

Aus dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg,
Bereich Jena der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

Theoretische Grundlagen für die Weiterentwicklung der Apparatur zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten

Von Gerd Kleinstäuber und Jürgen Haupt

Mit 1 Abbildung

(Eingegangen am 3. Juni 1987)

1. Einleitung

Schadverdichtungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Raddruck haben in den letzten Jahren sowohl an Umfang als auch in ihrer Intensität erheblich zugenommen. Die Wiederherstellung einer ausreichenden Durchlüftung derartig geschädigter Bodenbereiche ist dadurch zu einem relevanten Gegenstand der landwirtschaftlichen Forschung geworden.

Das dominierende physikalische Phänomen für den Gastransport im Boden ist die ohne äußere Kräfte wirkende Diffusion. Sie hat ihre Ursache in bestehenden Konzentrationsunterschieden der jeweils diffundierenden Gaskomponente, und sie wirkt bezüglich dieser Unterschiede in Richtung des Konzentrationsgefälles ausgleichend. Der Proportionalitätsfaktor zwischen der Dichte des Diffusionsstromes und dem Konzentrationsgefälle ist der Diffusionskoeffizient. Dieser Diffusionskoeffizient wird dabei stets sowohl durch die diffundierende Komponente als auch durch das Medium, in dem der Diffusionsvorgang betrachtet wird – im vorliegenden Falle durch das 3-Phasen-System des Bodens (fest, flüssig, gasförmig) – bestimmt. Mittels dieses Koeffizienten kann demzufolge u. a. auch die für die Bodendurchlüftung maßgebende Sauerstoffdiffusion charakterisiert werden. Insbesondere kann mit ihm der Einfluß der physikalischen, speziell der morphologischen Eigenschaften des Bodens auf die in ihm stattfindende Diffusion des Sauerstoffs vor allem im Hinblick auf ihre gezielte Veränderung quantifiziert werden.

Bei den bekannten Methoden zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten poröser Materialien liegt stets folgende grundsätzliche Anordnung vor (Taylor 1949, Currie 1960, Bakker und Hidding 1970, Flühler 1973, Richter und Grossgebauer 1978, Frede et al. 1979):

- Unendlich großes Reservoir für die diffundierende Gaskomponente, gekennzeichnet dadurch, daß der Partialdruck dieser Komponente auch bei zu- oder abfließendem Gasstrom konstant bleibt (z. B. O₂ der Atmosphäre);
- poröses Probenmaterial (z. B. zu untersuchende Bodenprobe), mit einem bestimmten resultierenden Löslichkeitskoeffizienten α_P für die diffundierende Gaskomponente (z. B. O₂);
- Meßkammer, in der sich die diffundierende Gaskomponente mit einer im Vergleich zum unendlichen Reservoir höheren (z. B. reines O₂) oder einer niedrigeren Konzentration (= Trägergas, z. B. N₂, mit bestimmten Löslichkeitskoeffizienten α_K für die diffundierende Gaskomponente, z. B. O₂) befindet. In ihr wird im ersten Fall ein zeitlicher Konzentrationsabfall, im zweiten Fall ein Konzentrationsanstieg gemessen.

In der konstruktiven Ausführung dieser allgemeingültigen Anordnung ist eine Vielzahl von Varianten bekannt geworden. Insbesondere sind in der einschlägigen Untersuchungspraxis sowohl Verfahren, die mit geschlossener, zuvor mit Trägergas gespülter Meßkammer (Bertrand und Kohnke 1957, Shearer et al. 1966, Flühler 1973) arbeiten, als auch Verfahren, bei denen die Meßkammer offen bleibt und ständig vom Trägergas durchströmt wird (Flühler 1973), verbreitet.

Aufbauend auf diesem Erkenntnisstand wurden Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, theoretische Ansatzpunkte für eine apparative Weiterentwicklung zu finden. Das erfolgte insbesondere im Hinblick auf eine möglichst rationelle und hinreichend genaue Bestimmung des O₂-Diffusionskoeffizienten von Bodenmaterial unter routinemäßigen Bedingungen.

2. Theoretische Grundlagen

Der nichtstationäre Diffusionsvorgang der betrachteten diffundierenden Gaskomponente durch poröses Material wird im allgemeinen Fall durch die Diffusionsgleichung

$$\frac{\delta c(x, t)}{\delta t} = D \frac{\delta^2 c(x, t)}{\delta x^2} \quad (1)$$

beschrieben, wobei c die Konzentration der diffundierenden Komponente, die mit ihrer Dichte ρ identisch ist, darstellt.

