


Ergebnisse österreichischer Aktivitäten im Internationalen Hydrologischen Programm (IHP) 1981–1990			Redaktion: Walter Kollmann & Albert Daurer		
	Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.	ISSN 0253-097X ISBN 3-912-300312-84-2	Band 14	S. 103–107	Wien, Februar 1993

Errichtung einer Lysimeteranlage zur Bestimmung der Evapotranspiration

Von FRITZ NEUWIRTH*)

Mit 2 Abbildungen

*Österreich
Niederösterreich
Wien
Marchfeld
Wasserhaushalt
Evapotranspiration
Lysimeter*

*Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 59*

Inhalt

Zusammenfassung	101
Abstract	101
1. Einleitung	101
2. Auswahl der Lysimetertypen und Wahl des Standortes	102
3. Die Lysimeter	102
4. Die Füllung der Bodenbehälter	103
5. Die Datenerfassung	104
6. Die Ziele der Lysimeteranlage bzw. der agrarmeteorologischen Station	104
Literatur	105

Zusammenfassung

In Großenzersdorf im Marchfeld wurde 1981/82 eine Lysimeteranlage installiert. Daten aus der kontinuierlichen Messung der Evapotranspiration liefern wertvolle Beiträge zu agrarmeteorologischen Prognosen, zu Wasserhaushaltsstudien im Marchfeld und für boden- und pflanzenkundliche Untersuchungen.

Installation of a Lysimeter for Determination of Evapotranspiration

Abstract

In the years 1981/82 in Großenzersdorf (Marchfeld/Lower Austria) a lysimeter was installed. Data from continuous observation of evapotranspiration yield valuable contributions for agricultural-meteorological forecasts, for water supply research and pedological and botanical studies.

1. Einleitung

Zum Zeitpunkt der Ideenfindung dieses Projektes, das im Rahmen des Forschungsprogrammes „Hydrologie von Österreich“, dem Nachfolgeprogramm der „Internationalen Hydrologischen Dekade“ bzw. des „Internationalen Hydrologischen Programmes“ durchgeführt wurde, bestand an der Zentralanstalt für Meteorologie eine Ar-

beitsgruppe, die sich einige Jahre sehr intensiv mit der Verdunstung von Wasserflächen bzw. von Schneeflächen beschäftigt hatte (H. DOBESCH, F. NEUWIRTH, 1982, F. NEUWIRTH, 1978).

Es lag daher nahe, sich in weiterer Folge mit der Verdunstung von Flächen mit Bewuchs, also mit der Evapotranspiration, zu befassen. Hier bestanden insbesondere durch Fehlen einer modernen, zeitgemäßen diesbezüg-

*) Anschrift des Verfassers: Dr. FRITZ NEUWIRTH, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Postfach 342, Hohe Warte 38, A-1191 Wien.

lichen Meßanlage zum damaligen Zeitpunkt echte Forschungsdefizite. So wurde versucht, im Rahmen des Projektes HÖ 4 eine geeignete, sogenannte Lysimeteranlage zu errichten (F. NEUWIRTH & W. MOTTL, 1983).

Bei der Verdunstung geht eine Flüssigkeit oder ein fester Stoff in den gasförmigen Aggregatzustand über. Die Verdunstung von Wasser in die Atmosphäre tritt von den Oberflächen der Seen, der Meere und der Flüsse, vom Boden und von nasser Vegetation auf. Ein großer Anteil des Wassers, das von Pflanzen verdunstet, besteht jedoch aus dem Wasser, das die Pflanze über ihre Stomata (Spaltöffnungen) verläßt. Dieser Vorgang wird Transpiration bezeichnet (N.J. ROSENBERG, 1974, T.R. OKE, 1978, W.H. BUTSAERT, 1982) Verdunstung vom Boden und Transpiration der Pflanzen treten in der Natur gleichzeitig auf, sodaß sie schwer unterscheidbar sind. Deshalb wird der gemeinsame Prozeß des Wassertransportes vom vegetationsbedeckten Boden in die Atmosphäre mit Evapotranspiration bezeichnet.

Die Evapotranspiration, die bisweilen im Gegensatz zur „potentiellen“ Verdunstung als „aktuelle“ Verdunstung bezeichnet wird, stellt als Wasserhaushaltskomponente für verschiedenste Wissensbereiche wie Meteorologie, Hydrologie, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Raumplanung eine wichtige Größe dar.

