

Zum Wasserhaushalt von landwirtschaftlichen Fruchtfolgen auf anlehmigem Sandboden - dargestellt anhand einer 10jährigen Meßreihe (1982-1991) der wägbaren Lysimeterstation der Zentralen Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes Braunschweig-Völkenrode

WILFRIED SCHÄFER, EBERHARD SIEGERT und ROLAND HENNINGS

Institut für Betriebstechnik
und

Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes

1. Einleitung

Die möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Evapotranspiration von Pflanzenbeständen ist seit den ersten menschlichen Zivilisationen eine entscheidende Voraussetzung für den Acker- und Pflanzenbau. Darüber hinaus werden wasserwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Entscheidungen in zunehmendem Maße davon abhängig gemacht, wie es gelingt, den erforderlichen Gesamtwasserbedarf in Quantität und Qualität zu sichern.

Reproduzierbare Meßwerte über den Wasserverbrauch von Pflanzen und über die jährliche Grundwasserneubildung sind nur in aufwendigen mikrometeorologischen Meßstationen oder durch teure wägbare Lysimeteranlagen bereitzustellen.

An der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes in Braunschweig wurden 1974 zwei wägbare Unterdrucklysimeter erstellt. Über Aufbau, Funktion, Meßgenauigkeit und erste Erfahrungen wurde von Hoyningen-Huene und Bramm (1978) berichtet. - Im folgenden werden die Ergebnisse der 10jährigen Meßperiode (1982-1991) mitgeteilt.

Lysimeteranlagen als Forschungsinstrument haben in Deutschland eine lange Tradition und sind in den verschie-

densten Varianten entwickelt worden (Haude, 1954; Pfaff, 1954; Czeratzki, 1959; Lütze, 1965 und 1968; Weise und Vetterlein, 1968; Schroeder, 1970, 1975, 1987; Wesche, 1970; Schiff, 1971; Jürgens-Geschwindt, 1977; Hoyningen-Huene und Bramm, 1978; Hellekes, 1982; Heelekes et al., 1984; Roth et al., 1984, 1989, 1991, 1992; Günther, 1987; Grinsven et al. 1991).

Zwei wesentliche Hauptaufgaben werden mit Hilfe der Lysimetrie verfolgt:

1. Eine möglichst exakte Erfassung der Wasserbilanz eines Standortes, um Kenntnisse darüber zu erhalten
 - a) welcher Anteil der Niederschläge durch Evapotranspirationvorgänge aus dem Boden entnommen wird und
 - b) welche Anteile der Niederschläge als Versickerungsrate dem Grundwasserfonds zugeleitet werden.

Dabei sind je nach Fragestellung unterschiedliche Zeiträume interessant: Tagesverläufe, Verdunstungssummen von bestimmten Vegetationsabschnitten, von Vegetationszeiten, Monaten und Jahren in Abhängigkeit von den Fruchtarten, Niederschlägen, Bodenfeuchtesituationen, Bewirtschaftungsdensitäten...

2. Die Erfassung der möglichen Grundwasserkontamination, insbesondere von Nitrat, anderen Pflanzennährstoffen und Rückständen chemischer und biotischer toxischer Substanzen.

Auch diese Untersuchungen sind nur in einem komplexen Zusammenhang von Pflanzenart, Witterung, Konzentrations-, Lösungs- und Umsetzungsverhalten der zu untersuchenden Stoffgruppen, der Umsetzungs- und Transportprozesse im Boden u.a. lösbar.

Lysimeter sind sehr aufwendige, kostenintensive Forschungsinstrumente. Eine erfolgreiche Bearbeitung der vor Inbetriebnahme der Lysimeter aufgestellten Versuchshypothesen und Versuchsziele ist



Bild 1: Lysimeter 1/1992, Fruchtart Winterweizen

nur im Zusammengehen von Agrarmeteorologen, Bodenkundlern und Pflanzenbauern zu realisieren.

2. Material und Methoden

Bei der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Braunschweig des Deutschen Wetterdienstes wurden 1974 zwei Lysimeterbehälter (Bilder 1 und 2) inmitten einer ca. 0,5 ha großen Feldfläche installiert. Die Lysimeterbehälter haben eine quadratische Oberfläche von 175 x 175 cm und eine Tiefe von 150 cm. Die pflanzennutzbare Wasserspeichermenge des Bodenmaterials im Lysimeter beträgt bei Feldkapazität 245 mm Wasser. Bei dem Boden handelt es sich um eine Bänderparabraunerde auf eiszeitlichem Sediment über Geschiebelehm. Die Bestimmung der täglichen Massendifferenzen der Lysimeter wird mittels spezieller Wägeeinrichtung vorgenommen. Jeweils nach 15 Minuten erfolgt eine digitale Meßwertaufnahme aus einer Anzahl von $n = 180$ Einzelmessungen. Nach den 1978 mitgeteilten Untersuchungen ist mit einem Gesamtfehler der Meßanlage an niederschlagslosen Tagen für die Bestimmung der Verdunstung von 0,08 mm/d einschließlich des Trendfehlers durch Massenzuwachs zu rechnen.

Nach Auswertung der nunmehr 15jährigen Meßperiode treten an Einzeltagen und speziell bei Niederschlägen größere Meßfehler auf. An Frosttagen im Winter ist keine exakte Meßwertgewinnung zu garantieren. Außerdem kommt es aus unterschiedlichsten Gründen an Einzeltagen zu Fehlmessungen



Bild 2: Lysimeter 2/1992, Fruchtart Winterraps

oder Meßausfällen. Für Bilanzbetrachtungen müssen diese Daten korrigiert bzw. geschätzt werden. Der vorliegenden Auswertung wurden die täglichen Massendifferenzen jeweils von 7.00 Uhr bis 7.00 Uhr (24 Stunden) der gewogenen Lysimeter zugrundegelegt. Braden (1992) nimmt gegenwärtig eine Datenkontrolle und Datenkorrektur dieser Werte mit den sich aus den 15-minütigen Meßintervallen ergebenden Massenänderungen der Lysimeter vor.