Diese Gleichung, auch als 2. Ficksches Gesetz bekannt, ist eine partielle parabolische Differentialgleichung (Dgl.) die mit der nichtstationären Probleme der Wärmeleitung beschreibenden Wärmeleitungsgleichung identisch ist.

Unter der Voraussetzung, daß der Löslichkeitskoeffizient α_P der diffundierenden Gaskomponente im entsprechenden Medium, in dem die Diffusion stattfindet, ortsunabhängig ($\alpha_P \neq \alpha_P(x)$), also konstant ist, kann entsprechend dem Gesetz von Henry $c = \alpha p$ eine analoge Dgl. für den Partialdruck $p(x, t)$ angegeben werden

$$\frac{\delta p(x, t)}{\delta t} = D \frac{\delta^2 p(x, t)}{\delta x^2} \quad (2)$$

Die für bestimmte, aus der jeweils vorliegenden Versuchsanordnung ableitbaren Anfangs- und Randbedingungen angebbare Lösung gibt die Orts- und die Zeitabhängigkeit der Konzentration $c(x, t)$ bzw. des Partialdruckes $p(x, t)$ der diffundierenden Gaskomponente wieder. Für den Fall der oben beschriebenen Anordnung und bei geschlossener Meßkammer können folgende Bedingungen formuliert werden:

– Anfangsbedingung

- durch eine z. Z. $t_0 = 0$ vorherrschende Anfangspartialdruckverteilung:

$$p(x, 0) = p_0(x)$$

und die

– Randbedingungen

- durch den konstanten Partialdruck an der Eintrittsfläche ($x = 0$) des Probenmaterials:

$$p(0, t) = p \quad | \quad x = 0$$

- durch die aus der vorliegenden speziellen Diffusionsanordnung resultierende Tatsache, daß die über dem kammerseitigen Probenquerschnitt A an der Grenzfläche Probe – Meßkammer ($x = l$) in die Meßkammer (Volumen V_K) pro Zeiteinheit einfließende Menge an diffundierender Gaskomponente (= Diffusionsstrom)

$$\left(= - A \alpha_P D \frac{\delta p}{\delta x} \quad | \quad x = l \right)$$

für die Zunahme der diffundierenden Gaskomponente in der Meßkammer ($= V_K \frac{\delta c_K}{\delta t}$) verantwortlich ist. Wird vorausgesetzt, daß die Konzentration der diffundierenden Gaskomponente in der Meßkammer an jeder Stelle gleich ist, so ist auch die Konzentration an der Grenzfläche mit der in der Kammer identisch ($c(l, t) = c_K(t)$), so daß gilt:

$$\frac{\delta p(l, t)}{\delta t} = -D \frac{A}{V_K} \frac{\alpha_P}{\alpha_K} \frac{\delta p(x, t)}{\delta x} \Big|_{x=1}$$

Die als Lösung der Dgl. vorliegende Funktion $p(x, t)$ stellt eine komplizierte unendliche Reihe dar, die unter bestimmten Voraussetzungen gegen die gesuchte Lösung konvergiert. Diese Reihe beschreibt zwar den Vorgang der nichtstationären Diffusion exakt, ist aber für die Ableitung qualitativer und quantitativer Aussagen äußerst unhandlich.

Zu einer wesentlich übersichtlicheren Beziehung für die Partialdruckverteilung, insbesondere für den Partialdruck in der Meßkammer, gelangt man, wenn für dessen Herleitung vereinfachende Voraussetzungen getroffen werden, die in Wirklichkeit bei Ablauf des Vorganges nicht erfüllt sind. Eine solche Vereinfachung stellt die Betrachtung stationärer Verhältnisse dar.

