

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

Apparatur und Meßplatz zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten

Von Gerd Kleinstäuber und Jürgen Haupt

Mit 7 Abbildungen und 1 Tabelle

(Eingegangen am 3. Juni 1987)

1. Einleitung

Bei den Verfahren zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten, die mit geschlossener Meßkammer arbeiten (Bertrand und Kohnke 1957, Shearer et al. 1966, Flüher 1973), wird der Ablauf des Diffusionsvorganges im Probenmaterial neben der bei Diffusionsbeginn vorliegenden Anfangspartialdruckverteilung entscheidend vom Volumen von Probe und Meßkammer und vom jeweiligen Löslichkeitskoeffizienten beeinflusst. Der tatsächliche Diffusionskoeffizient ergibt sich im allgemeinen nur durch eine Korrektur eines experimentell ermittelten Wertes (Flüher 1973). In Kleinstäuber und Haupt (1988) wird abgeleitet, daß bei einer wesentlich größeren Auslegung des Volumens der Meßkammer im Vergleich zum Volumen des Probenbehälters diese Korrektur mit zunehmender Diffusionszeit praktisch entfallen kann. Dieser Sachverhalt ist dabei unabhängig vom Grad der Nichtlinearität der vorliegenden Partialdruckverteilung innerhalb der Probe bei Diffusionsbeginn. Die Ergebnisse dieser theoretischen Untersuchungen waren die Grundlage für eine Weiterentwicklung eines mit geschlossener Meßkammer arbeitenden Gasdiffusionsgerätes.

Mit einem solchen Gerät soll der Sauerstoffdiffusionskoeffizient von Bodenproben, vor allem bei einer größeren Probenzahl mit hinreichender Genauigkeit unter routinemäßigen Bedingungen bestimmt werden können. Über diese Applikation in der Bodenphysik hinaus, ist das entwickelte Gerät auch für alle jene Zweige der Naturwissenschaft und Technik relevant, in denen die Gasdiffusion in porösen Materialien untersucht wird.

2. Konzeption, Aufbau und Wirkungsweise des entwickelten Gasdiffusionsgerätes

Die bei den bekannten Methoden zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten vorliegende grundsätzliche Anordnung, bei der sich die Probe des zu untersuchenden porösen Materials zwischen einem unendlich großen Reservoir für die diffundierende Gaskomponente und einer Meßkammer befindet (Currie 1960, Bakker und Hidding 1970, Flüher 1973), wurde bei dem entwickelten Gasdiffusionsgerät beibehalten.

Das Volumen der Meßkammer V_K wurde mit etwa 1780 cm^3 ausgelegt. Im Vergleich dazu beträgt das Volumen des Probenbehälters V_P (= Stechzylindervolumen) 250 cm^3 .

Für die Löslichkeitskoeffizienten der diffundierenden Gaskomponente a_P (Probe) und a_K (Meßkammer) gilt $a_P < a_K$, denn als diffundierende Gaskomponente im Probenmaterial Boden wurde im vorliegenden Anwendungsfall Sauerstoff, als Trägergas in der Meßkammer dagegen Stickstoff verwendet (Tab. 1).

Tabelle 1. Löslichkeitskoeffizient einer diffundierenden Gaskomponente in einem bestimmten Medium

 $(\alpha \text{ diff. Komp.} \mid \text{Medium})$

Diffundierende Gaskomponente	Medium	Löslichkeitskoeffizient	
		$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Medium}$	in mol cm ⁻³ bar ⁻¹ (T = 293 K)
Sauerstoff	— Luft	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Luft}$	$= 4,16 \cdot 10^{-5}$
	— Stickstoff	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{N}_2 \approx \alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Luft}$	$= 4,16 \cdot 10^{-5}$
	— Wasser	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{H}_2\text{O}$	$= 1,29 \cdot 10^{-6}$
	— Lößboden mit Wassersättigung [41,9 % Porenvolumen \cong 41,9 % (Vol.) H ₂ O]	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Boden, H}_2\text{O}$	$= 5,4 \cdot 10^{-7}$
	— Lößboden mit Feldkapazität [32,3 % (Vol.) H ₂ O, 9,6 % (Vol.) Luft]	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Boden, FK}$	$= 44,0 \cdot 10^{-7}$
	— Lößboden mit 50 % Feldkapazität [30,2 % (Vol.) H ₂ O, 11,7 % (Vol.) Luft]	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Boden, 50 \% FK}$	$= 52,5 \cdot 10^{-7}$
	— Lößboden mit Luftsättigung [41,9 % Porenvolumen \cong 41,9 % (Vol.) Luft]	$\alpha_{\text{O}_2} \mid \text{Boden, Luft}$	$= 174,0 \cdot 10^{-7}$

(Flühler 1973)

Bei Vorhandensein einer flüssigen (H_2O) und einer gasförmigen (Luft) Phase im porösen Probenmaterial (P) ergibt sich der resultierende Löslichkeitskoeffizient α_P für die diffundierende Gaskomponente gemäß

$$\alpha \text{ diff. Komp. } | \text{ P} = \alpha \text{ diff. Komp. } | \text{ Luft} \cdot z_a + \alpha \text{ diff. Komp. } | \text{ H}_2\text{O} \cdot \Theta_w,$$

wobei $z_a = \frac{V_a}{V} \cdot 100$ den Anteil des Luftvolumens (V_a) und

$$\Theta_w = \frac{V_w}{V} \cdot 100 \text{ den Anteil des Wasservolumens } (V_w) \text{ am Bodenvolumen } (V)$$

darstellen (TGL 31222/01 1984).

Selbst im ungünstigsten Fall, nämlich bei vorliegendem Boden mit Luftsättigung, gilt

$$\alpha_{\text{O}_2} | \text{ Boden, Luft} < \alpha_{\text{O}_2} | \text{ N}_2.$$

Somit ist bei der entwickelten Apparatur auch stets

$$\alpha_P V_P \ll \alpha_K V_K$$

erfüllt und die in Kleinstäuber und Haupt (1988) geforderte möglichst kleine Nusselt-Zahl realisiert.