Die Überprüfung der täglichen Evapotranspirationsraten und die Schätzung von Fehlern der vorliegenden Auswertung wurden anhand von Meßwerten der Globalstrahlung vorgenommen. Zunächst wurde aus dem täglichen Strahlungsangebot eine tägliche potentielle Verdunstungsrate ermittelt. Als Faktor wurden 2454 kJ Energiebedarf für die Verdunstung von 1 kg Wasser bei 20° C Wassertemperatur zugrunde gelegt. Lysimetermeßwerte, die diese potentielle Rate übertrafen, wurden korrigiert. Auch wenn Oaseneffekte, Winddriften u.a. zeitweilig höhere Energiemengen, als von der Globalstrahlung zur Verfügung stehen, an einzelnen Orten eines Feldes zuführen können, kann bei Bilanzbetrachtungen über Tage nicht mehr verdunsten, als energetisch möglich ist. Beim Auftreten solcher Fälle wurde die Datenkorrektur mittels des vorher bestimmten monatlichen prozentualen Energieanteils für die Verdunstung aus der potentiellen Verdunstungsrate für den betreffenden Tag vorgenommen. Das gleiche Vorgehen erfolgte bei Fehlern.

In den Wintermonaten (November bis Februar) wurden alle Verdunstungswerte unkorrigiert übernommen, deren umgerechnete Energiemenge als Globalstrahlungssumme, die maximal für die Verdunstung zur Verfügung steht, einen 100%igen Ausnutzungsgrad nicht übersteigt. In den übrigen Monaten betrug dieser Anteil maximal 75 %. Dieses Vorgehen erscheint sinnvoll, da der eigentliche meteorologische Energiefaktor, die Strahlungsbilanz, etwa 65...75 % Anteil an der Globalstrahlung hat (Schäfer et al., 1985).

Die Lysimeter sind in westlicher (Lysimeter I) und östlicher (Lysimeter II) Richtung innerhalb eines Feldstückes in

Jahr	Lysimeter I	Lysimeter II
1982	Zuckerrüben Wintergerste	Winterweizen Zwischenfrucht Senf
1983	Wintergerste	Zuckerrüben
1984	Zuckerrüben Winterweizen	Silomais
1985	Winterweizen Wintergerste	Sommergerste Gras
1986	Wintergerste Zwischenfrucht Senf	Gras
1987	Zuckerrüben	Gras
1988	Kartoffeln Winterroggen	Sonnenblumen Senf Winterweizen
1989	Winterroggen Zwischenfrucht Senf	Winterweizen Winterroggen
1990	Sommergerste Zwischenfr. Ölrettich	Winterroggen
1991	Kartoffeln	Sommergerste Winterraps

Tabelle 1: Fruchtwechsel der Braunschweiger Lysimeter für den Zeitraum 1982-1991

	Niederschlag	Verdunstung		Versickerung	
		Lys. I	Lys. II	Lys. I	Lys. II
Summe (mm)	6158	5049	5152	941	986
Jahresmittel (mm)	616	504	515	94	99

Tabelle 2: **Wasserbilanz am Standort Braunschweig für den Zeitraum 1982-1991**

unmittelbarer Nähe der meteorologischen Forschungsstation installiert. Dieses Feldstück wurde jährlich nach den ortsüblichen Praktiken und mit zwei unterschiedlichen Fruchtarten bewirtschaftet (Tabelle 1).

Während die Fruchtfolge des Feldstreifens am Lysimeter I mehr hackfruchtbetont ist, überwiegen bei Lysimeter II der Getreide- und Futterbau. Mit Ausnahme des Jahres 1983 bei Zuckerrüben konnten die angebauten Pflanzen ihren Wasserbedarf nur aus dem natürlichen Niederschlagsangebot decken.

Ohne auf Detailuntersuchungen einzugehen, wird im Folgenden die Wasserbilanz der vorgestellten Fruchtfolgen am Standort Braunschweig des Zeitraumes 1982-1991 dargestellt.

3. Ergebnisse

3.1 Gesamtbilanz

Während des 10jährigen Meßzeitraumes sind 6158 mm natürlicher Niederschlag im Untersuchungsgebiet gefallen (Tabelle 2). Das entspricht fast genau dem 30jährigen Mittel für

Parameter	Dimension	Zuckerrüben	Getreide
Ertrag	dt/ha	500 (Rüben) 600 (Blatt)	80 (Korn) 100 (Stroh)
Trockenmasse	%	20 12	86 90
Wassermenge	dt/ha mm	928 9,3	24 0,24

Tabelle 3: **Wasserentnahme vom Feld bei der Ernte**

Braunschweig von 619 mm Niederschlag. Von dieser Menge wurden ca. 83 % durch den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen genutzt und wieder an die Atmosphäre zurückgegeben.

Als tatsächlicher Wasserverbrauch durch die Pflanzen im Sinne einer Wasserentnahme, die dem natürlichen Wasserkreislauf längerfristig entzogen werden, können, wie Berechnungen in Tabelle 3 zeigen, nur etwa 1 % des Eintrags gerechnet werden.

Eine ähnliche Größenordnung des effektiven Wasserverbrauchs erhält man, wenn die Wasseraufnahme zur energetischen Wasserstoffgewinnung berechnet wird.

Wasserbedarf für die Photosynthese

Je 1 Mol CO₂ wird durch den Prozeß der Photosynthese zur Photolyse des Wassers 1 Mol H₂O aufgenommen.

$$44 \text{ g CO}_2 = 18 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ g CO}_2 = 0,41 \text{ g H}_2\text{O}$$