Bei der stationären Betrachtung des Diffusionsvorganges wird angenommen, daß der Stromdichtevektor der diffundierenden Gaskomponente \vec{n} bzw. sein Betrag n keine Ortsabhängigkeit aufweist:

$$n = n(x).$$

Demzufolge ist auch die durch den Probenquerschnitt A in einem bestimmten Zeitabschnitt infolge Diffusion transportierte Menge m gemäß

$$\begin{aligned} m &= \int \dot{m}(t) dt \text{ mit } \dot{m} = \int n dA \\ &= A \int n(t) dt \end{aligned}$$

an jeder Stelle die gleiche, also ortsunabhängig:

$$m = m(x).$$

Im Gegensatz dazu sind bei der nichtstationären Diffusion der Stromdichtevektor \vec{n} und damit die in einem Zeitabschnitt durch den Querschnitt A transportierte Menge m ortsabhängig:

$$n = n(x) \text{ bzw. } m = m(x).$$

Die sich aus der Differenz der Beträge $A n$ zwischen eintretendem und austretendem Stromdichtevektor eines gedachten Volumenelementes ergebende Menge Δm der diffundierenden Gaskomponente entspricht der Konzentrationsänderung der diffundierenden Komponente im Volumenelement. Im stationären Fall ist eine solche Änderung im Volumenelement nicht vorhanden.

Nach dem 1. Fickschen Gesetz

$$\vec{n} = -D \text{ grad } c \text{ bzw.} \quad (3a)$$

$$\vec{n} = -\alpha_P D \text{ grad } p, \quad (3b)$$

das den Zusammenhang zwischen Stromdichtevektor \vec{n} und Konzentration c bzw. -wieder bei $\alpha_P \neq \alpha_P(x)$ - und Partialdruck p der diffundierenden Gaskomponente beschreibt, bedeutet aber ortsunabhängige Stromdichte n ein in der Diffusionsstrecke unabhängig vom Ort vorherrschendes Partialdruckgefälle. Das wiederum bedeutet das Vorhandensein einer linearen Partialdruckverteilung längs der bezüglich Diffusion untersuchten Probe. Somit wird bei stationärer Betrachtungsweise angenommen, daß

die Partialdruckverteilung während des gesamten Diffusionsvorganges stets linear bleibt. In diesem Falle ist das örtliche Partialdruckgefälle $\frac{dp}{dx}$ gleich dem durchschnittlichen, aus Partialdruckabfall über der Probe Δp und Probenlänge l ermittelbaren Gefälle $\frac{\Delta p}{\Delta l}$. Ausgedrückt durch den Partialdruck in der Meßkammer $p_K(t)$, kann die Stromdichte n sowohl durch Gl. (3b)

$$n = -D_{ap} \frac{p_K(t) - p_A}{l} \quad p_A = \text{Partialdruck der diffundierenden Gaskomponente bei } x = 0 \quad (4)$$

(z. B. = Partialdruck der Umgebungsatmosphäre)

als auch durch

$$n = \frac{\alpha_K V_K}{A} \frac{dp_K(t)}{dt} \quad (5)$$

beschrieben werden.

Nach einigen Umformungen ergibt sich aus Gl. (4) und Gl. (5) eine gewöhnliche Dgl. 1. Ordnung für $p_K(t)$:

$$\frac{dp_K(t)}{dt} + \frac{\alpha_P A}{\alpha_K V_K} \frac{D}{l} p_K(t) - \frac{\alpha_P A}{\alpha_K V_K} \frac{D}{l} p_A = 0. \quad (6)$$

Gl. (6) kann durch Trennung der Veränderlichen gelöst werden. Für die Zeitabhängigkeit des Partialdrucks in der Meßkammer ergibt sich bei einer Anfangsbedingung ($t = t_0$) für den Partialdruck von $p_K = p_K(t_0)$

$$p_K(t) = [p_K(t_0) - p_A] \exp\left(-\frac{\alpha_P A}{\alpha_K V_K} \frac{D}{l} \Delta t\right) + p_A, \quad (7)$$

wobei $t = t_0 + \Delta t$ ist. Gl. (7) kann für die Bestimmung eines Diffusionskoeffizienten D_{exp} ausgenutzt werden, indem die Zeitabhängigkeit des Partialdruckes der diffundierenden Gaskomponente in der Meßkammer ermittelt und D_{exp} mittels der Beziehung

$$D_{exp} = \frac{l}{\alpha_P A} \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{p_K(t_0) - p_A}{p_K(t_0 + \Delta t) - p_A} \quad (8)$$

berechnet wird.