Die für den Ablauf der Diffusion erforderliche Partialdruckdifferenz Δp zwischen den beiden Grenzflächen der zu untersuchenden Probe ist nach verschiedenen Verfahren möglich (Abb. 2):

- Durch Spülung der Meßkammer mit dem Trägergas, wobei der Partialdruck der diffundierenden Komponente vor der Spülung auf Grund des herrschenden Gleichgewichtes sowohl an beiden Grenzflächen als auch innerhalb der Probe gleich ist. Dagegen sinkt der Partialdruck innerhalb der Meßkammer und damit auch an der meßkammerseitigen Grenzfläche der Probe unmittelbar nach Beginn der Spülung auf einen niedrigen Wert ab, den er - vorausgesetzt die Geschwindigkeit des die Spülung bewerkstelligenden durchströmenden Trägergases bleibt konstant - während des gesamten Spülprozesses beibehält.
- Im Gegensatz zu diesem konventionellen Verfahren wird bei dem entwickelten Gasdiffusionsgerät Δp durch Evakuieren der geschlossenen Meßkammer, anschließende Füllung bis Normaldruck mit Trägergas und schließlich durch plötzliche Freigabe der meßkammerseitigen Grenzfläche der Probe zur Meßkammer hin erzeugt (Kleinstäuber und Haupt 1984).

Durch Wegfall der Spülung bei dem vorgestellten Gerät wird somit zwangsläufig weniger Trägergas benötigt als bei dem mit Spülung arbeitenden Verfahren. Durch das Evakuieren der Meßkammer wird außerdem erreicht, daß ein vor dem Einsetzen der Diffusion in der Meßkammer enthaltener Anteil an der diffundierenden Gaskomponente reproduzierbar, dem angelegten Vakuum entsprechend, auf eine bestimmte Größe herabgesetzt wird.

Zur Realisierung dieses im Gerät für die Erzeugung von Δp zur Anwendung kommenden Verfahrens wurde die Meßkammer des Gerätes in Form eines Rezipienten evakuierbar gestaltet (Abb. 1). Aus diesem Grunde wurde die Meßkammer zum Probenbehälter hin vakuumdicht verschließbar ausgeführt, die Antriebswelle des Ventilators vakuumdicht in die Meßkammer geführt und schließlich für den Anschluß des Vakuumerzeugungssystems ein Vakuumhahn an der Meßkammer vorgesehen.

Die Meßkammer wurde durch einen Aluminiumzylinder realisiert. Auf diesen Zylinder wurde, um die erforderliche vakuumdichte Verschließbarkeit der Meßkammer zum Probenbehälter hin zu gewährleisten, ein handbetätigtes Durchgangsventil (Kata-

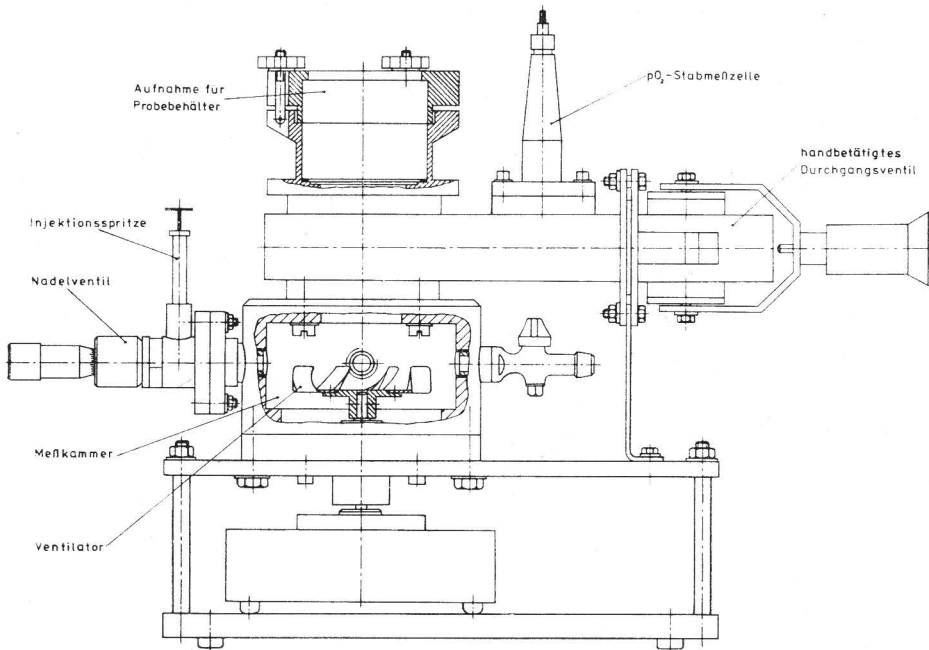


Abb. 1. Apparatur zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten poröser Materialien

log, VEB Hochvakuum) aufgesetzt. Mit diesem Ventil wird beim Öffnen die gesamte Fläche des Probenbehälters freigegeben, dadurch der Partialdrucksprung an der meßkammerseitigen Grenzfläche der Probe wirksam und schließlich der Vorgang der Diffusion eingeleitet.

Der als Probenbehälter fungierende Stechzylinder kann unmittelbar in den am Gerät vorgesehenen Aufnehmer für den Probenbehälter eingesetzt werden. Die Realisierung der vakuumdichten Durchführung der Antriebswelle des Ventilators erfolgte mittels einer Vakuumdrehdurchführung (Technische Dokumentation, VEB Hochvakuum), die in die Bodenfläche der Meßkammer eingebaut wurde.

Bei der Entwicklung des Gasdiffusionsgerätes lag zwar das mit Evakuierung der Meßkammer und ihrer anschließenden Trägergasbefüllung verbundene Verfahren zur Erzeugung von Δp zugrunde; das Gerät wurde aber so konzipiert, daß es auch für die Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten nach den herkömmlichen Verfahren, also dem mit geschlossener Meßkammer und vorheriger Spülung und dem mit offener Meßkammer arbeitenden Verfahren geeignet ist.