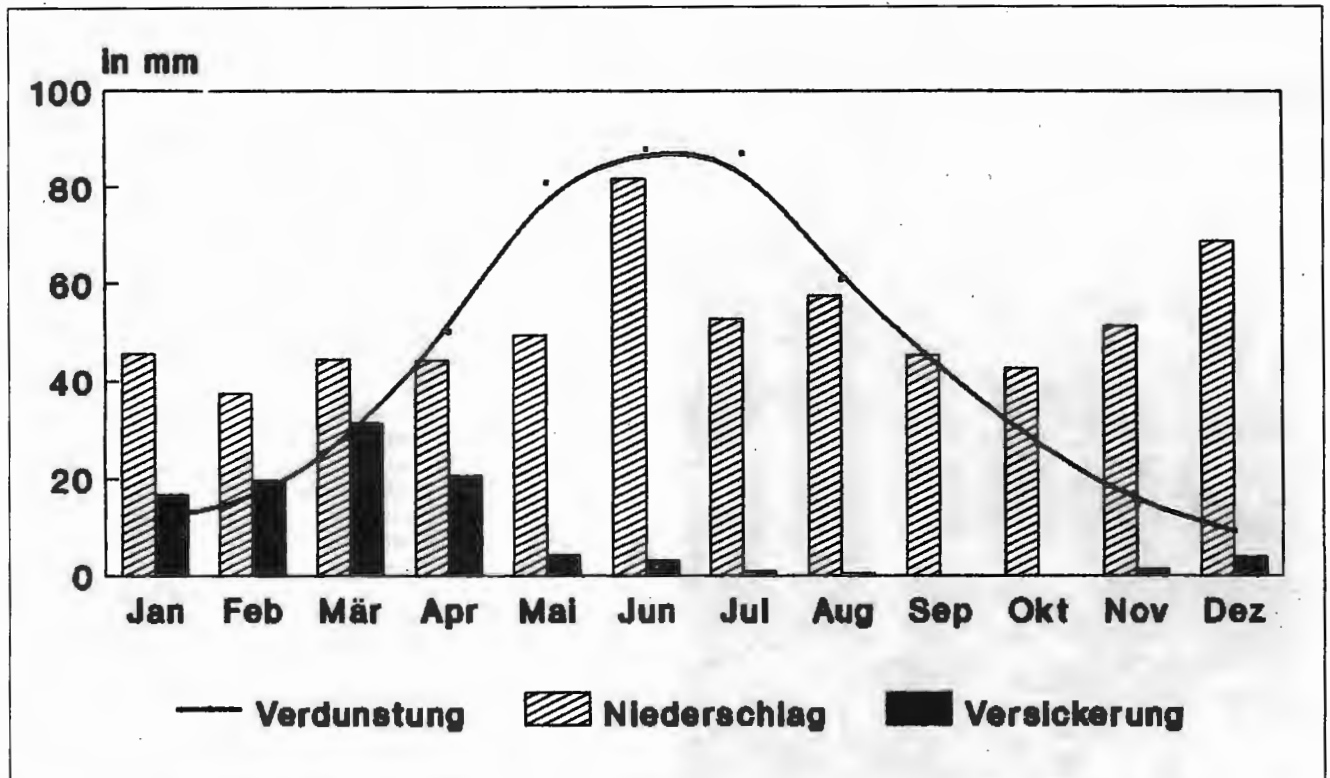


Abbildung 1: **Monatlicher Niederschlag, Versickerung und Verdunstung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Braunschweig**

langj. Mittel	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.
1931-1960	45	54	64	81	67	51
1951-1980	45	58	69	70	68	48
1961-1990	48	58	74	58	65	47

Tabelle 4: **Änderung der langjährigen Niederschlagsmittel (mm) während der Vegetationsperiode, Standort Braunschweig**

Nach experimentellen Untersuchungen von Schäfer et al. (1984) wurden für die Produktion von 83,4 dt/ha Weizen und 125,3 dt/ha Stroh 488,6 dt/ha CO₂ über die Stomata aufgenommen. Entsprechend der Photosynthese Gleichung wurden in diesem Beispiel 200 dt/ha = 2 mm Wasser benötigt.

Die Versickerungsmengen von annähernd 100 mm pro Jahr entsprechen 16 % des Niederschlagsangebotes. Diese Menge führt nach den wasserwirtschaftlichen Kalkulationen Niedersachsens zu einer derzeit ausgeglichenen Wasserbilanz des Grundwassers. Dabei steht einem kalkulierten Abfluß von 50 mm jährlich eine Wasserentnahme von 43 mm gegenüber, ohne daß eine Grundwasserneubildung stattfinden kann.

3.2 Mittlerer Jahresverlauf

In Abhängigkeit von den jährlichen Witterungsbedingungen und den angebauten Fruchtarten können in Einzeljahren im monatlichen Wasserhaushalt des Untersuchungsgebietes erhebliche Abweichungen vom Mittelwert auftreten. Im Mittel des Untersuchungszeitraumes stellt sich für beide Lysimeter folgendes Bild dar (Abbildung 1).

Die klimatische Wasserbilanz während der Hauptvegetationszeit Mitte April bis Mitte September ist negativ und erreicht im Monat Juli am Standort ihren Höhepunkt. Bei einem über die Monate fast ausgeglichenen Niederschlagsangebot zwischen 40 und 50 mm weist der Juni ein für die Ertragsentwicklung äußerst günstiges mittleres Niederschlagsmaximum von ca. 80 mm auf. Dagegen ist besonders für einen ertragreichen Zuckerrübenanbau, den Anbau von mittelfrühen Kartoffeln und Futter die mittlere Niederschlagsversorgung im Juli zu gering. Dieser Trend einer zunehmenden Unterversorgung im Juli läßt sich für das gesamte östliche Niedersachsen beobachten (Tabelle 4). Wenn auch aus meteorologischer Sicht solche Änderungen dem Zufallsbereich zugeordnet werden, ergeben sich für den Landwirt aus solchen Tatsachen weitreichendere Konsequenzen.