Dieser mittels Gl. (8) berechenbare Diffusionskoeffizient D_{exp} stimmt nur dann mit dem tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D überein, wenn der Diffusionsvorgang in der Probe stationär verläuft ($D_{exp} = D_{stat}$), d. h., wenn die genannten idealisierten Bedingungen bezüglich einer ständig vorherrschenden linearen Partialdruckverteilung innerhalb der Probe tatsächlich auch erfüllt sind. Nur dann gilt:

$$D_{exp} = D_{stat} = D.$$

Für den tatsächlich aber nichtstationär verlaufenden Diffusionsvorgang kann der mittels Gl. (8) ermittelte Diffusionskoeffizient ($D_{exp} = D_{nichtstat}$) ganz erheblich vom tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D abweichen:

$$D_{exp} = D_{nichtstat} \neq D.$$

3. Ansatzpunkte für eine apparative Weiterentwicklung

Die Abweichung des experimentell ermittelten vom tatsächlichen Diffusionskoeffizienten kann durch einen Korrekturfaktor K_{korr} beschrieben werden:

$$D = K_{korr} D_{exp}, \quad (9)$$

K_{korr} ist abhängig vom Grad der Abweichung des ablaufenden Diffusionsvorganges vom stationären Fall. Dabei sind nicht nur die bei Diffusionsbeginn vorliegende Abweichung, sondern auch der Grad der Abweichung während des Ablaufes des Diffusionsvorganges maßgebend. Neben der sich so ergebenden Abhängigkeit von der betrachteten Diffusionszeit t sind schließlich noch die die Probe (Index P) und die Meßkammer (Index K) beschreibenden Parameter (Volumen V und Löslichkeitskoeffizient α) von Einfluß. Diese Parameter können in einer zu der aus der Wärmeleitungstheorie bekannten Nusseltzahl (Carslaw und Jaeger 1959) analogen Größe zusammengefaßt werden:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha_P V_P}{\alpha_K V_K}$$

Der Grad der Abweichung der tatsächlichen (Crank 1967) von der linearen Partialdruckverteilung kann vorteilhaft mit einem von Flühler (1973) eigens dafür definierten Stationaritätsgrad S beschrieben werden.

In Auswertung von Diagrammen zur quantitativen Bestimmung von K_{korr} (Flühler 1973) wurde ein Diagramm entwickelt, aus dem die qualitative Wirkung der einzelnen Einflußgrößen auf K_{korr} abgelesen werden kann (Abb. 1).

Insbesondere gilt in den einzelnen Zeitbereichen des Diffusionsvorganges folgende qualitative Abhängigkeit:

Diffusionsbeginn: $K_{\text{korr}} \approx f$ (Stationaritätsgrad S_0 bei Diffusionsbeginn)

Der Korrekturfaktor K_{korr} beginnt bei einem im Bereich $0 < K_{\text{korr}} \leq 1$ liegenden Wert, der unabhängig von der Nusseltzahl Nu allein durch den bei Diffusionsbeginn vorliegenden Stationaritätsgrad S_0 im Bereich $0 \leq S_0 \leq 1$ bestimmt wird.

Diffusionsende: $K_{\text{korr}} \approx f$ (Nusseltzahl Nu)

Der Korrekturfaktor K_{korr} nähert sich unabhängig vom vorliegenden Grad der Nichtlinearität der Anfangspartialdruckverteilung – ausgedrückt durch einen Stationaritätsgrad bei Diffusionsbeginn im Bereich $0 \leq S_0 \leq 1$ – stets mit steigender Diffusionszeit t einem konstanten, von der Nusseltzahl Nu der Diffusionsanordnung abhängigen Wert $K_{\text{korr}} > 1$, wobei K_{korr} mit wachsender Nusseltzahl Nu steigt.

Für jeden Stationaritätsgrad S_0 und jede die jeweils vorliegende Diffusionsanordnung kennzeichnende Nusseltzahl Nu ist zu einem bestimmten, von S_0 und Nu abhängigen Zeitpunkt im Ablauf der Diffusion die Beziehung $K_{\text{korr}} = 1$ erfüllt, d. h., zu dieser Zeit $t = t_{K_{\text{korr}}=1}$ stimmt der experimentell ermittelte Diffusionskoeffizient D_{exp} mit dem tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D überein. Dagegen besteht vor und nach diesem Zeitpunkt eine mehr oder weniger große Abweichung zwischen beiden Koeffizienten.

Für die Entwicklung einer Apparatur ist resümierend die Erkenntnis wesentlich, daß sich – selbst bei sehr geringem Stationaritätsgrad, also großer Abweichung der tatsächlichen von der linearen Partialdruckverteilung bei Diffusionsbeginn – der Korrekturfaktor K_{korr} einem Wert $K_{\text{korr}} \approx 1$ nähert, wenn nur die Nusseltzahl Nu der Diffusionsanordnung sehr klein gehalten wird. In diesem Falle nähert sich D_{exp} einem Wert, der in guter Näherung mit dem tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D identisch ist (Abb. 1) (Kleinstäuber und Haupt 1984).