Auch bezüglich des Zeitpunktes, ab dem der Diffusionsvorgang betrachtet wird, unterscheidet sich das entwickelte von den konventionellen Geräten:

- Bei dem mit geschlossener Meßkammer und vorheriger Spülung arbeitenden Verfahren wird die Diffusion in der Regel erst nach Beendigung des Spülvorganges (\equiv Diffusionszeit $t = 0$) verfolgt. Die unmittelbar nach Spülbeginn in Form eines Partialdrucksprunges vorliegende stark nichtlineare Partialdruckverteilung hat sich beim betrachteten Diffusionsbeginn ($t = 0$) - abhängig von der Spülzeit t_{sp} - schon mehr oder weniger stark abgebaut.

Die zu Beginn des Diffusionsvorganges in der Probe vorliegende Partialdruckverteilung ist in diesem Falle mit derjenigen identisch, die sich nach Ablauf einer bestimmten Spülzeit t_{sp} eingestellt hat.

- Bei dem mit Evakuierung der Meßkammer und anschließender Füllung mit Trägergas arbeitenden Verfahren wird der Diffusionsvorgang unmittelbar nach dem Wirken des Partialdrucksprunges (= Diffusionszeit $t = 0$) an der meßkammerseitigen Grenzfläche betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt ist die Partialdruckverteilung in der Probe stark nichtlinear.

Liegen in beiden betrachteten Fällen Diffusionsanordnungen mit $Nu \ll 1$ vor, so wird sich auch stets – unabhängig von der vorliegenden Anfangspartialdruckverteilung – der experimentelle Diffusionskoeffizient D_{exp} einem Wert nähern, der in guter Näherung mit dem tatsächlichen Diffusionskoeffizienten D identisch ist (Kleinstäuber und Haupt 1984).

Somit entfällt eine Korrektur von D_{exp} , die im Falle einer Anordnung, deren Nusselt-Zahl nicht die genannte Forderung erfüllt, unbedingt erforderlich ist. Diese Korrektur muß dann aber meist mit einem nur näherungsweise bekannten Faktor erfolgen, selbst wenn die Kenntnis seiner Abhängigkeit von den ihn beschreibenden Einflußfaktoren als bekannt vorausgesetzt werden kann (Abb. 2).

3. Meßwertgewinnung, Meßplatzkonfigurationen und Erprobungsergebnisse

Für die Bestimmung des experimentellen Wertes D_{exp} des Diffusionskoeffizienten ist es erforderlich, entweder die Zeitabhängigkeit des Partialdruckes $p_K(t)$ oder die der Konzentration $c_K(t)$ der diffundierenden Gaskomponente in der Meßkammer zu messen. Um bezüglich der Gewinnung dieser Meßgrößen möglichst große Universalität zu besitzen, wurde das entwickelte Gerät mit verschiedenen Anschlußmöglichkeiten für die jeweiligen Meßwertgeber ausgerüstet (Abb. 1).

Die Bestimmung der genannten Meßgrößen ist sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich möglich.

Entsprechend diesen Möglichkeiten der Meßwertgewinnung ergeben sich verschiedene, speziell für die Bestimmung der Sauerstoffdiffusion angegebene Meßplatzkonfigurationen (Abb. 3 und 4). Dabei ist es für die Bestimmung des Diffusionskoeffizienten D_{exp} belanglos, ob die jeweiligen Anzeigergeräte in Maßeinheiten des O_2 -Partialdruckes oder der O_2 -Konzentration geeicht sind (Abb. 5).

Für die kontinuierliche Bestimmung ist an der Meßkammer eine Möglichkeit sowohl für das vakuumdichte Einsetzen eines internen als auch für den Anschluß eines externen Meßwertgebers vorgesehen.

Als interner Meßwertgeber bietet sich eine pO_2 -Stabmeßzelle (Abb. 1) (Anleitung, VEB Metra; Bedienungsanleitung, VEB Metra) an, mit der der O_2 -Partialdruck in Flüssigkeiten und Gasen bestimmt werden kann. Es handelt sich hierbei um eine elektrochemische Meßzelle, die eine Ag-AgCl-Anode, eine in Glas eingeschmolzene Pt-Katode, die gegen eine für O_2 durchlässige, gespannte Kunststoffmembran drückt und schließlich noch Elektrolytflüssigkeit enthält. Der O_2 -Partialdruck wird bei dieser Meßzelle dadurch bestimmt, daß ein Teil des durch die Membranfolie diffundierenden Sauerstoffs elektrochemisch an der Katode reduziert wird (Aufnahme von Elektronen) und dabei einen meßbaren Strom verursacht (Prinzip der Clark-Elektrode). Für das entwickelte Gasdiffusionsgerät wurde eine solche Stabmeßzelle vom Typ SMZ 300 konstruktiv so verändert, daß sie am Flanschanschluß des handbetätigten Durchgangsventils angebracht werden und in den Raum der Meßkammer eintauchen konnte.

Die in das Gasdiffusionsgerät eingebaute Meßzelle wird an einen speziellen pO_2 -Meßverstärker vom Typ M 65 F (Beschreibung, VEB Metra) bzw. M 80 (Beschreibung, VEB Metra) angeschlossen. Ein solcher Meßverstärker dient zur Messung von sehr kleinen Strömen, wie sie bei der Verwendung elektrochemischer Sauerstoffmeßzellen