Die direkte Messung der Evapotranspiration erfolgt mit Lysimetern, worunter ein oder mehrere in den Boden eingelassene Behälter zu verstehen sind, die weitgehend gleichen Boden und gleiche Vegetation aufweisen müssen wie das umgebende Land und aus dessen Gewichtsänderungen unter Berücksichtigung des Niederschlages und des Sickerwassers die Evapotranspiration als Restglied vorliegt.

Der Einsatz von entsprechend dimensionierten Lysimetern zur Messung der Evapotranspiration entspricht den Empfehlungen einschlägiger Organisationen (WMO, International Commission on Irrigation and Drainage). Nach der Einstellung der Lysimetermessungen in Petzenkirchen 1951 war in Österreich zum damaligen Zeitpunkt im Gegensatz zu den Nachbarländern kein geeignetes Lysimeter im Einsatz. Es wurde daher versucht, im Rahmen des Forschungsprogrammes „Hydrologie von Österreich“, dem Nachfolgeprogramm der „Internationalen Hydrologischen Dekade“ bzw. des „Internationalen Hydrologischen Programmes“, eine entsprechende Anlage zu errichten.

2. Auswahl der Lysimetertypen und Wahl des Standortes

Lysimeter werden nach verschiedenen Ordnungsprinzipien eingeteilt (KWK-DVWW 1979, FAO 1982):

- Nach der Größe: Kleinstlysimeter, Lysimeter, Großlysimeter
- Nach der Wägbarekeit: nicht wägbare, wägbare Lysimeter
- Nach dem Vorhandensein von Grundwasser oder Unterdruck: grundwasserfreie Lysimeter: ohne/mit Unterdruck Grundwasserlysimeter: mit konstantem/variablem Grundwasserspiegel
- Nach der Einbringungsart des Bodens: gestört (eingefüllt), ungestört (Monolithen)
- Nach der Bodenart: geschichtet, ungeschichtet, tonig, schluffig, sandig
- Nach dem Bewuchs: ohne Bewuchs, Grünland, Acker, Nutzung, Wald

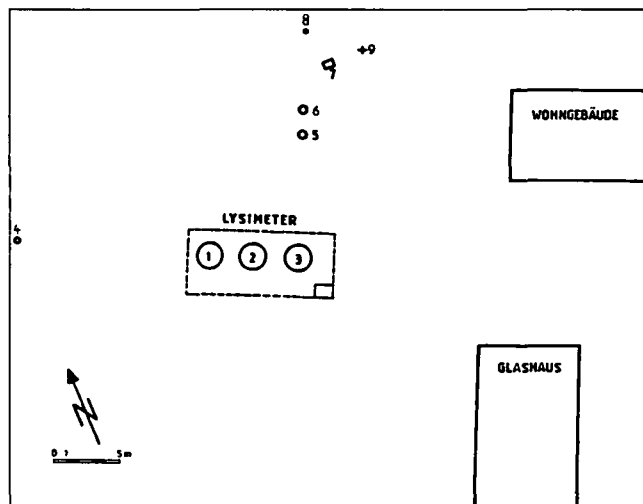


Abb. 1. Lageplan der agrarmeteorologischen Station Großenzersdorf: 1, 2 = Lysimeterbehälter, 3 = Niederschlagsauffangtrichter, 4 = Meteorologischer Meßmast, 5 = GGI-3000 Niederschlagsauffangtrichter, 6 = GGI-3000 Verdunstungswanne, 7 = Wetterhütte, 8 = Ombrometer, 9 = Wild'sche Fahne.

Als Standort einer zu errichtenden Lysimeteranlage wurde das östliche Flachland Österreichs, das Marchfeld mit seiner intensiven landwirtschaftlichen Nutzung als geeignet und nützlich angesehen. Weiters wurde die Ansicht vertreten, daß die vernünftige Betreibung eines Lysimeters nicht alleine durch Meteorologen vor sich gehen kann, sondern daß gerade eine Lysimeteranlage interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Vertretern der Bodenphysik, des landwirtschaftlichen Wasserbaues, des Pflanzenbaues usw. verlangt.

