Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 66 (1979)

Artikel: Soziologisch-ökologische Untersuchungen im Grenzbereich Fagus silvatica L. / Pinus silvestris L. in der nördlichen Schweiz

Autor: Roth, Christian

Kapitel: 4: Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308568

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Andere Pfeifengras-Föhrenwälder sind menschlich bedingt. Durch Anschnitte beim Strassenbau, durch Abbau von Humus und Mergel zu Düngezwecken (ZOLLER 1954, SCHMID-HOLLIGER 1972) und auf ehemaligen Rebgeländen (BäSCHLIN 1945) wurden die Bedingungen geschaffen, die die Sukzession nicht weiter als bis zu einem Pfeifengras-Föhrenwald zuliessen.

Die natürlichen Pfeifengras-Föhrenwälder an Steilhängen jedoch sind so unzugänglich und kleinflächig ausgebildet, dass sie für regelmässige Nutzung kaum je in Frage kamen. Obwohl an einer Stelle am Girstel feuergeschwärzte Föhren zu finden sind, kann auch Brand kein bestimmender Faktor im Pfeifengras-Föhrenwald sein.

4. Methoden

4.1. *Vegetationskundliche Methoden*

4.1.1. *Aufnahmen*

Ein Ziel dieser Arbeit war es, möglichst viele der unter dem Namen "*Molinio-Pinetum*" oder unter Synonymen veröffentlichten Aufnahmen in eine Tabelle zusammenzufassen und miteinander zu vergleichen. Um den Anschluss an buchenreichere Gesellschaften zu gewährleisten, wurde auch der Buchen-Hangföhrenwald aus KUHN (1967) und das *Carici-Fagetum* mit *Molinia* von NUSSBAUMER (1971) mitberücksichtigt. In Tab. 1 sind die Autoren und ursprünglichen Namen der Aufnahmen zusammengestellt.

Die eigenen 23 pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden nach der von BRAUN-BLANQUET (1964) beschriebenen Methode aufgenommen. Der r-Wert wurde nicht verwendet. Dieselbe Fläche wurde in verschiedenen Jahreszeiten mindestens zweimal begangen.

In der pflanzensoziologischen Tabelle wurden auch bereits publizierte Aufnahmen anderer Autoren verarbeitet. Dabei mussten einige Anpassungen vorgenommen werden. So wurden die Artnamen nach HESS, LANDOLT und HIRZEL (1967, 1970, 1972) angegeben.

Auf die Angabe der Moose musste verzichtet werden, weil sie nicht von allen Autoren, deren Aufnahmen in der pflanzensoziologischen Tabelle erscheinen, bestimmt wurden.

Die Dominanz/Abundanz-Schätzungen nach BRAUN-BLANQUET wurden zur rechnerischen Verarbeitung in numerische Werte transformiert. Dasselbe gilt für die von ZOLLER (1951) verwendete LüDI-Skala. Tabelle 2 gibt Aufschluss über die verwendeten Werte. Es wurde die Transformation von WILDI (1977), ergänzt um r = 3, gewählt, gemäss dessen Argumentation: "Massgebend ist die Ueberlegung, dass der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit einer Art innerhalb einer Probefläche und den Standortsfaktoren vermutlich nicht linear ist. Niedrige Mächtigkeiten erhalten daher relativ hohes Gewicht, während angenommen wird, dass die Skala von BRAUN-BLANQUET bei den hohen Werten zu stark differenziert." Aehnliche Werte verwendet auch KUHN in seinem Programm VEGLIB (vgl. Kap. 5.1.2 sowie SCHMID und KUHN 1970).