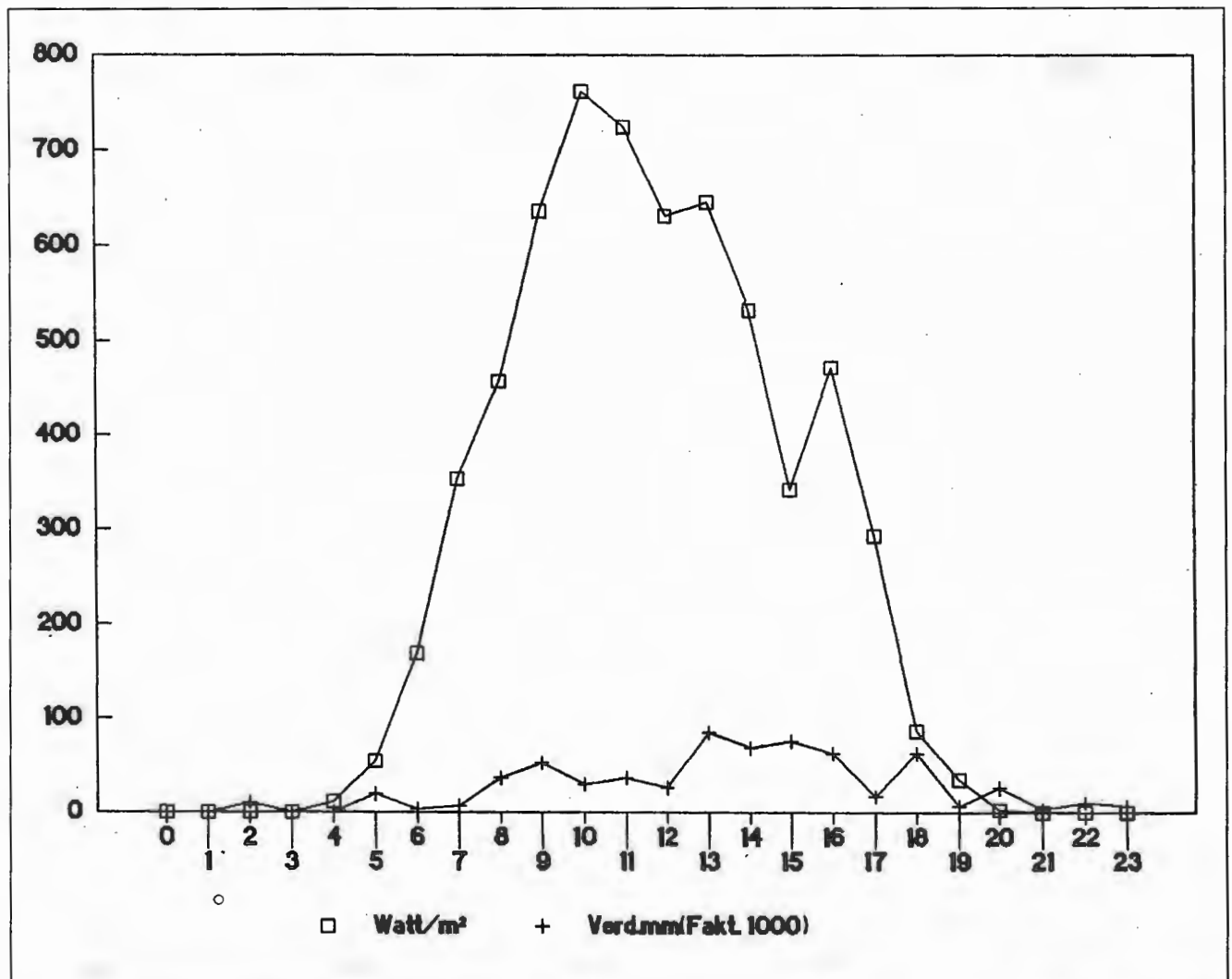


Abbildung 4: **Zusammenhang zwischen Globalstrahlung und Verdunstung, Meßtag: 1.6.1989, Fruchtart Winterroggen**

Versickerung tritt nur während des Zeitraumes Januar bis Juni auf. Begünstigt durch ungewöhnlich hohe Sickerraten im Jahre 1988 wird das absolute Sickerwassermaximum im März erreicht. Wenn der Bodenraum zur Feldkapazität aufgefüllt ist, betragen die täglichen Sickerraten 0,5...1 mm. Nach Starkniederschlägen wird in der Regel ein erhöhter Sickerwasseranfall registriert.

3.3 Spezifischer Verdunstungsverlauf einzelner Fruchtarten

Aus den gemittelten Meßwerten der Lysimeterdaten von jeweils drei bis vier Anbaujahren je Fruchtart sind in der Abbildung 2 die monatlichen zusammengestellten Verdunstungsmengen der vier Fruchtarten Winterweizen, Sommergerste, Zuckerrüben und Kartoffeln dargestellt. Abbildung 3 zeigt für Sommergerste den auf Dekaden aufgeschlüsselten Wasserverbrauch für die Verdunstung.

Die Getreidearten haben auf dem Höhepunkt ihrer vegetativen Entwicklung zu Beginn und während der Kornfüllungsperiode Ende Juni bis Anfang Juli mit etwa 120...130 mm den höchsten Wasserverbrauch. Diese Werte benötigen auch Kartoffeln und Zuckerrüben im Juli, so daß dieser Monat vom Pflanzenanspruch an die Wasserbereitstellung als der kritischste des Jahres angesehen werden muß. Deshalb kommt es bei unterdurchschnittlichen Niederschlägen während der Monate Juni/Juli und bis dahin weitestgehend ausgeschöpften Bodenwasservorräten zu erheblichen Ertragsverlusten bei den genannten Kulturen. In diesen Fällen kann die erforderliche Ertragsicherung nur über eine zusätzliche Wasserzufuhr durch Beregnungsanlagen gewährleistet werden.

Während Zuckerrüben im August den gleichen Bedarf wie im Juli aufweisen, reduziert sich der Wasserverbrauch auf Getreidestoppel auf ca. 20 mm im gleichen Monat. Daraus ist deutlich ablesbar, daß Ackerflächen ohne Bewuchs zur Grundwasserneubildung beitragen können. Unbestellter Acker über Winter erhöhte im Vergleich zum Winteranbau von Getreide den Sickerwasseranfall um ca. 60 %. Da während dieser Zeit in Abhängigkeit von der organischen Boden substanz auch beträchtliche Mengen von mineralisiertem Stickstoff freigesetzt werden, ist jedoch der Begrünung der Ackerflächen über Winter und so dem Schutz des Grundwassers vor Nitrateintrag der Vorrang vor einer möglichen höheren Sickerwasserrate einzuräumen.

3.4 Tagesverhalten

Die Durchsicht des umfangreichen Datenmaterials bestätigt die Erkenntnis, daß im Tagesgang die Werte der aktuellen Evapotranspiration und die Werte der Globalstrahlung nicht eng korrelieren (Abbildungen 4 und 5). In den Hauptwachstumsphasen erreicht die Verdunstung täglich zwischen 12.00 und 16.00 Uhr ihr Tagesmaximum in der Art eines Plateaus, während das Strahlungsmaximum eindeutig im Sonnenzenit gegen 12.00 Uhr auftritt. Detaillierte Photosynthesemessungen von Schäfer et al. (1984) unter Feldbedingungen zeigen dagegen für Zuckerrüben und Weizen das Photosynthesemaximum in den frühen Morgenstunden zwischen 8.00 und 10.00 Uhr MEZ. - Die weitere Aufklärung dieser Zusammenhänge kann möglicherweise zur Steigerung der Effizienz der Ertragsbildung und der Wassernutzung beitragen.