Es wurden deshalb als Standort die Versuchsfelder der Außenstelle der Universität für Bodenkultur in Großenzersdorf in unmittelbarer Nähe von Wien ausgewählt, wobei insbesondere das Institut für Wasserwirtschaft, Wasserbiologie und Fischereiwirtschaft (Prof. SUPERSBERG) besonderes Interesse an dem Vorhaben bekundete und Mitarbeit in Aussicht stellte. An Zusammenarbeit interessiert zeigte sich auch das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Prof. STEINECK), das den erforderlichen Platz zur Verfügung stellt (Prof. STORCHSCHNABEL). Als Lysimetertyp wählte man nach eingehender Diskussion wägbare, grundwasserfreie Lysimeter.

3. Die Lysimeter

Wägbare Lysimeter sind dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe von Waagen das Gewicht der Bodenbehälter festgestellt werden kann. Mit der Gewichtsänderung von einem Meßzeitpunkt zum anderen ist bei einer Mitwägung des Sickerwassers und Erfassung des Niederschlages die Wasserhaushaltsgleichung nach der Evapotranspiration auflösbar:

$$G = R - S - ET \quad (1)$$

wobei ET die Evapotranspiration, G die Gewichtsänderung des Lysimeters, R der Niederschlag auf das Lysimeter und S die gemessene Menge des Sickerwassers durch das Lysimeter bedeuten.

Bei wägbaren Lysimetern stehen die Bodenbehälter in einem Waagenschacht auf der Wägevorrichtung und müssen über einen Keller („Lysimeterkeller“) frei zugänglich sein. Der Boden muß ebenerdig eingebaut sein. Der

Schlitz zwischen Bodenbehälter und Waagenschacht soll möglichst klein gehalten werden. Die verwendeten Waagen sollten eine kontinuierliche elektrische Gewichtregistrierung durch z.B. Gewichtsmessdosen ermöglichen.

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Lysimeter der Firma „Compagnie Industrielle Radioelectrique“ in Bern bestellt, die einschlägige Erfahrungen im Bau von Lysimeteranlagen besitzt.

Die Bodenbehälter bestehen aus einem zylindrischen Mantel und einem gewölbten Boden aus glasfaserverstärktem Polyesterharz. Der Innendurchmesser der Behälter beträgt 1900 mm, die größte Tiefe 2500 mm, also folgt ein Volumen von ca. 7 m³.

Die Bodenbehälter ruhen mit vier Konsolen auf dem mechanischen Wiegesystem, wobei das Gewicht über vier Abstützjoche mit verstellbaren Auffangpunkten und Horizontalgleitflächen in das Balkensystem („Wiegegebälk“) übertragen wird.

Das Wiegegebälk untersetzt das Bodenbehältergewicht und leitet es in den Gewichtsmesskopf ein. Es ist in wartungsfreien und präzisen Messergelenken (Schneiden/Pfannen) gelagert. Pro Lysimeter ist in die mechanische Waage je ein elektrischer Gewichtsmesskopf eingebaut, wobei durch Montage auf horizontalen Wälzlager seitliche Kräftekomponenten aufgefangen werden. Der Meßkopf arbeitet nach dem Biegestabprinzip mit einer Auflösung von 0,2 kg bei einem mechanischen Meßbereich der Waagen von 6 bis 20 Tonnen. Dies ist nur möglich, weil das Bodenbehältergewicht mechanisch und elektronisch bis auf eine Restgröße von 200 kg ausbalanciert wird. Die Gewichtsänderungen können in der elektronischen Anzeige in einem Bereich von ±1 Tonne erfaßt werden. Die nicht unerheblichen Anschaffungskosten für die Bodenbehälter, mechanischen Waagen und elektronischen Anzeigevorrichtungen (ca. 1,2 Mio. S) konnten mit den finanziellen

Mitteln des Projektes „Evapotranspiration im Marchfeld“ im Rahmen des Forschungsprogrammes „Hydrologie von Österreich“ über die Akademie der Wissenschaften bereitgestellt werden.