Tabelle 1. Gliederung der Aufnahmen nach Autoren

Lauf-Nr.	A u t o r	Bezeichnung	Name	Region
1- 9	ETTER(1947)	Tabelle 2	*Molinio litoralis-Pinetum*	Albis*
10- 21	FABIJANOWSKI (1950)	Tab. 2AIII, 2B(XL-142), 2BIII	*Molinio litoralis-Pinetum* 2 Ausbildungen	Albis
22- 30	DAFIS(1962)	Tab.p.10	*Molinio litoralis-Pinetum*	Albis
31- 55	REHDER(1962)	(14)-(38)	*Molinio-Pinetum* 5 Ausbildungen	Albis
56- 61	KUHN(1967)	Tab. 2a	Pfeifengras-Hangföhrenwald	Albis
62- 67		Tab. 2b	Buchen-Hangföhrenwald	
68- 83	RICHARD(1962)	unveröff.	*Molinio-Pinetum* 3 Ausbildungen	Albis
84- 91	ZOLLER(1951)	Tab. 3	*Pineto-Molinietum litoralis*	Jura
92- 94	SCHERRER(1925)	Tab. p. 66	*Molinia litoralis*-Subass. des *Brometum bromosum*	Albis+ Altberg
95-117	ROTH	unveröff.	*Molinio-Pinetum silvestris*	Jura*
118-144	NUSSBAUMER (1971)	(47)-(18)	*Molinio-Pinetum*, 4 Ausb.	Kloten
145-150		(34)-(51)	*Carici-Fagetum*, *Molinia*-Ausb.	Kloten

( ) Aufnahme-Nummer des Autors
* und O-Schweiz

Tabelle 2. Transformation der Schätzskalen

Schätzskalen		Numerische Werte	
LüDI	BRAUN-BLANQUET (1964)	WILDI (1977)	KUHN (unpubl.)
leer	leer	0	0
	r	3	30
+,1	+	3	46
2	1	5	47
3	2	6	49
4	3	7	60
5	4	8	62
	5	8	63

4.1.2. *Auswertung der Vegetationstabelle*

Das Ziel, floristische bzw. ökologische Gradienten in einer sinnvollen Anordnung der Aufnahmen und der Arten sichtbar zu machen, kann auf verschiedenen Wegen erreicht werden. Für grössere Datenmengen empfiehlt es sich, den Computer einzusetzen, um Zeit zu sparen und Umschreibfehler zu vermeiden.

Die in der Pflanzenökologie hauptsächlich verwendeten rechnerischen Methoden sind die Polarordination nach BRAY und CURTIS (1957), die Hauptkomponentenanalyse (z.B. GROENEWOUD 1965, WILDI 1977) und die Korrespondenzanalyse (BENZECRI 1969, LEBART und FENELON 1971, BENZECRI et al. 1973, GUINOCHET 1973). Letztere heisst im französischen Sprachgebrauch "analyse factorielle des correspondances", HILL (1973) schlägt den englischen Namen "reciprocal averaging" vor, der in der Folge akzeptiert wurde (GAUCH et al. 1977, AUSTIN 1976). Ein eigener Name für den deutschen Sprachgebrauch existiert meines Wissens nicht, weshalb ich den Ausdruck Korrespondenzanalyse verwenden werde. Der Hauptvorteil der Korrespondenzanalyse liegt darin, dass nicht nur Arten oder Aufnahmen ordiniert werden, sondern beide gemeinsam. So ergibt sie eine Ordination der Aufnahmen, die der einer Hauptkomponentenanalyse mit standardisierten Daten ähnlich ist, gleichzeitig aber liefert sie eine Ordination der Arten, welche sinnvoller ist als die mit einer Hauptkomponentenanalyse erreichte (HILL 1973).

Vergleiche zwischen verschiedenen Ordinationsmethoden mit künstlich erzeugten Daten, von welchen die "richtige" Anordnung bekannt ist, wurden

von AUSTIN (1976) und GAUCH et al. (1977) veröffentlicht (s. dort weiterführende Literatur).

GAUCH et al. (1977) kommen zum Schluss, dass die Korrespondenzanalyse einfache Gradienten auf der ersten Achse sichtbar macht, dass Ausreisser die Ordination jedoch beeinträchtigen. Dies muss aber kein Nachteil sein. Wird nämlich neben der Ordination auch eine Klassifikation angestrebt, so liefern solche Ausreisser bereits einen Hinweis. In einem zweiten Durchlauf ohne Ausreisser kann der Gradient sichtbar gemacht werden.