3.5 Nutzung des Strahlungsangebots für Verdunstung

Wichtigster Umweltfaktor bei der Bildung der vertikalen Energieströme über einem landwirtschaftlich genutzten Feld ist die Strahlungsbilanz. Diese kann als Energiemenge auf die Menge Wasser in Millimeter umgerechnet werden, die damit maximal verdunstet werden kann. Als Umrechnungsfaktor für die Verdunstung von 1 kg Wasser aus Werten der Globalstrahlung wurden 2454 kJ eingesetzt. Das erscheint zulässig, da zwischen den Strahlungskomponenten relativ feste Beziehungen bestehen (Schäfer et al., 1985).

Aus den Tageswerten der 10jährigen Meßreihe läßt sich für die einzelnen Monate der in Abbildung 6 dargestellte mittlere Nutzungsgrad ableiten. Damit liegt ein weiterer Parameter zur Schätzung und Prüfung des Verdunstungsgeschehens landwirtschaftlicher Flächen vor. Während in den Monaten Februar bis April mit zunehmender Einstrahlung bei unbewachsenen Flächen bzw. Kulturen mit niedrigem Blattflächenindex die im Jahresverlauf geringsten Mengen der Energie für Evapotranspiration benötigt werden, beläuft sich dieser mittlere Anteil in den übrigen Monaten zwischen 30 und 40 %.

Ausreichende Wasserversorgung und maximale Produktionszeiträume vorausgesetzt, werden in Einzeljahren und einzelnen Vegetationsabschnitten mehr als 50 % der monatlichen Globalstrahlungssummen für Verdunstung aufgewendet.

3.6 Diskussion

Besonders für das Bewässerungsmanagement werden präzise Daten über den Evapotranspirationsbedarf der Kulturen im Verlauf ihrer Wachstumsperiode benötigt. Obwohl in den Versuchen keine Bewässerungen vorgenommen wurden, werden die im wesentlichen bekannten Wachstumsperioden des Hauptwasserbedarfs bei einzelnen Kulturpflanzen bestätigt. Trotz der unterschiedlichen Standortbedingungen zu der Lysimeterstation Großobringen in Thüringen ergeben sich bemerkenswerte Gemeinsamkeiten im Pflanzenwasserverbrauch beider Standorte, Tabelle 5 (Roth et al., 1991).

Zu gleichen Wasserverbrauchszahlen bei Winterweizen kamen auch Schäfer und Hotzler (1980) in ihren Versuchen mit einer mikrometeorologischen Verdunstungsmeßeinrichtung. Unabhängig von Bodenart, Standort und Sorte können die hier angegebenen Wasser-Verbrauchszahlen für mitteldeutsche Verhältnisse als repräsentativ und wiederholt reproduzierbar angesehen werden. Ein von der Bodenart abhängiger differenzierter Wasserverbrauch ist nicht feststellbar. Ebenso lassen sich keine sortenabhängigen Unterschiede im Wasserverbrauch feststellen, obwohl in allen Versuchen unterschiedliches Ausgangsmaterial je Fruchtart zur Anwendung kam.

	Winterweizen	Sommergerste	Kartoffeln	Zuckerrüben
Völkenrode Zeitraum	290 mm 01.4.-01.7.	260 mm 15.5.-31.7.	222 mm 01.6.-15.8.	260 mm 01.7.-31.8.
Großobringen Zeitraum	282 mm 01.4. b. Gelbreife	263 mm Bestd. Schl. b. Gelbreife	224 mm Bestd. Schl. bis Vergilb.	264 mm Bestd. Schl. bis 15.9.

Tabelle 5: Wasserverbrauch ausgewählter Fruchtarten, gemessen in den Lysimeterstationen Braunschweig/Völkenrode und Großobringen

Die Möglichkeiten einer sortentypischen Einsparung des Produktionsfaktors "Wasser" scheinen unter den mitteleuropäischen Produktionsbedingungen sehr gering zu sein. Ebenfalls nur geringe sortentypische Unterschiede im Wasserbedarf bei Sommerweizen konnten auch Sommer et al. (1990) in entsprechenden Untersuchungen nachweisen. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, daß bei der vorliegenden Landnutzung nur ein geringer Teil der Niederschläge für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht.

Berücksichtigt man, daß auf tiefgründigem Lehm so gut wie kein Sickerwasser auftritt (Roth et al., 1989), die Sickerwassermengen aus den Waldregionen bei Niederschlagshöhen von 600...700 mm ebenfalls unbedeutend sind (van Grinsven et al., 1991) und aufgrund zunehmender Bebauung die Regenwasserabflüsse steigen werden, ist auch in Deutschland die drastische Verschlechterung des Wasserhaushaltes vorprogrammiert. Der Verbrauch übersteigt die Zuführungsrate. Durch ein Netz von Maßnahmen der Wasserrückhaltung, Wasserüberleitung, von Anlagen zur Grundwasseranreicherung, Abwasserbehandlung u.a. wird seit Jahren diesem Umstand Rechnung getragen und Vorsorge getroffen.

Bei der Gestaltung des Wasserkreislaufes kommt der Landwirtschaft eine besondere Rolle zu. So werden etwa 98 % des durch die Pflanzen aufgenommenen Wassers über die Trans-

piration gewissermaßen kostenlos in absolut gereinigter Form an die Atmosphäre zurückgegeben. Diese Aufgabe der ökologischen Reinigung auch von Brauch- oder Abwasser der Kommunen oder Industrie wird den Anteil der Bewässerung in Deutschland wieder erhöhen müssen.

Nach Ansicht der Verfasser werden die für die Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse oder von Biomasse insgesamt als nachwachsende Rohstoffe vorzusehenden Ackerflächen in Zukunft weiter intensiviert werden müssen. Nur so kann mit weniger Wasser, Energie, Arbeitskraft oder Ressourcen schlechthin je kg erzeugtes Produkt immer auch ökologisch effizienter produziert werden.

In den USA ist die Lysimetrie besonders als Forschungsmittel bei der Bewässerungsforschung genutzt worden. Neben der Bestimmung von Evapotranspiration, Evaporation und Transpiration bei unterschiedlichen Fruchtarten (Klocke et al., 1985; Howell et al., 1990; Evans et al., 1990; Phene et al., 1989; Robbins and Villardson, 1980; Steiner et al., 1991) werden wägbare Großlysimeter auch zur Bestimmung der Applikationseffektivität von verschiedenen Bewässerungsverfahren verwendet (Schneider und Howell, 1990).