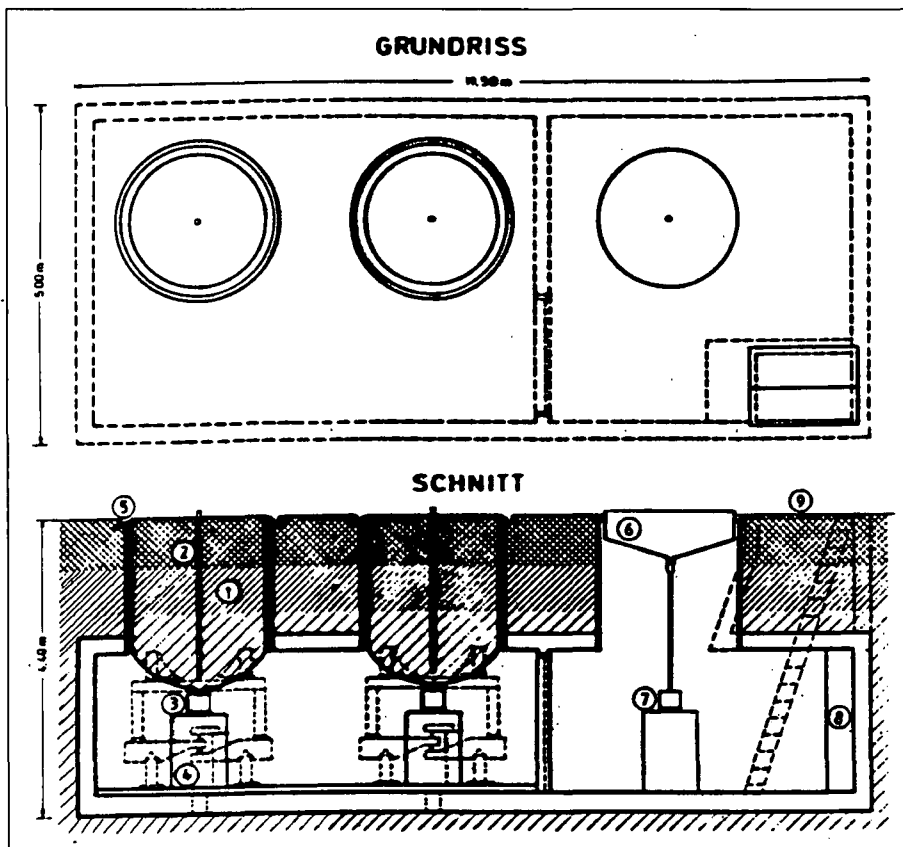
Zur Aufnahme der Lysimeter war der Bau eines entsprechenden Lysimeterkellers notwendig. In Abb. 1 und Abb. 2 werden Grundriß und ein Schnitt des Lysimeterkellers sowie ein Lageplan der agrarmeteorologischen Station vorgestellt.

Der Keller ist in zwei Räume unterteilt: Im ersten Raum mit dem Stiegenabgang ist der Auffangtrichter zur Erfassung des horizontal auffallenden Niederschlages. Dieser Auffangtrichter hat die gleiche Oberfläche und ist in der gleichen Höhe über Boden montiert worden wie die Bodenbehälter der Lysimeter.

Die automatische Datenerfassungsanlage ist im Vorraum aufgestellt. Im zweiten Raum stehen die beiden Waagen mit der elektronischen Gewichtsanzeige und die Meßgeräte (Wippen) zur Erfassung des Sickerwassers durch die Bodenbehälter.

Der Bau des Lysimeterkellers wurde vom Institut für Wasserwirtschaft, Wasserbiologie und Fischereiwirtschaft und vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur sowie von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Wege des Rektors der Universität für Bodenkultur beim Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung beantragt und dort bewilligt.

Die tiefbaulichen Maßnahmen konnten im Herbst 1981 abgeschlossen werden, die Bodenbehälter und die mechanischen Waagen im Frühjahr 1982 montiert werden. Nach der mechanischen Montage der Waagen bzw. der Bodenbehälter konnte mit dem Füllen der Behälter mit Bodenmaterial begonnen werden.



4. Die Füllung der Bodenbehälter

Der Bodenkörper im Behälter ist das Kernstück einer Lysimeteranlage. Die Forderungen, die an diesen gestellt werden, haben eine große Bedeutung für die Interpretation der Meßergebnisse, wenn sie Aufschluß über Bodenwasserbewegung und aktuellen Verdunstungsvorgang unter Feldbedingungen geben sollen. Prinzipiell soll deshalb der Aufbau des Bodens im Behälter dem der natürlichen Verhältnisse im Umland entsprechen. Dies ist aber nur bei einem ungestörten Monolithen der Fall. Bei der Lysimeteranlage in Großenzersdorf war ein Füllen

Abb. 2. Grundriß und Schnitt der Lysimeteranlage:
1 = Bodenkörper, 2 = Sondenführungsrohr, 3 = Sickerwassermessung, 4 = Wiegeeinrichtung, 5 = Spritzwasserrinne, 6 = Niederschlagsauffangtrichter, 7 = Niederschlagsmessung, 8 = Datenerfassungsanlage, 9 = Einstiegschacht.