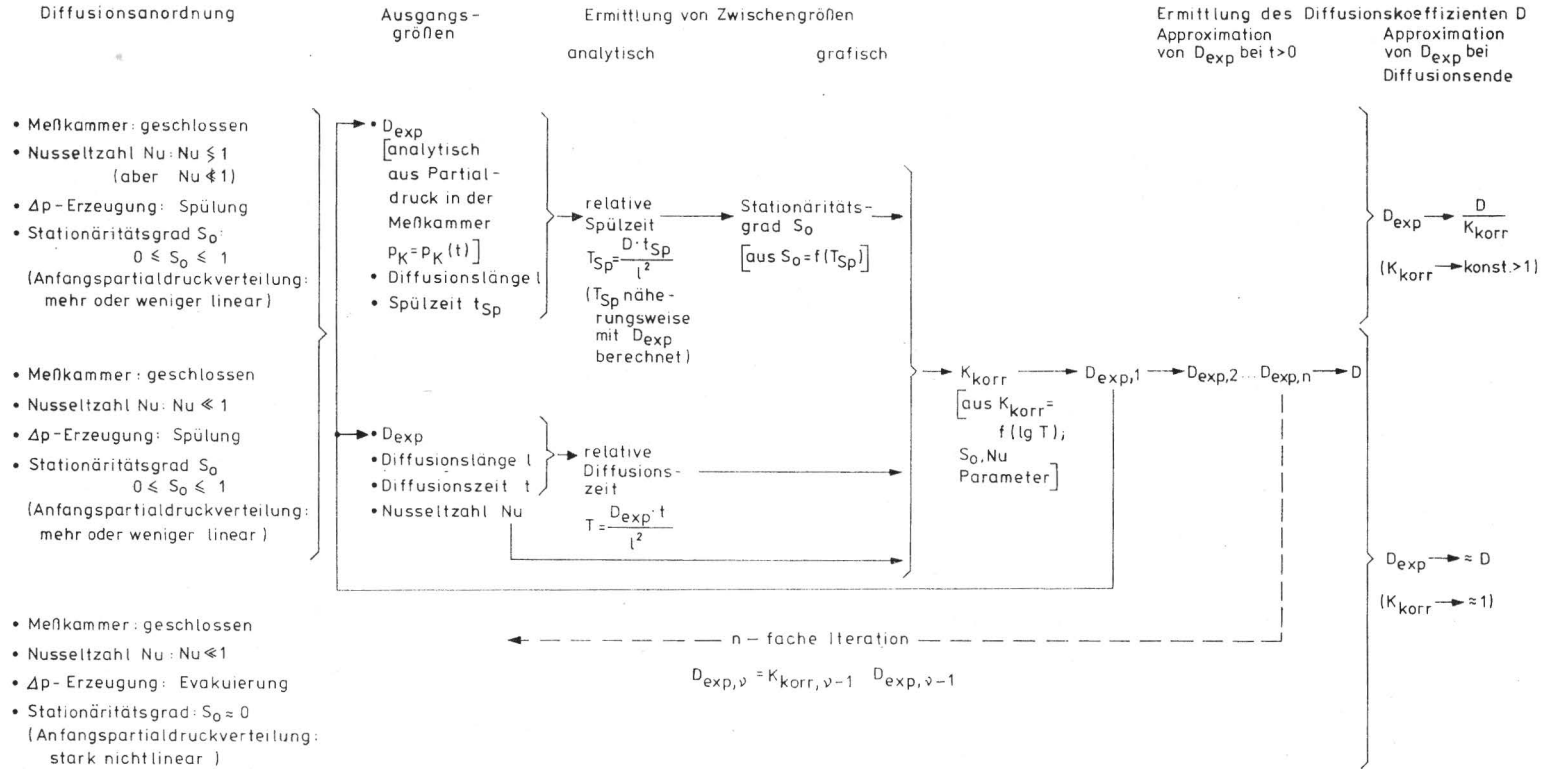


Abb. 2. Vergleichende Übersicht der Methodik zur Bestimmung des Gasdifusionskoeffizienten bei den verschiedenen Diffusionsanordnungen

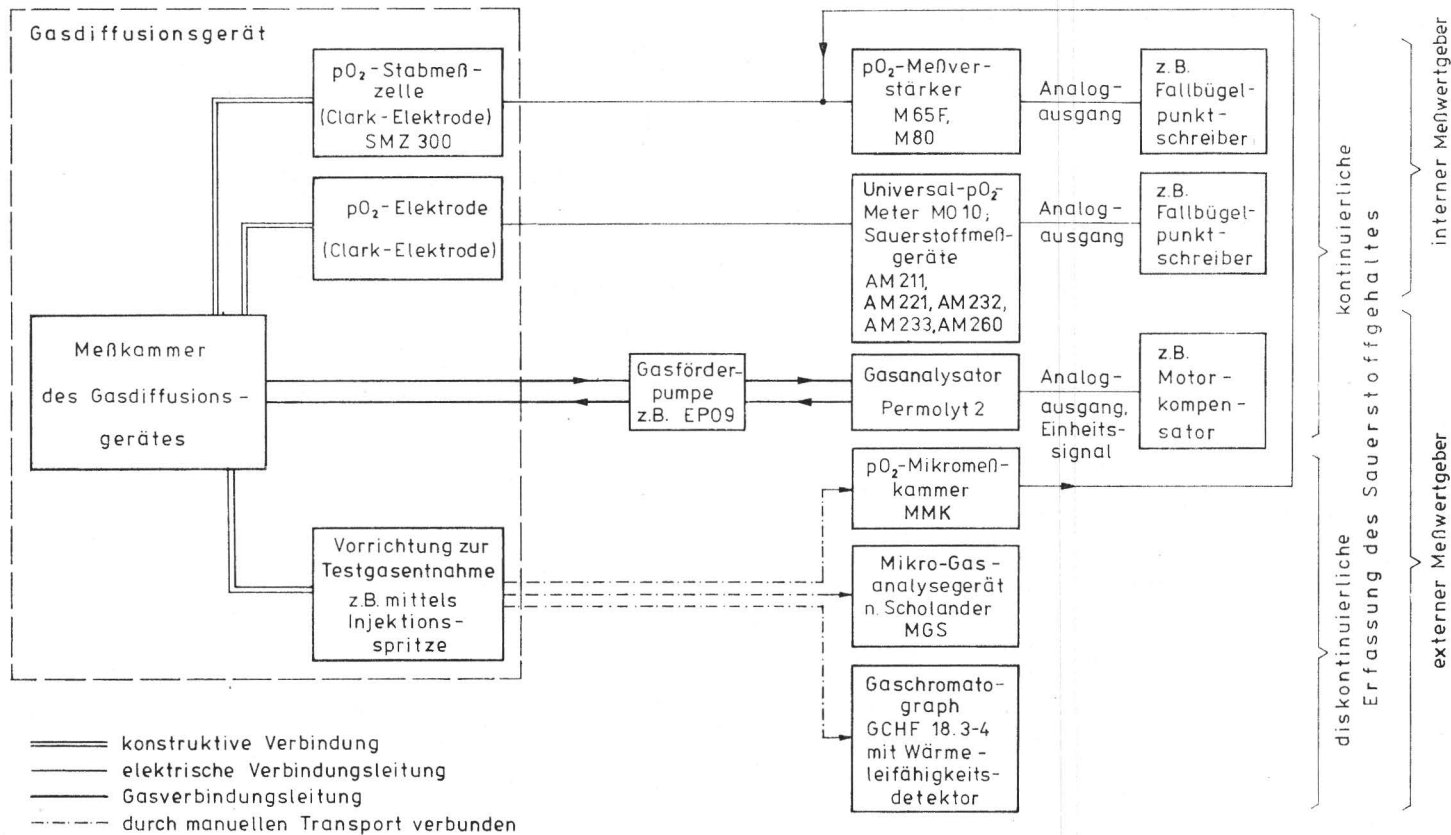


Abb. 3. Meßplatzkonfigurationen zur Bestimmung des O_2 -Diffusionskoeffizienten (Blockschaltbild)