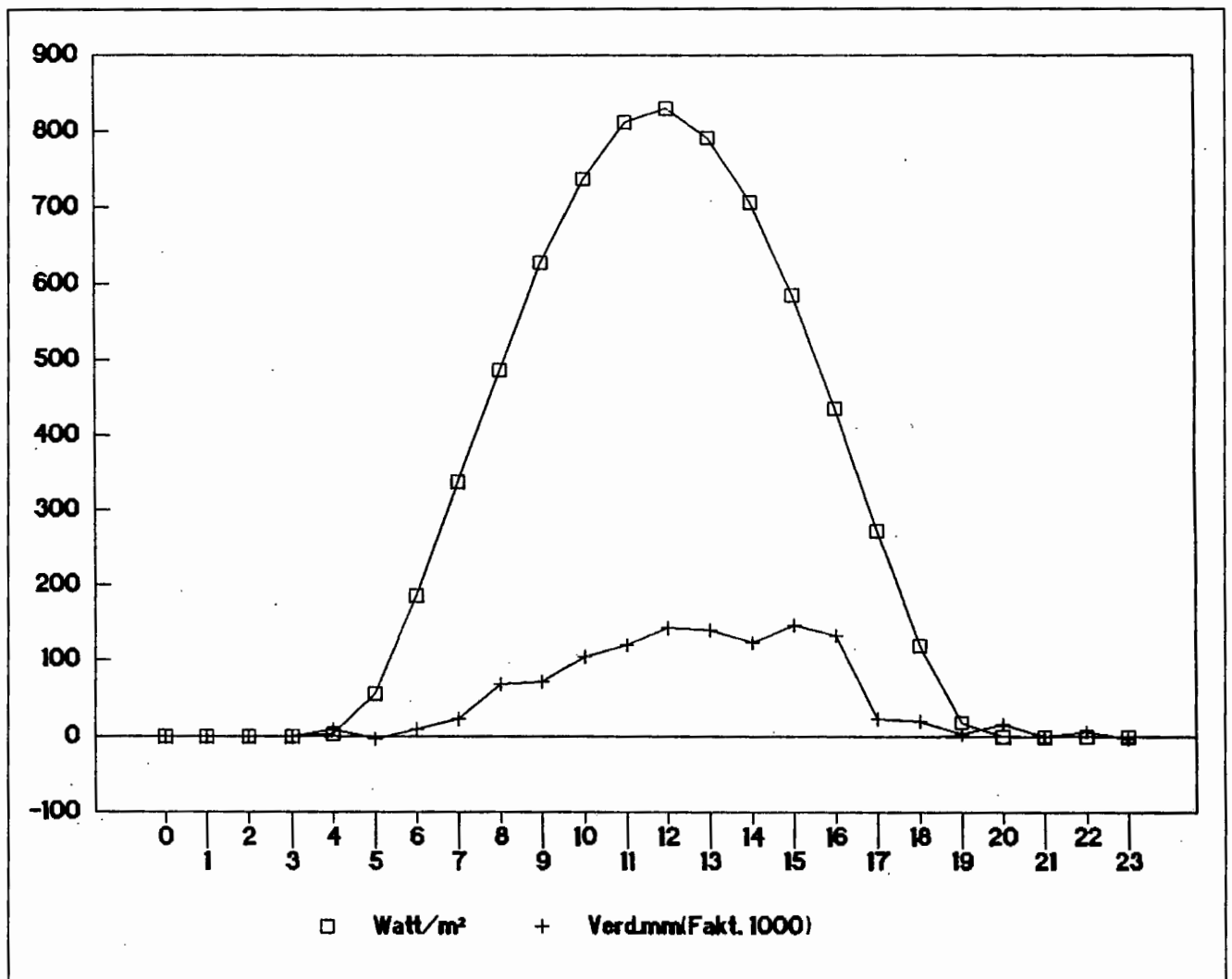


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Globalstrahlung und Verdunstung, Meßtag: 5.5.1990, Fruchtart Sommergerste

In Deutschland wird die Lysimetrie als multivalentes Forschungsinstrument für landwirtschaftliche Fragestellungen gegenwärtig am erfolgreichsten in der Lysimeterstation Großobringen (Roth et al., 1991; Günther, 1987) eingesetzt. Für umfassende hydrologische Untersuchungen leistet die hydrologische Station Rheindahlen (Hellekes et al., 1982; Schröder, 1987) einen wesentlichen Beitrag. In beiden Stationen sind Wissenschaftlergruppen unterschiedlicher Fachrichtungen an der gemeinsamen Bearbeitung der Aufgaben beteiligt. Die Vielzahl der Prozesse zwischen Boden - Pflanze - Atmosphäre, deren Analyse und Modellierung verlangt eine interdisziplinäre Teamarbeit. Lysimeter von höchstem technischen Stand können für die Analyse der Prozesse die erforderlichen Meßdaten in hoher Qualität liefern. Während die meteorologischen und bodenphysikalischen Parameter gut erfaßbar sind, bestehen noch erhebliche Lücken bei der gleichzeitigen Messung der Wachstumsprozesse. Durch eine Kombination mit kontinuierlichen CO₂-Messungen auf den Lysimetern mittels Spezialmeßküvetten (z.B. in Anlehnung an das Verfahren von Schäfer et al., 1980) tun sich Möglichkeiten auf, die komplexen Zusammenhänge besser zu verstehen.

Zusammenfassung

Zehnjährige Meßergebnisse (1982-1991) zu Evapotranspiration und Versickerung von zwei unbewässerten landwirtschaftlichen Fruchtfolgen der wägbaren Unterdrucklysimeteranlage der Zentralen Agrarmeteorologischen Forschungsstelle in Braunschweig-Völkenrode werden mitgeteilt. Von dem mittlerem Jahresniederschlag von 615 mm werden 83 % durch Evapotranspiration verbraucht; etwa 100 mm Niederschlagswasser kommt im Zeitraum Januar bis Juni mit einem ausgeprägten Maximum von 30 mm im März jährlich zur Versickerung. Sommergerste und Winterweizen haben mit etwa 120...130 mm Gesamtwasserverbrauch im Juni, Kartoff-

feln im Juli und Zuckerrüben im Juli/August mit gleicher Wassermenge ihre höchsten Wasseransprüche. Im Mittel der Jahre werden 30 bis 40 % der eingestrahnten Globalstrahlungssummen für die Verdunstung benötigt.