notwendig, da das Einbringen eines Monolithen wegen der Größe des erforderlichen Bodenkörpers technisch äußerst schwierig und damit zu kostspielig gewesen wäre. Die Aufgabe war also, die natürlichen Lagerungsverhältnisse des Bodens so genau wie möglich im Behälter nachzubauen, was bei einem geschichteten Boden wesentlich aufwendiger ist als bei einem ungeschichteten. Auch das Verdichtungsverfahren hängt von der Art des Bodenaufbaues ab. Handelt es sich um ungeschichtete Böden, kann neben der mechanischen Verdichtung auch eine Verdichtung durch schichtweises Einschlämmen von Bodenmaterial gewählt werden (FAO 1982). Bei Mehrschichtböden wird ausschließlich mechanisch verdichtet. Durch beide Verfahren kann zwar die ursprüngliche Lagerungsdichte erreicht werden, das Bodengefüge wird aber derart verändert, daß im Porenvolumen der Anteil der weiten Poren verringert wird, was vor allem auf die Bodenwasserbewegung und den Wärmehaushalt großen Einfluß hat. Natürliche Verhältnisse in diesem Bodenkörper werden sich erst nach längerer Zeit durch biologische Tätigkeit, durch witterungsbedingte Einflüsse sowie durch die Vegetation einstellen.

In Großenzersdorf erfolgte der Bodenaushub in der Nähe der Lysimeteranlage, an einer Stelle, die vom Bodenaufbau her für die unmittelbare Umgebung, bzw. für weite Teile des Marchfeldes typisch ist. Bei dem Bodentyp handelt es sich um einen tiefgründigen Tschernosem aus Schwemmlöß (Mehrschichtboden), der bis zu einer Tiefe von ca. 1,40 m reicht und auf kiesig-schotterigem Material aufliegt. Der Boden wurde in etwa 20 cm mächtigen Schichten von Horizont zu Horizont bis zur Kiesoberkante abgetragen. Während des Aushubes wurde von jeder Schicht die natürliche Lagerungsdichte bestimmt. Der Kies wurde dem Aushubmaterial vom Bau des Lysimeterkellers entnommen, wobei hier die Lagerungsdichte mit einer Gammasonde bestimmt wurde.

Nach Abschluß der Aushubarbeiten konnte mit dem Füllen der Behälter begonnen werden. Noch vor dem Einbringen des Bodenmaterials wurde ein 2 m langes Sondenrohr, das der kontinuierlichen Bodenfeuchtemessung dient, zentrisch im Behälter fixiert. Die Füllung begann mit einer ca. 1 m hohen Kies-Schotterschicht, die darauffolgenden Schichten wurden dann nach jeder Einbauhöhe von etwa 10 cm mit einem Druckluftstampfer mechanisch verdichtet. Die Kontrolle der Lagerungsdichte erfolgte alle 20 cm durch Entnahme von Stechzylinderproben. Diese Bodenproben sollen auch für die bodenphysikalische Beschreibung des Bodenkörpers im Labor untersucht werden.

Die Füllung der Bodenbehälter war im Sommer 1982 abgeschlossen. Nach Bodensetzungen durch die Witterungseinflüsse des Winters wurde im Frühjahr 1983 ein Rasen angebaut.

5. Die Datenerfassung

Für den Endausbau der Station werden folgende Parameter kontinuierlich erfaßt:

- * Gewichtsänderung der Bodenbehälter,
- * Sickerwassermenge durch die Bodenbehälter,
- * Bodenebener Niederschlag,
- * Bodentemperaturen in den Bodenbehältern,
- * Globalstrahlung,
- * Kurzwellige Reflexstrahlung der Oberfläche der Lysimeter,

- * Strahlungsbilanz als Summe der kurzwelligen und langwelligen Strahlungsströme über der Oberfläche der Bodenbehälter,
- * Himmelsstrahlung,
- * Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in 3 Höhen über Grund auf einem 10 m hohen Meßmast.

Die kontinuierliche Erfassung dieser Werte erfolgt durch eine automatische Datenerfassungsanlage, die beim Institut für Elektronik des Österreichischen Forschungszentrums Seibersdorf in Auftrag gegeben wurde. Durch die Datenerfassungsanlage werden alle anfallenden Werte kontinuierlich erfaßt und in Form von Stundenwerten in bereits aufbereiteter Form an Ort und Stelle über einen Drucker ausgegeben und gleichzeitig auf Magnetbandkassette abgespeichert.