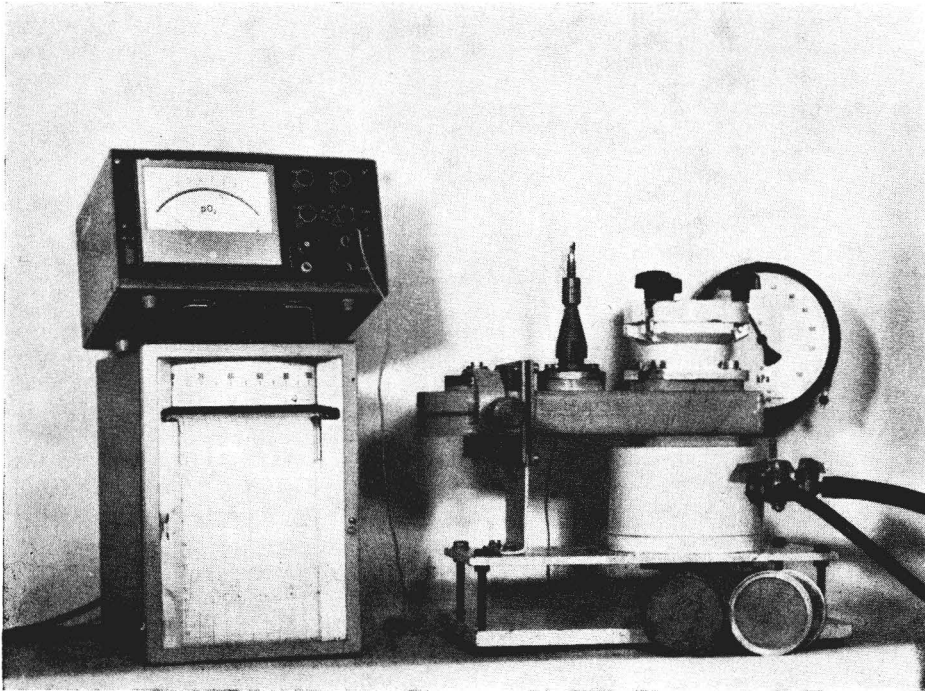


Abb. 4. Realisierter Meßplatz zur Bestimmung des O_2 -Diffusionskoeffizienten

auftreten. Dabei wird die Meßzelle in Reihe mit einem Meßwiderstand mit dem Ausgang eines Regelverstärkers (Operationsverstärker) verbunden. Dieser Ausgang liefert die für die Funktion der Meßzelle notwendige konstante Meßzellenspannung. Ein Eingang des Verstärkers ist dagegen direkt an die Meßzelle angeschlossen und kontrolliert die Meßzellenspannung. Fließt auf Grund von vorhandenem Sauerstoff ein Strom durch die Meßzelle, so fällt über dem Meßwiderstand eine dem O_2 -Partialdruck proportionale Spannung ab, die wiederum eine Verringerung der Meßzellenspannung bewirkt. Dieser Verringerung wird durch Aufsteuerung der Verstärkung sofort entgegengewirkt und dadurch die erforderliche konstante Betriebsspannung der Meßzelle aufrechterhalten. An der Meßzelle liegt also unabhängig vom Meßstrom stets eine konstante Spannung. Die nachgeregelte Spannung ist dem O_2 -Partialdruck – im vorliegenden Fall in der Meßkammer des Gasdiffusionsgerätes – direkt proportional und kommt am Meßinstrument zur Anzeige. Als interner Meßwertgeber können auch andere kommerzielle, ebenfalls nach dem Prinzip der Clark-Elektrode arbeitende pO_2 -Meßwertgeber nach gegebenenfalls konstruktiver Modifikation eingesetzt werden. Für die Meßwertgewinnung ist eine breite Palette von Geräten im Angebot (Abb. 3) (Koch 1984) (Beschreibung MO 10, VE Kombinat Präcitronek; Prospekte, Forschungsinstitut Meinsberg/Sachsen).

Als externer Meßwertgeber bei der kontinuierlichen Messung bietet sich ein Gasanalysator vom Typ Permolyt (Prospekt, VEB Junkalor) an, mit dem der Sauerstoffgehalt in Volumenprozenten in Gasgemischen bestimmt werden kann. Ein solcher Permolyt arbeitet nach dem thermomagnetischen Prinzip, das auf der Tatsache beruht, daß Sauerstoff paramagnetisches Verhalten zeigt, während nahezu alle anderen Gase geringfügig diamagnetisch sind. Paramagnetisches Verhalten ist aber andererseits im Gegensatz zu diamagnetischem Verhalten temperaturabhängig, und zwar verhält sich die paramagnetische Suszeptibilität umgekehrt proportional zur absoluten Temperatur.