Bei der konstruktiven Realisierung der Apparatur muß demzufolge die oben genannte Forderung nach einer möglichst kleinen Nusseltzahl Nu erfüllt werden. Die Nusseltzahl kann gemäß $\text{Nu} = \frac{\alpha_P V_P}{\alpha_K V_K}$ grundsätzlich über die Volumina von Probenmaterial und Meßkammer als auch über die Löslichkeitskoeffizienten der diffundierenden Gaskomponente im Probenmaterial und im Trägergas der Meßkammer beeinflusst werden. Da eine Beeinflussung über das Verhältnis der Volumina einfacher ist als über das Verhältnis der Löslichkeitskoeffizienten, wird die erforderliche kleine Nusselt-

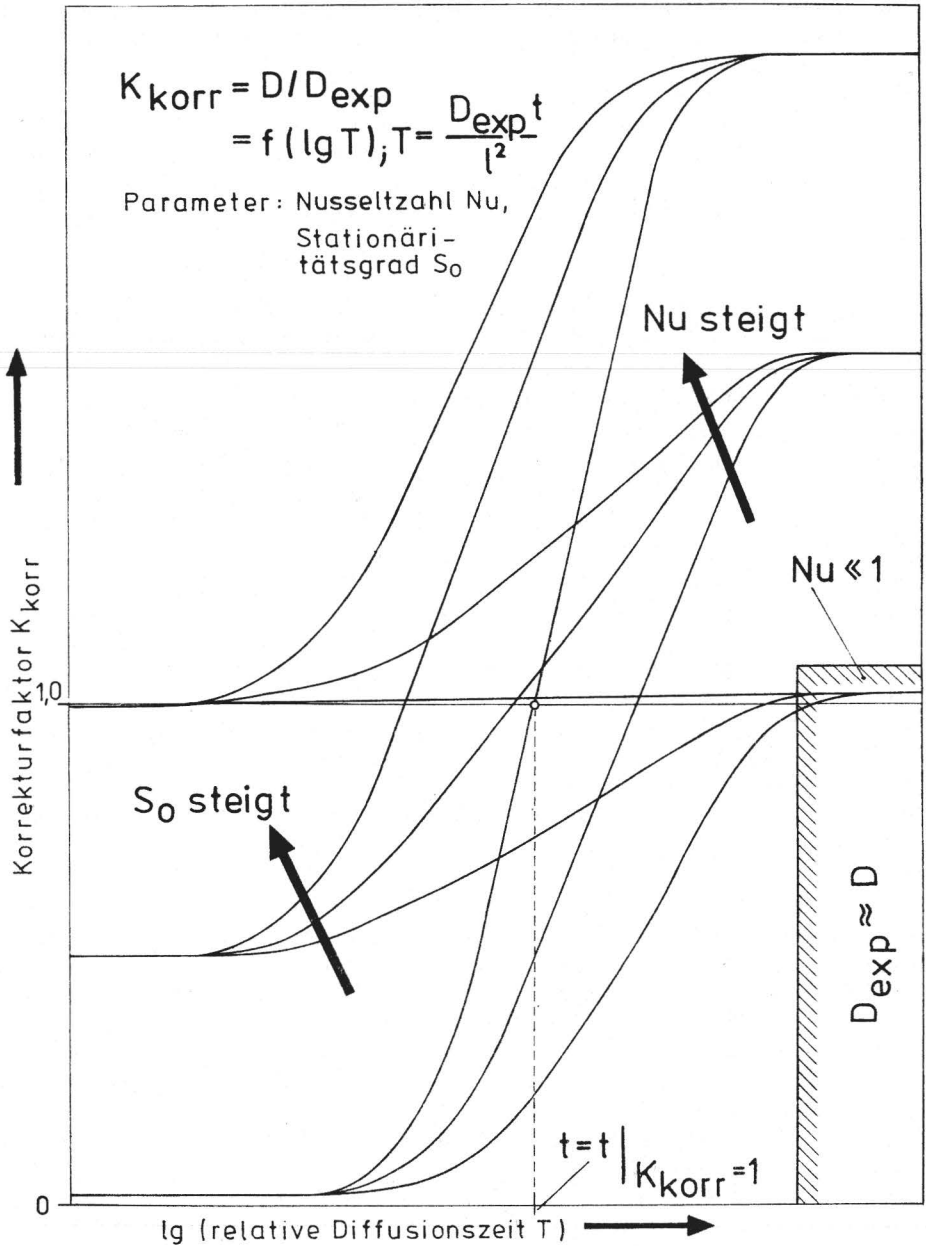


Abb. 1. Qualitativer Einfluß verschiedener den Ablauf des Diffusionsvorganges charakterisierender Parameter auf den Korrekturfaktor K_{korr}