Mittels Magnetbandkassette erfolgt die weitere Bearbeitung auf der Rechenanlage der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Neben den auf diese Weise erfaßten Werten stehen auch die Ergebnisse der in Großenzersdorf seit vielen Jahren befindlichen Klimastation mit dem üblichen Beobachtungs- und Meßprogramm zur Verfügung, die sich in unmittelbarer Nähe befindet.

Vom Institut für Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur werden überdies seit einigen Jahren Messungen der potentiellen Verdunstung mittels Verdunstungswannen der Type GGI 3000 durchgeführt. Vom gleichen Institut wird wöchentlich mehrmals in den Bodenbehältern der Lysimeter mittels Neutronensonde die Bodenfeuchte erfaßt.

6. Die Ziele der Lysimeteranlage bzw. der agrarmeteorologischen Station

Nach der kompletten Einrichtung der Station soll die Evapotranspiration im Marchfeld kontinuierlich erfaßt werden.

Durch die vorhandene Instrumentierung kann die Verdunstung auch indirekt mit den anerkannten Methoden des Wärmehaushaltes bzw. der aerodynamischen Profilmethode bestimmt und mit den Messungen aus dem Lysimeter verglichen werden.

Ausgehend von den so erhaltenen Verdunstungswerten soll versucht werden, die Evapotranspiration im Marchfeld aus einfachen, allgemein zur Verfügung stehenden Klimadaten abzuschätzen.

Die Meßdaten waren für die Projekte „Die Abschätzung der Regionalverdunstung in Ostösterreich“ (Projektleitung: H. DOBESCH) und Regionale Grundwasserneubildung im Marchfeld“ (Projektleitung: H. NACHTNEBEL) von Vorteil (H. DOBESCH, 1992, H. NACHTNEBEL, H. HOLZMANN, 1992).

Durch die fundierte Abschätzung der Evapotranspiration ist eine wesentliche Hilfestellung bei den schwierigen Fragen des Wasserhaushaltes des Marchfeldes gegeben.

Alle erfaßten meteorologischen Größen stellen überdies für die verschiedensten bodenkundlichen und pflanzenkundlichen Versuche, die in Großenzersdorf von Seiten der Universität für Bodenkultur durchgeführt werden, eine wertvolle Information dar, die für die Deutung der Versuchsergebnisse unerlässlich ist.

Die erfaßten Werte stellen auch die Grundlage für die während der Vegetationsperiode von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik herausgegebenen agrarmeteorologischen Prognosen für das Marchfeld.

Literatur

BUTSAERT, W.H.: Evaporation into the Atmosphere, Theory, History and Applications. – Dordrecht – Boston – London (D. Reidel Publishing Company) 1982.

DOBESCH, H.: Die Abschätzung der Regionalverdunstung in Ostösterreich. – Archiv für Lagerstättenforschung, Bd. 14, 1992.

KWK-DVWW Regeln zur Wasserwirtschaft: Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. – Heft 114, 1979.

FAO Irrigation and Drainage Paper No. 39: Lysimeters. – Rome, 1982.

NACHTNEBEL, H.P. und H. HOLZMANN: Regionale Grundwasserneubildung im Marchfeld. – Archiv für Lagerstättenforschung, Bd. 14, 1992.

NEUWIRTH, F. & W. MOTTL: Errichtung einer Lysimeteranlage an der agrarmeteorologischen Station Großenzersdorf. – Wetter und Leben, 35, 48–53, 1983.

NEUWIRTH, F. & H. DOBESCH: Die Beiträge der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zum Internationalen Hydrologischen Programm 1975 bis 1980. – Wetter und Leben, 34, 69–84.

NEUWIRTH, F.: Die Bestimmung der Verdunstung einer freien Wasserfläche aus längerfristigen Mittelwerten. – Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B, 25, 337–344, 1978.

OKE, T.R.: Boundary Layer Climates. – New York (Methuen & Co. Ltd.) 1978.

ROSENBERG, N.J.: Microclimate. The Biological Environment. – New York – London – Sydney – Toronto (John Wiley & Sons) 1974.

3. Tätigkeitsbericht 1949/1950. – Mitteilungen aus dem Bundesversuchsinstitut für Kulturtechnik und Technische Bodenkunde, Petzenkirchen, 1951.