Bestimmung des Diffusionskoeffizienten D_{stat}

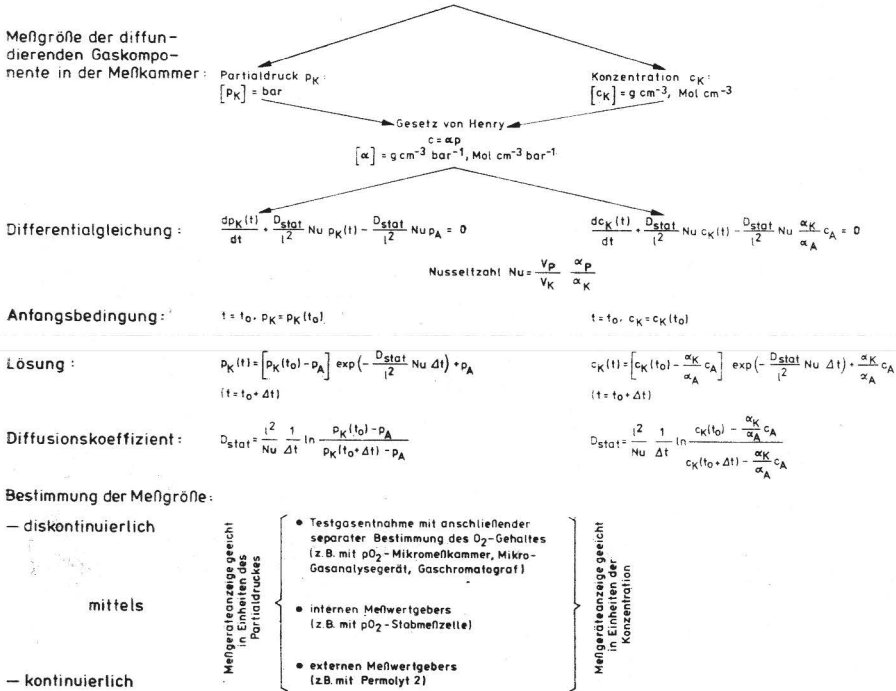


Abb. 5. Bestimmung des Diffusionskoeffizienten D_{stat} (Voraussetzung: stationärer Diffusionsvorgang), (Kleinstäuber und Haupt 1988)

Ein sauerstoffhaltiges Gas höherer Temperatur wird demzufolge von einem Magnetfeld weniger stark angezogen als ein kälteres Gas gleicher Zusammensetzung. Im Gerät wird durch ein starkes Magnetfeld in einem das Meßgas enthaltenden Meßröhrchen, das mit zwei als Zweige einer Wheatstone-Brücke wirkenden Platinwicklungen ausgerüstet ist und die gleichzeitig als Heizwicklung dieses Röhrchens fungieren, eine dem Sauerstoffgehalt proportionale Querströmung ausgebildet. Die dadurch entstehende thermische und demzufolge auch widerstandsmäßige Verstimmung der Brücke wird angezeigt und ist ein Maß für den Sauerstoffgehalt im zu untersuchenden Gasmisch.

Ebenfalls als externer Meßwertgeber läßt sich eine sogenannte pO_2 -Mikromefkammer (Anleitung, VEB Metra) verwenden. Sie besitzt in gleicher Weise eine elektrochemische Meßzelle zur O_2 -Partialdruckmessung wie die pO_2 -Stabmeßzelle.

In beiden Fällen der externen Meßwertgewinnung wird der entsprechende Meßwertgeber vom zu untersuchenden Gasmisch durchströmt. Er wird dabei stets – gegebenenfalls unter Zwischenschaltung einer Umlaufpumpe – über eine Zu- und Abflußleitung mit der Meßkammer des Gasdiffusionsgerätes verbunden.

Die diskontinuierliche Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in der Meßkammer kann durch Entnahme einer Testgasmenge aus der Meßkammer erfolgen. Zu diesem Zweck wurde die Meßkammer mit einer durch ein Nadelventil (Betriebsdokumentation, UNITRA) vakuumdicht verschließbaren Aufnahmevorrichtung für eine Injektionspritze ausgestattet (Abb. 1). Die quantitative Untersuchung des entnommenen Testgases erfolgt mit einschlägigen Geräten zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes (z. B.

pO₂-Mikromeßkammer, Gaschromatograf (Betriebsanweisung, VEB Chromatron), Mikro-Gasanalysergerät nach Scholander (Bedienungsanweisung, VEB Technisches Glas).

Bei der praktischen Durchführung der Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten ist es zweckmäßig, wenn in regelmäßigen Abständen die reproduzierbare Arbeitsweise des verwendeten Gasdiffusionsgerätes überprüft werden kann. Die für diese Überprüfung denkbare Variante, für den Vergleich anstelle eines Probenbehälters das sich im Aufnehmer befindliche Luftvolumen zu benutzen, ist auf Grund des starken Umgebungseinflusses ungeeignet. Deshalb wurden für die Überprüfung Vergleichskörper aus inertem porösem Material bekannter offener Porosität und Porenvolumenverteilung geschaffen (Kleinstäuber und Haupt 1984). Sie werden mit den Abmessungen des Probenbehälters gefertigt und können demzufolge unmittelbar anstelle des Probenbehälters in dessen Aufnehmer eingesetzt werden.

Als poröses Material wurde keramischer Filterstein (Prospekt, VEB Filterwerk) verwendet. Dieses keramische Material wird zwischen den Porendurchmessern 25 µm und 200 µm in 6 Bereichen hergestellt. Damit wird durch das Vergleichsmaterial der für den Ablauf der Gasdiffusion maßgebende Makroporenbereich (> 10 µm) des zu untersuchenden Bodens überstrichen. Der keramische Filterstein wurde oben und unten in zwei Aufnahmeringen gefaßt und seine Mantelfläche zur Vermeidung von Nebenschlüssen für die diffundierenden Gaskomponenten mit aufgeklebter Aluminiumfolie abgeschlossen.

Mittels eines solchen Vergleichskörpers konnte die Zeitabhängigkeit des O₂-Partialdruckes in der Meßkammer des gefertigten Gasdiffusionsgerätes hochsignifikant reproduziert werden (Abb. 6). Das entwickelte Gasdiffusionsgerät wurde erprobt und seine Funktionstüchtigkeit bei der Bestimmung des Diffusionskoeffizienten von Bodenproben nachgewiesen (Abb. 7). Inzwischen wurde das Gerät im bodenphysikalischen Labor des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Jena, in den Routinebetrieb überführt und für die Bestimmung des O₂-Diffusionskoeffizienten von Böden mit unterschiedlichem Struktur- und Feuchtezustand zum Zwecke der Charakterisierung ihres Gasaustauschverhaltens erfolgreich eingesetzt (Paul 1985, Paul und Werner 1986).