zahl dadurch realisiert, daß das Volumen der Meßkammer V_K im Vergleich zum Volumen des Probenbehälters V_P wesentlich größer ausgelegt wird: $V_P \ll V_K$. Dabei ist die obere Grenze des Meßkammervolumens durch die mit der jeweils vorliegenden Anordnung zur Meßwertgewinnung erzielbaren Nachweisempfindlichkeit für die diffundierende Gaskomponente gegeben.

Wird auch für die Löslichkeitskoeffizienten der diffundierenden Gaskomponente α_P und α_K die Bedingung $\alpha_P < \alpha_K$ erfüllt, ist auch $\alpha_P V_P \ll \alpha_K V_K$ gegeben.

Eine Apparatur, für die diese Bedingung gilt, erfüllt die Forderung nach einer möglichst kleinen Nusseltzahl.

Die Vorstellung ihrer Realisierung einschließlich der Applikation in einem entsprechenden Meßplatz und die mit ihr an Bodenproben erzielbaren Meßergebnisse bezüglich des O_2 -Diffusionskoeffizienten sind einer folgenden Publikation vorbehalten.

4. Zusammenfassung

Aufbauend auf dem Erkenntnisstand über gegenwärtig angewandte Verfahren und eingesetzte Geräte zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten wurden Untersuchungen mit dem Ziel angestellt, theoretische Ansatzpunkte für ein apparative Weiterentwicklung zu finden.

Bei den mit geschlossener Meßkammer arbeitenden Verfahren wird der Ablauf des Diffusionsvorgangs im Probenmaterial neben der bei Diffusionsbeginn vorliegenden Anfangspartialdruckverteilung entscheidend vom Volumen von Probe und Meßkammer und vom Löslichkeitskoeffizienten in beiden beeinflusst. Der tatsächliche Diffusionskoeffizient ergibt sich im allgemeinen nur durch eine Korrektur des experimentell ermittelten Wertes. Wird aber die Diffusionsanordnung so bemessen, daß sie durch eine kleine Nusseltzahl Nu charakterisiert werden kann, entfällt diese Korrektur mit zunehmender Diffusionszeit. Der experimentell ermittelte Diffusionskoeffizient D_{exp} nähert sich dann stets – unabhängig vom Grad der Nichtlinearität der vorliegenden Partialdruckverteilung innerhalb der Probe bei Diffusionsbeginn – einem Wert, der in guter Näherung mit dem tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D identisch ist.

Im Hinblick auf eine praktische Realisierung der bezüglich der Nusseltzahl gestellten Forderung bei einer Apparatur ist diese zweckmäßigerweise dadurch zu erfüllen, daß das Volumen der Meßkammer im Vergleich zum Volumen des Probenbehälters wesentlich größer ausgelegt wird.

Schrifttum

- Bakker, J. W., und A. P. Hidding: The influence of soil structure and air content on gas diffusion in soils. *Neth. J. agric. Sci.* **18** (1970) 37–48.
- Bertrand, A. R., und H. Kohnke: Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **21** (1957) 135–140.
- Carslaw, H. S., und J. C. Jaeger: *Conduction of heat in solids*. 2. Aufl. London: Oxford Univ. Press 1959.
- Crank, J.: *The mathematics of diffusion*. Oxford: Clarendon Press 1967.
- Currie, J. A.: Gaseous diffusion in porous media. Part. 1. A non-steady state method. *Brit. J. of appl. Phys.* **11** (1960) 314–317.
- Flühler, J.: Sauerstoffdiffusion im Boden. *Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchswes.* **49** (1973) 123–250.
- Frede, H.-G., J. Böttcher, B. Meyer und K. Severin: Gastransport und Gasproduktion in Lößböden. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **29** (1979) 179–190.
- Kleinstäuber, G., und J. Haupt: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten. WP 225 785 A1 DD. 1984 14 S.
- Richter, J., und A. Grossgebauer: Untersuchungen zum Bodenlufthaushalt in einem Bodenbearbeitungsversuch. 2. Gasdiffusionskoeffizienten als Strukturmaße für Böden. *Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk.* **141** (1978) 181–202.
- Shearer, R. C., R. J. Millington und J. P. Quirk: Oxygen diffusion through sands in relation to capillary hysteresis. 2. Quasisteady-state diffusion of oxygen through partly saturated sands. *Soil Sci.* **101** (1966) 432–436.
- Taylor, S. A.: Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **14** (1949) 55–61.