Ten year study (1982-1991) of the water balance of unirrigated agricultural crop-rotations using weighing lysimeters at the Federal Agricultural Research Center in Braunschweig-Völkenrode (Germany)

Ten year survey results of evapotranspiration and seepage by agricultural crops are discussed. Average annual precipitation was 615 mm. Plants evaporated 83 % and about 100 mm was seepage water. This seepage occurred only from January to June, with a maximum of 30 mm in March. The highest water consumption per month was exhibited by winter wheat and summer barley (120...130 mm) in the month of June; by potatoes (120 mm) in July and sugar beets (120 mm) in July and August. Between 30...40 % of global radiation energy was used for evapotranspiration processes.

Literatur

- Czeratzki, W. (1959): Untersuchungen der Wasserbewegung im Boden mit Hilfe von Unterdrucklysimetern. - Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenkde. 87, S. 223-229.
- Evans, R.G.; Spayd, S.E.; Wample, R.L. and Kroeger, M.W. (1990): Water Requirements of Vitis Vinifera Grapes. - In: Visions of the Future-Proceedings of the 3rd National Irrigation Symposium-ASAE Pub.4, S. 154-161.
- Grinsven van H.J.M.; Wesseling, B.G.; Schroeder, M. and Breemen van N. (1991): Soil Acidification and So-

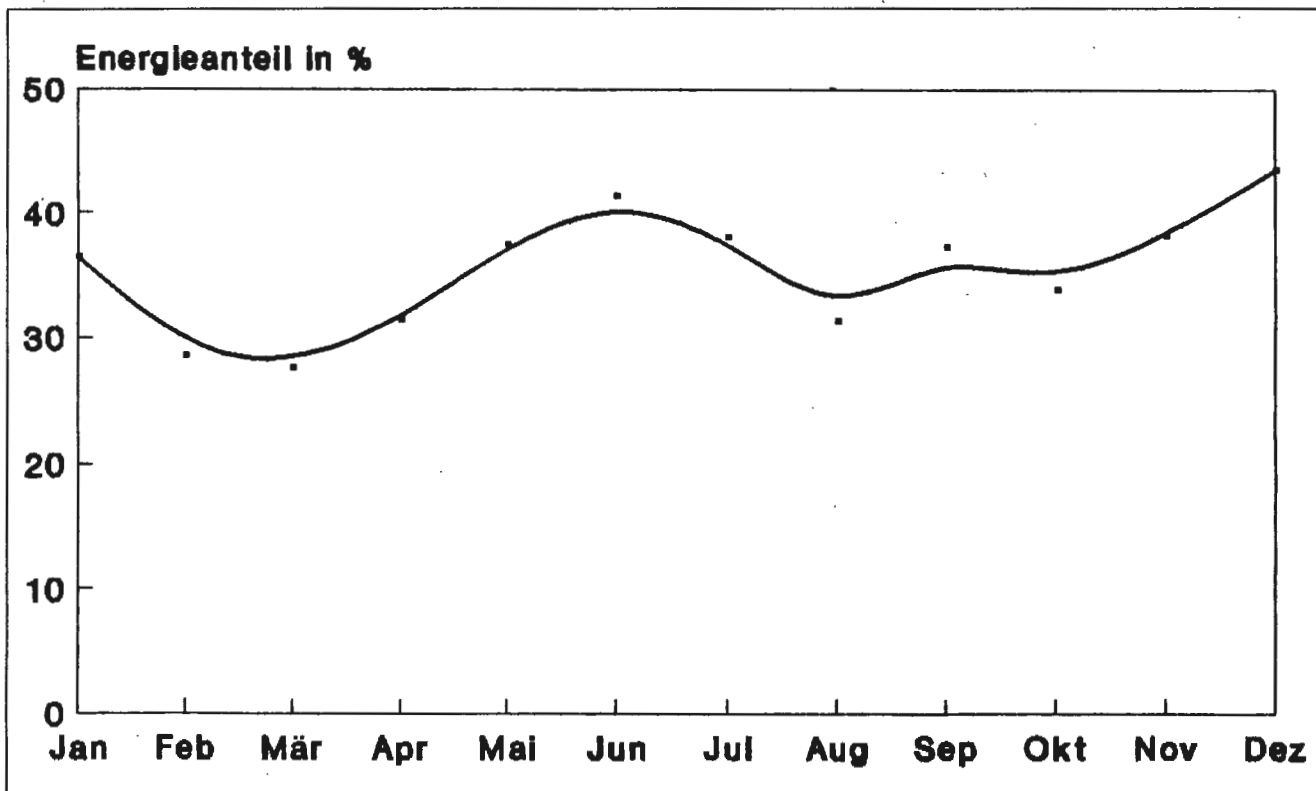


Abbildung 6: Energieanteil (Globalstrahlung) in %, der für die Verdunstung benötigt wird