Für Daten mit mehreren ökologischen Gradienten (z.B. nass-trocken, hell-dunkel, nährstoffreich-nährstoffarm etc.) ergibt jedoch auch die Korrespondenzanalyse keine direkte Lösung. Durch Elimination von abtrennbaren Gruppen und weitern Durchläufen mit dem reduzierten Material kann jedoch der einzelne Gradient erkannt und eine Lösung gefunden werden. Bei komplexer Datenstruktur ist es auch möglich, erst eine Klassifikation und nachher eine Ordination zu erreichen, indem die aus der Korrespondenzanalyse herausgezogenen Faktorenladungen einer Gruppierungsanalyse (Clusteranalyse) unterworfen werden. Die resultierenden Aufnahme- bzw. Artengruppen lassen sich von Hand in die gewünschte Reihenfolge bringen (unveröffentlichte eigene Untersuchungen mit Daten aus Afrika).

4.2. *Bodenkundliche Methoden*

In Pfeifengras-Föhrenwäldern und möglichst nahe in Buchenwäldern, in denen auch Föhren stocken, wurden Profile geöffnet und morphologisch beschrieben. Im weitern wurde der Boden beidseitig der oft scharfen Grenze zwischen Buchen- und Föhrenwald hinsichtlich des Muttergesteins verglichen (Stationen in Abb. 2). Es wurden weitere Oertlichkeiten geprüft, an denen sonst keine neuen Vegetationsaufnahmen gemacht wurden (Diebis am Uetliberg ZH; Bürglenstutz am Albis ZH; Kemptnertobel bei Wetzikon ZH; Rütiwald bei Gossau SG; Imenberg, Kalthäusern TG und Weingarten TG).

4.2.1. *Physikalische Methoden*

4.2.1.1. *Korngrössenverteilung*

Die Körnung der Feinerde (in der Regel bestand das Bodenmaterial in den oberen Horizonten nur aus Feinerde) wurde folgenderweise bestimmt:

Zuerst wurde die Probe in Wasserstoffperoxid erhitzt, um die organischen Bestandteile zu zerstören (STICHER et al. 1971). Die Suspension wurde mit Calgon dispergiert und die Verteilung der Korngrössen mit dem Aräometer gemessen (STEUBING 1965). Die Auswertung erfolgte nach der Methode von BURNAND (1976). Diese beruht ebenfalls auf der Formel von STOKES, erlaubt aber mit Hilfe einer Tabelle eine raschere Umrechnung der Ablesung auf den Korndurchmesser.

4.2.1.2. *Dichte*

Die reelle Dichte (S_r, in g/cm^3) wurde mit dem Pyknometer bestimmt (STEUBING 1965). Angegeben wurden die Mittelwerte aus zwei Messungen.

Zur Bestimmung der scheinbaren Dichte (S_a, in g/cm^3) wurden mit Stechzylindern von 1000 cm^3 Inhalt natürlich gelagerte Bodenproben entnommen. Nach dem Trocknen bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz wurden die Proben gewogen. Dies ergab die Bodenmasse, welche in natürlicher Lagerung pro Volumeneinheit Boden vorhanden ist. Die angegebenen Werte sind das Mittel aus drei Messwerten.

Weiter lässt sich die Porosität berechnen: $E = 1 - \frac{S_a}{S_r}$.

4.2.1.3. *Desorptionskurven*

Es wurden pro Profil in ein bis zwei Horizonten ungestörte Bodenproben entnommen und daraus im Labor die Desorptionskurve bestimmt. Das Vorgehen wurde von RICHARDS (1949) und RICHARD und BEDA (1953) beschrieben. An den Versuchsböden wurden die Wassergehalte bei 1, 5, 20, 80, 690 cm Wassersäule sowie bei 2 und 15 at bestimmt. Für die Druckstufen bis 690 cm WS wurde der Drucktopf mit porösen Stahlfilter- und Keramikplatten verwendet, für den Bereich über 1 at die Druckmembranapparatur. Zur Kontrolle wurden jeweils der Wassergehalt von zwei Checkproben mitbestimmt.

4.2.1.4. *Zur Bestimmung der Durchwurzelungstiefe*

Oft finden sich noch in ziemlich tiefen Schichten eines Bodens einzelne Baumwurzeln, was eine verlässliche Abschätzung der Durchwurzelungstiefe erschwert. Diese muss aber für quantitative Berechnungen angenähert bekannt sein. Das im folgenden beschriebene Verfahren soll gewährleisten, dass das durchwurzelte Bodenvolumen nicht zu klein geschätzt wird.