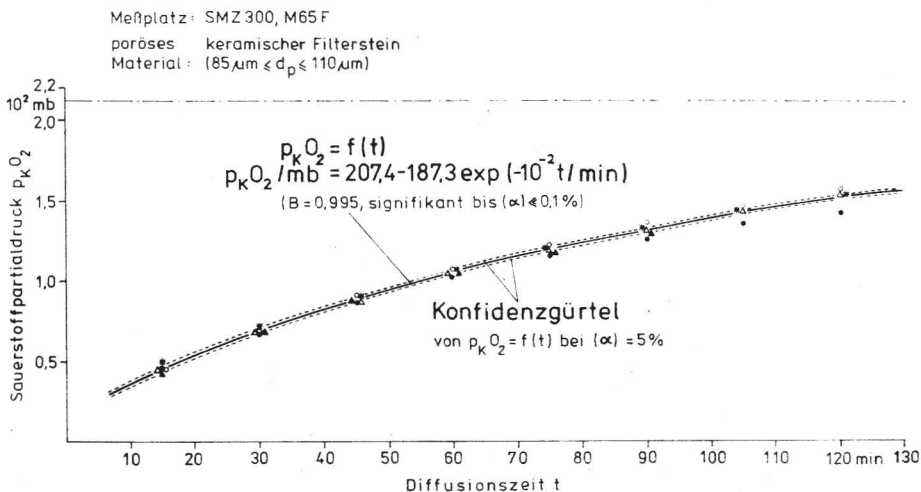


Abb. 6. Reproduktion der Zeitabhängigkeit des Sauerstoffpartialdruckes $p_K O_2$ in der Meßkammer bei porösem keramischem Material

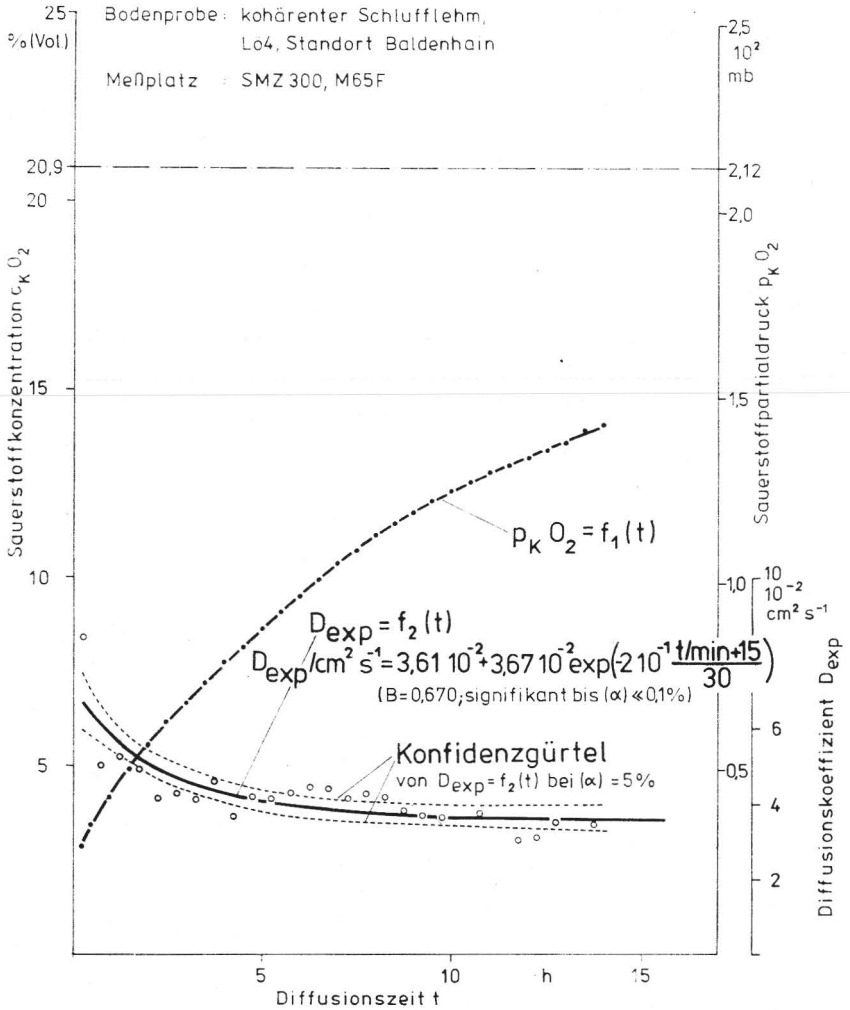


Abb. 7. Sauerstoffpartialdruck $p_K O_2$ bzw. -konzentration $c_K O_2$ in der Meßkammer und experimentell ermittelter Diffusionskoeffizient D_{exp} in Abhängigkeit von der Zeit t bei Boden

4. Zusammenfassung

Aufbauend auf den Ergebnissen theoretischer Untersuchungen wurde ein Gasdiffusionsgerät entwickelt, bei dem der tatsächliche Diffusionskoeffizient ohne Korrektur unmittelbar aus dem experimentell ermittelten Diffusionskoeffizienten bestimmt werden kann. Im Gegensatz zum konventionellen, mit Spülung arbeitenden Verfahren wird die Partialdruckdifferenz zwischen den Grenzflächen der Probe durch Evakuieren der geschlossenen Meßkammer, anschließende Füllung mit Trägergas und schließlich durch plötzliche Freigabe der meßkammerseitigen Grenzfläche der Probe zur Meßkammer hin erzeugt. Die Meßkammer wurde aus diesem Grunde konstruktiv als Rezipient ausgeführt.

Im Wegfall iterativer Korrekturen bei der Bestimmung des tatsächlichen Diffusionskoeffizienten, die ohnehin problematisch sind, weil sie eine genaue Kenntnis des Korrekturfaktors abhängig von seinen Bestimmungsgrößen voraussetzen, und in einem reduzierten Verbrauch an Trägergas liegt auch der ökonomisch-technische Effekt, der durch die Weiter-

entwicklung erzielt wurde. Dabei ist die Einsparung von Trägergas immer dann relevant, wenn es – wie häufig in Bodenphysiklabors – nur begrenzt zur Verfügung steht, andererseits aber eine große Anzahl von Bodenproben untersucht werden muß. Bei den meisten bodenphysikalischen Fragestellungen ist das bei der Vielzahl in Frage kommender Einflußgrößen und bei der erforderlichen Anzahl an Wiederholungen der Fall. Bezüglich der Gewinnung der für die Bestimmung des experimentellen Wertes des Diffusionskoeffizienten erforderlichen Meßgrößen besitzt das entwickelte Gerät große Universalität, so daß eine Vielzahl von Meßplatzkonfigurationen möglich ist.