Dr.-Ing. Gerd Kleinstäuber

Ing. Jürgen Haupt

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg
Bereich Jena

Naumburger Straße 98 a

Jena

DDR - 6900

Oeser, E.: **Psychozoikum**. Evolution und Mechanismus der menschlichen Erkenntnisfähigkeit. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey 1987. 213 S., 45 Abb., 48,- DM.

Innerhalb der 1979 begründeten Verlagsreihe „Biologie und Evolution“ nimmt das vorliegende Buch insofern einen herausragenden Platz ein, als der Philosoph und Wissenschaftstheoretiker Erhard Oeser sein Zwei-Stufen-Modell der Evolutionären Erkenntnistheorie (EE) in einer wesentlich klareren, einleuchtenderen und überzeugenderen Diktion vorträgt, als es den zum gleichen Thema sich äussernden Biologen in dieser Reihe gelungen ist. „Psychozoikum“ nennt Julian Huxley das Zeitalter des menschlichen Bewußtseins, das mit der Evolution des *Homo sapiens* begonnen hat und für unsere Zeit bestimmend ist. In 5 Kapiteln versucht der Autor, seine Methode der funktionalen Erklärung der EE darzustellen. Die universale Evolution läßt sich in die präbiotische, biotische und postbiotische Evolution trennen, wobei die letztere auf dem Übertragungsmechanismus der Tradition unabhängig vom Generationswechsel beruht. Kennzeichnend ist dafür ein Prinzip der „Informationsverdichtung“ (Oeser 1976). „Die Schichten des genetischen, instinktiven, ratiomorphen und schließlich rationalen Lernens oder, anders ausgedrückt, Informationsgewinnes entsprechen etwa auch den Stufen der Evolution, wie sie mit der Zelle, Nervenzelle, dem Gehirn oder individuellen Bewußtsein und auf der gesellschaftlichen Ebene der kollektiven Vernunft erreicht worden sind.“ Die „Totzeit“ des genetischen Lernens überbrückt bereits das individuelle Lernen. Die genetische Evolution des Menschen war in erster Linie eine Evolution des Gehirns, die mit der Entwicklung des Bewußtseins als emergente Systemeigenschaft des Gehirns sowie der symbolischen Sprache rückgekoppelt war. Da Überleben und Entwicklung in dieser Welt nur möglich sind, wenn Aufbau und Funktionsweise unseres Erkenntnisapparates und somit unser Wahrnehmen wenigstens partiell mit den Strukturen der realen Welt übereinstimmen, müssen die dafür notwendigen genetischen Determinanten – „die genetische Propensität“ – dem Evolutionsprozeß unterlegen haben (Lorenz 1973, Vollmer 1975, Mohr 1983). Die artspezifische kognitive Nische, die unseren Sinnesorganen zugänglich ist, ist die Welt der mittleren Dimensionen (Mesokosmos; Vollmer). Die zweite Stufe des Grundbegriffes der evolutionären Erkenntnistheorie ist die epigenetische Überformung, d. h., die soziokulturelle Evolution ist nicht als bloße Fortsetzung der genetisch-organischen Evolution anzusehen, sondern als ein neuer Replikationsmechanismus mit einer z. T. atemberaubenden Ablaufgeschwindigkeit und bis dahin nicht gekannten, z. T. selbstzerstörerischen Produkten. Genetischer Determinismus und Kulturdeterminismus stellen dabei keine sich einander disjunktiv ausschließende Alternativen dar, was sich z. B. am Beispiel der Sprache erkennen läßt.

Ein nützliches Buch, das jeden Biologen, Evolutionstheoretiker, Psychologen und Philosophen angeht und das durch die eigenständige und -willige illustrative Erläuterung (Smoky Riedl) der vorgetragenen Gedanken von Erhard Oeser ungemein gewinnt.

H.-A. Freye