- lute Budgets for Forested Lysimeters in Nordrhein-Westfalen. - Z. Pflanzenern. Bodenkd. 154, S. 181-188.
- Günther, R. (1987): Entwicklung einer Wasserhaushaltsmeßstation auf der Basis wägbarer Lysimeter sowie Ergebnisse zum Wasserverbrauch und zur Wasserbilanz von Winterweizen, Sommergerste und Zuckerrüben auf einer Löß-Braunschwarzerde. - Diss., Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin.
- Haude, W. (1954): Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evapotranspiration und Evaporation. - Mitt. d. Dtsch. Wetterdienstes 1,8.
- Hellekes, R. (1984): Die hydrologische Station in Mönchengladbach-Rheindahlen. - GWF-Wasser/Abwasser 125 (4), S. 179-185.
- Hellekes, R.; Schroeder, M. und Wichtmann, H. (1982): Die hydrologische Forschungsstation Rheindahlen. - Wasser und Boden 34(4), S. 162-168.
- Howell, T.A.; Steiner, J.L. and Schneider, A.D. (1990): Evapotranspiration of Irrigated Grain Sorghum and Corn-Southern High Plains. - In: Visions of the Future-Proceedings of the 3rd National Irrigation Symposium-ASAE Pub.4, S. 140-147.
- Hoyningen-Huene von J. und Bramm, A. (1978): Die wägbare Lysimeteranlage in Braunschweig-Völkenrode - Aufbau und erste Erfahrungen. - Landbauforschung Völkenrode 28(2), S. 95-102.
- Jürgens-Geschwindt, S. und Jung, G. (1977): Ergebnisse von Lysimeteruntersuchungen in der Großanlage Limburger Hof. - Mitt. Landbau 1,77, Ludwigshafen.
- Klocke, N.L.; Heermann, D.F. and Duke, H.R. (1985): Measurement of Evaporation and Transpiration with Lysimeters. - Transactions of the ASAE 0001-2351/85/2801, S. 183-192.
- Lützke, R. (1968): Zur rechnerischen Ermittlung des Ganges der effektiven Verdunstung aus klimatologischen Daten. - Vorträge auf der Tagung Hydrometeorologie, 25.-27.9.1968 in Tharandt.
- Lützke, R. (1965): Vergleichsmessungen mit Groß- und Kleinlysimetern. - Bes. Mitt. Z. Gew.kdl. Jb. d. DDR, 4.
- Phene, C.J.; McCormick, R.L.; Davis, K.R.; Pierro, J.D. and Meek, D.W. (1989): A lysimeter feedback irrigation controller system for evapotranspiration measurements and real time irrigation scheduling. - Transactions of the ASAE 32 (2), S. 477-484.
- Pfaff, C. (1954): Die Wasserbilanz des bewachsenen Bodens nach Lysimeterversuchen. - Z. Wasser und Boden, S. 281-287.
- Robbins, C.W. and Willardson, L.S. (1980): An instrumented lysimeter system for monitoring salt and water movement. - Transactions of the ASAE 23(1), S. 109-111.
- Roth, D.; Günther, R. und Schwarz, K. (1984): Die Lysimeterstation Großbröningen zur Erfassung des Pflanzenwasserverbrauchs - Aufgaben, Beschreibung und erste Ergebnisse. - Z. Meteor. 34(4), S. 256-265.
- Roth, D.; Günther, R. und Breitschuh, G. (1989): Untersuchungen zum Wasserverbrauch von Winterweizen, Sommergerste, Zuckerrüben und Kartoffeln unter Feldbedingungen auf einem tiefgründigen Lößstandort. - Die Bodenkultur 40(4), S. 305-319.
- Roth, D. und Günther, R. (1992): Vergleich von Meß- und Schätzwerten der potentiellen Evapotranspiration. - Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung 33(1989), S. 13-22.
- Schäfer, W.; Artner, H.; Künkel, K.; Klank, I. und Bär, M. (1980a): System zur automatischen Erfassung von Meßwerten der CO₂-Assimilation und Transpiration unter Feldbedingungen. 1. Mitt.: Messung der CO₂-Assimilation. - Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 24, S. 475-482.
- Schäfer, W. und Hotzler, I. (1980b): Photosynthese und aktuelle Evapotranspiration von Winterweizen. - In: Hoffmann, P. und Hieke, B.: Biophysik, Biochemie und Physiologie der Photosynthese (Colloquia Pflanzenphysiologie der Humboldt-Universität zu Berlin Nr.3, S. 219-232.
- Schäfer, W.; Klank, I. und Kretschmer, H. (1984): Zum Tagesgang der Nettophotosynthese von Winterweizen und Zuckerrüben unter Feldbedingungen. - Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 28(8), S. 441-450.
- Schäfer, W.; Klank, I.; Schöne, W. und Sonntag, D. (1985): Beziehungen zwischen Strahlungsbilanz, Globalstrahlung und photosynthetisch aktiver Strahlung zueinander im Tagesgang und im Verlauf der Vegetationsperiode. - Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 29(2), S. 91-97.
- Schäfer, W.; Klank, I.; Matthäus, E. und Breitmöser, H.R. (1984): CO₂-Bilanz bei Winterweizen während der Vegetationsstadien F4... F19. - Colloquia Pflanzenphysiologie der Humboldt-Universität zu Berlin Nr.7, S. 285-294.
- Schiff, H. (1971): Meteorologische Lysimeteruntersuchungen. - Ber. Inst. Meteorol. Klimatol. 5a (228 S.) und 5b (91 S.), TU Hannover.
- Schneider, A.D. and Howell, T.A. (1990): Sprinkler Efficiency Measurement with Large Weighing Lysimeters. - In: Visions of the Future-Proceedings of the 3rd National Irrigation Symposium-ASAE Pub.4, S. 69-78.
- Schroeder, M. (1970): Die Lysimeteranlage Senne - Messungen an einer wägbaren Lysimeteranlage. - Die Wasserwirtschaft 60, S. 105-110.
- Schroeder, M. (1975): Erste Ergebnisse der Großlysimeteranlage St. Arnold bei Rheine. - Wasserwirtsch. 65, S. 301-305.
- Schroeder, M. (1987): Die Entwicklung der Lysimetertechnik im Lande Nordrhein-Westfalen. - Dtsch. Gewässerkundl. Mittlg. 31(6), S. 165-173.
- Steiner, J.L.; Howell, T.A. and Schneider, A.D. (1991): Lysimetric evaluation of daily potential evapotranspiration models for grain sorghum. - Agronomy Journal 83(1), S. 240-247.
- Sommer, C.; Dambroth, M. und Schwarz, M. (1990): Untersuchungen zum sortenspezifischen Wasserbedarf von Sommerweizen. - Landbauforschung Völkenrode 40 (2), S. 126-132.

Weise, K. und Vetterlein, E. (1968): Über Erfahrungen mit Unterdrucklysimetern. - Vorträge auf der Tagung Hydrometeorologie, 25.-27.9.1968 in Tharandt.

Wesche, J. (1970): Weitere Ergebnisse aus Bodenwasserhaushaltsmessungen in der Dahlemer Lysimeteranlage. - Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 4.

Verfasser: Schäfer, Wilfried, Dr. sc. agr., Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Komm. Leiter: Prof. Dr. Joachim Piotrowski;

Siebert, Eberhard, Dipl.-Verw.-Betriebswirt; Hennings, Roland, Techniker, Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes in Braunschweig, Leiter: Dipl.-Met. Franz-Josef Löpmeier.