untergrundlockern betrug im Durchschnitt aus zehn Versuchen 34%.

## Sommaire

1. Les méthodes de recherches mises en œuvre jusqu'ici ont visé à déterminer les caractères physiques essentiels des sols, notamment le volume des pores ainsi que la capacité à l'air et à l'eau; on ne s'est pas attaché à mesurer de manière immédiate la perméabilité effective à l'air des terrains.

2. La présence de l'air joue un rôle prépondérant dans la zone des racines des plantes cultivées. Nous avons construit un appareil permettant d'établir la perméabilité d'un sol, dans le but de déterminer l'aération des différentes couches de terrain.

3. Notre appareil est basé sur le principe de la résistance variable opposée à un courant d'air pénétrant dans une couche de terre plus ou moins compacte. Cette résistance se manifeste par une compression de l'air proportionnelle à l'obstacle formé par le sol, dont il est ainsi possible de déterminer la perméabilité.

4. La perméabilité à l'air d'un sol dépend de sa teneur en eau. Lorsque le sol examiné contient moins de 25% d'eau, de faibles variations de la teneur en eau n'exercent pas d'influence notable sur la compression de l'air insufflé en des points différents du terrain. Les différences enregistrées dans ces conditions sont dues à des variations dans la structure du terrain envisagé. L'appareil à déterminer la perméabilité des sols s'est révélé fort précis pour déceler la présence d'horizons compacts.

5. Il existe une corrélation non linéaire entre les valeurs de la capacité à l'air d'un terrain et les pressions résultant de l'insufflation d'air, enregistrée par l'appareil. La détermination de la perméabilité d'un sol à l'air fournit des données permettant d'établir la capacité à l'air du terrain.

6. Des essais entrepris dans la région de Würenlingen, sur des glaises lössiques, permettent de constater l'absence dans ces terrains de formations compactes, consécutives à la pression du soc de charrue, comme aussi de tout tassement en général.

7. Parmi les terrains lourds, argileux ou riches en glaise du Fricktal, 13 des 23 sols étudiés révèlent la présence de formations compactes, consécutives à la pression du soc de charrue, ainsi qu'un tassement général du terrain.

8. D'autres mensurations effectuées dans diverses parties de la Suisse, bénéficiant de conditions pédologiques moins extrêmes que celles du Fricktal, permettent de constater que nos sols arables ne manifestent que très rarement des tassements d'horizon.

9. La compression et le tassement du terrain provoqués par les roues de tracteur entraînent, lors des labours, une réduction considérable de la perméabilité à l'air de la partie profonde des sillons. Cette zone comprimée demeure cependant de faible étendue et peut être facilement ameublie au moyen d'une simple sous-soleuse.

10. Les racines de maïs, de tournesol et de moutarde blanche, prises dans un terrain artificiellement comprimé, montrent des anomalies frappantes. On n'a pas constaté de malformations analogues sur les racines de betteraves sucrières soumises aux mêmes conditions. Le sol artificiellement comprimé conserve son volume poreux élevé, alors que sa perméabilité à l'air se trouve fortement réduite.

11. Une série d'essais d'ameublissement des terrains en profondeur, entrepris avec divers instruments, durant trois ans, dans cinq exploitations agricoles, ne

permirent pas d'enregistrer d'augmentation des récoltes, ni pour les cultures sarclées, ni pour les céréales. L'examen physique des sols ne révèle que rarement une différence de structure entre les parcelles ameublées en profondeur et les parcelles témoins.

12. Les labours avec sous-solage simultané impliquent un supplément de force de l'ordre de 34% en moyenne.

### Literaturverzeichnis

1. *R. B. Alderfer, F. G. Merkle*: The measurement of structural stability and permeability and the influence of soil treatments upon these properties. — Soil Science, Vol. 51, 1941.
2. *F. Alten, H. Loofmann*: Die Luftadsorption an Böden und Bodenbestandteilen und ihr Einfluss auf die Bestimmung des Porenvolumens und des spezifischen Gewichtes von Ackerböden mit dem Druckluftpyknometer. — Bkde. u. Pfl. Ernähr., Bd. 26, 1941.
3. *J. Apsits*: Die Tiefkultur im Lichte siebenjähriger experimenteller Forschung. — Pfl. Ernähr., Düngung u. Bkde, Bd. 39, 1935.
4. *J. Apsits*: Die Dynamik der physikalischen Eigenschaften des Bodens und dessen Fruchtbarkeit. — Landw. Forschungen, Acker- u. Pflanzenbau, Heft 56, 1934.
5. *M. Berkmann*: Untersuchungen über den Einfluss der Pflanzenwurzeln auf die Struktur des Bodens. — Diss. Melle i. H., 1913.
6. *E. Blanck*: Handbuch der Bodenlehre. — Bd. 6, Berlin, 1930.
7. *O. Blohm*: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Wasserführung des Bodens. — Kühn Archiv, Bd. 12, 1926.
8. *O. Blohm*: Der Einfluss der Bodenstruktur auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. — Landw. Forschungen, Acker- u. Pflanzenbau, Heft 18, 1927.
9. *G. J. Bouyoucos*: Evaporating the water with burning alcohol as a rapid means of determining moisture content of soils. — Soil Science, Bd. 44, 1937.
10. *J. C. Brown, T. D. Rice, H. G. Byers*: A study of claypan soils. — U. S. Dept. Agric. Techn. Bull. No. 399, 1933.
11. *G. M. Browning, R. A. Northon*: More seedbed studies. — Farm Science Reporter, Vol. 7, 1946.
12. *H. Burger*: Die physikalischen Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. — Mitt. d. Schweiz. Zentr. Anstalt forstl. Versuchswesen, Bd. 13, 1922.
13. *J. Bushnell*: Exploratory tests of subsoil treatments inducing deeper rooting of potatoes. — Journal Am. Soc. Agr., Vol. 33, 1941.
14. *B. F.*: Bodenpressung und Bodenverdichtung durch Traktoren. — Bauernblatt d. Nordwestschweiz, Nr. 8, 1947.
15. *Colsmann*: Zwanzigjährige Erfahrungen mit Untergrundlockerung in steinigem Boden. — Mitt. d. Deutschen Landw. Gesellschaft, Heft 16, 1923.
16. *W. Driehaus*: Die Bedeutung der Bodenbearbeitung für die Bodenfruchtbarkeit. — Diss. Berlin, 1934.
17. *L. Engelbrecht*: Die Untergrundlockerer vor der Hauptprüfung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft im Jahre 1924 und die jetzigen Anforderungen der Tiefkultur an die technischen Mittel. — Landw. Forschungen, Acker- u. Pflanzenbau, Heft 5, 1926.
18. *A. Frey-Wyssling*: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. — Zürich, 1945.
19. *H. Fritz*: Die Lockerung des Untergrundes. — Schweiz. Landw. Zeitschrift, Heft 11, 1884.
20. *G. Gliemeroth*: Untersuchungen über die Bestimmung des Bodensubstanzvolumens. — Journal f. Landw., Heft 4, 1938.
21. *J. Görbing*: Bodenbearbeitung im Feldgemüsebau. — Mitt. f. d. Landw., Heft 33, 1944.
22. *J. Görbing*: Die Grundlage der Gare im praktischen Ackerbau. — Hannover, 1947.
23. *Z. Gysel*: Die Landwirtschaft im Kanton Schaffhausen, namentlich im Klettgau. — Schweiz. Landw. Zeitschrift, Heft 16, 1874.
24. *W. Hamm*: Die landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte Englands. — Braunschweig, 1856.