Eine Überprüfung der reproduzierbaren Arbeitsweise des Gerätes kann vorgenommen werden.

Das Gerät befindet sich bereits in der bodenphysikalischen Grundlagenforschung erfolgreich im Einsatz.

Schrifttum

- Bakker, J. W., and 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., and 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.
- Currie, J. A.: Gaseous diffusion in porous media. Part. 1. A nonsteady 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.
- Kleinstäuber, G., und J. Haupt: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten. WP 225 785 B1 DD 1984, 14 S.
- Kleinstäuber, G., und J. Haupt: Theoretische Grundlagen für die Weiterentwicklung der Apparatur zur Bestimmung des Gasdiffusionskoeffizienten. *Hercynia N. F.* **25** (1988) 455–462.
- Poch, T.: Sauerstoffmonitor AM 260 (in Entwicklung). Forschungsinstitut Meinsberg/Sa. mündliche Information 1984.
- Paul, R.: Untersuchungen zur Strukturabhängigkeit der Gasdiffusion in Bodenverdichtungs-zonen. Müncheberg, FZ Bodenfruchtbarkeit, Akad. Landw.-Wiss. DDR, Diss. A 1985, 53 S.
- Paul, R., und D. Werner: Untersuchungen zur Strukturabhängigkeit der Gasdiffusion in Bodenverdichtungs-zonen. *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd.* **30** (1986) 681–687.
- Shearer, R. C., R. J. Millington and J. P. Quirk: Oxygen diffusion through sands in relation to capillary hysteresis. 2. Quasi-steady-state diffusion of oxygen through partly saturated sands. *Soil Sci.* **101** (1966) 432–436.
- TGL 31 222/01
Fachbereichsstandard (Entwurf 11/84), Physikalische Bodenuntersuchungen; Begriffe, Formelzeichen Einheiten. – 1984.
- Ventile, Katalog Teil 4;
VEB Hochvakuum Dresden
- Drehdurchführungen, Technische Dokumentation;
VEB Hochvakuum Dresden
- Anleitung zur pO_2 -Messung mit der Stabmeßzelle;
VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
- Bedienungsanleitung für den O_2 -Meßplatz und den O_2 -Dosierautomat;
VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
- Beschreibung und Bedienungsanweisung zum O_2 -Meßverstärker M 65 F;
VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
- Beschreibung und Bedienungsanleitung zum O_2 -Meßverstärker M 80;
VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
- Sauerstoffmeßgeräte AM 211, AM 221, AM 232, AM 233;
Prospekte des Forschungsinstitutes Meinsberg/Sa.

- Beschreibung und Bedienungsanleitung zum Universal-pO₂-Meter MO 10;
VE Kombinat Präcitronek Dresden
- Permolyt 2;
Prospekt des VEB Junkalor Dessau
- Anleitung zur pO₂-Messung mit den Mikromeßkammern Typ W und Typ E;
VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
- Technische Betriebsdokumentation der Nadelventile Typ ZD 20 und ZD 200;
Ministerium für Maschinenbau VR Polen, Vereinigung der elektronischen Industrie
„UNITRA“, Warszawa
- Hochtemperatur-Gaschromatograf GCHF 18.3.-4, Betriebsanweisung;
VEB Chromatron Berlin
- Bedienungsanleitung des Mikro-Gasanalysengerätes nach Scholander Typ MGS;
VEB Kombinat Technisches Glas Ilmenau
- Normformate keramischer Filtersteine;
Prospekt des VEB Filterwerk Meißen

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

Riedel, R., und F. W. Wuketits (Hrsg.): **Die Evolutionäre Erkenntnistheorie.** Bedingungen – Lösungen – Kontroversen. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey, 1987. 287 S., 6 Tab., 39,80 DM.

Die Evolutionäre Erkenntnistheorie (EE) ist eine neue, faszinierende Theorie im Spannungsfeld von Naturwissenschaften und Philosophie, die sich dem stammesgeschichtlichen Werdegang menschlichen Denkens und Erkennens zuwendet. Natürlich findet die EE – wie auch andere Theorien, die fachwissenschaftliche Grenzen überschreiten und in philosophische Domänen einbrechen – nicht nur Zustimmung. Deshalb ist es nur zu begrüßen, daß sich im April 1986 in Wien, dem Geburtsort der EE, Begründer, Verfechter, Anhänger und Widersacher versammelten, um vor über tausend Symposiumsteilnehmern zu referieren. Resultat ist ein Buch, das alle gehaltenen Vorträge sowie ihre kritischen Kommentierungen durch Opponenten und die wesentlichsten Diskussionsbeiträge enthält. Biologen, Verhaltenswissenschaftler, Philosophen, Wissenschafts- und Erkenntnistheoretiker betrachten aus ihren spezifischen Blickwinkeln die Evolution und die Möglichkeiten und Grenzen menschlicher Erkenntnisfähigkeit. Gestritten wird um evolutionäre und philosophische Erkenntnistheorie, Erkenntnis und Kenntnis, a priori und a posteriori, Homologie und Analogie, Anpassung und Passung, Wahrnehmung und Wahrheit, Vernunft und Unvernunft usw. usf.

Das Buch ist überaus wertvoll und kann uneingeschränkt allen naturwissenschaftlich und philosophisch interessierten Lesern empfohlen werden. Es dient der weiteren Etablierung und exakteren Standortbestimmung der EE innerhalb der Wissenschaftstheorien, zum anderen kann sich der Leser schnell einen Überblick über die mannigfaltigen Interpretationen der EE verschaffen. Der bisher mit der EE weniger Vertraute sollte zuerst den Beitrag von G. Vollmer lesen.

R. Gattermann