Im geöffneten Profil wurden die noch gut durchwurzelten Schichten be-

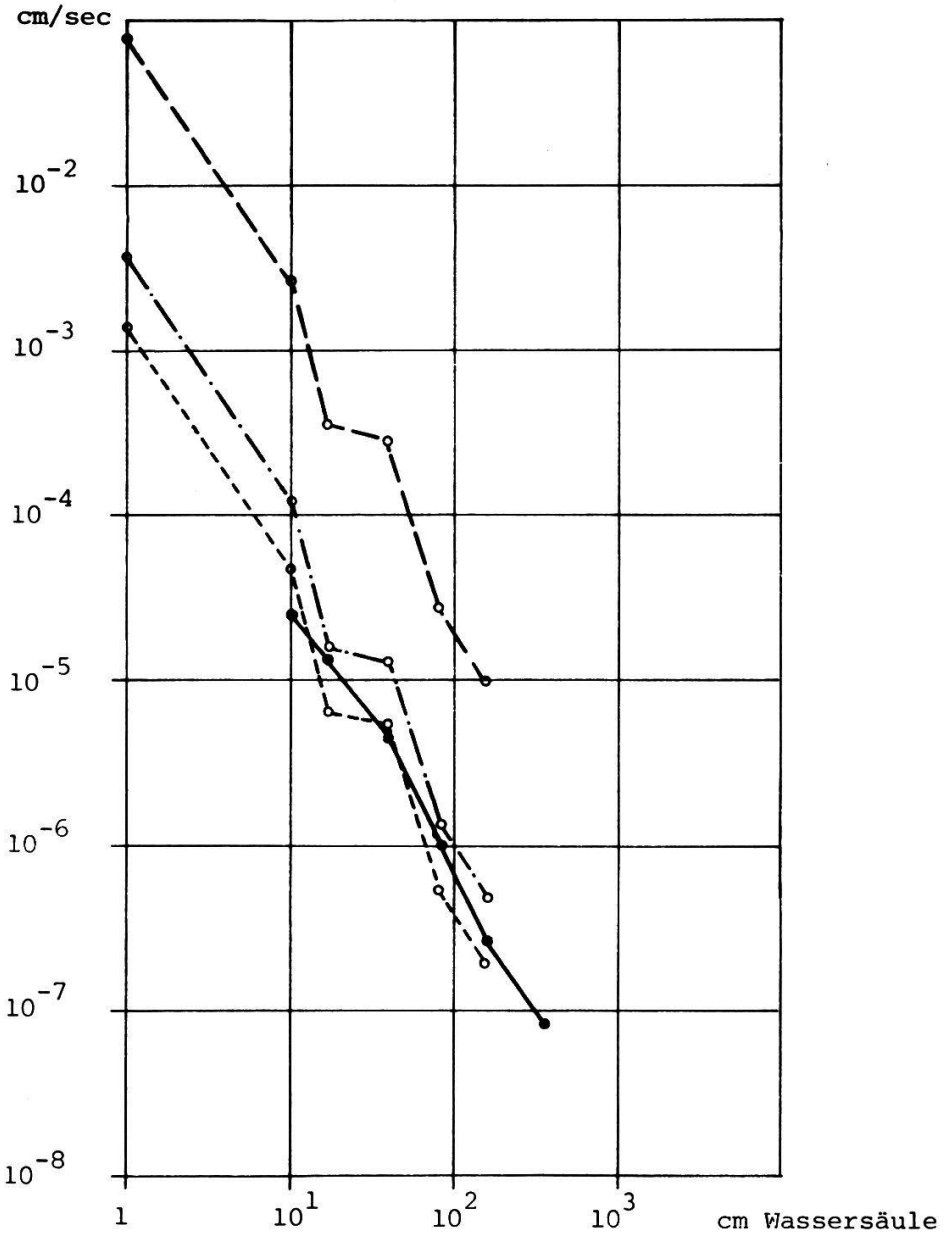

Abb. 4. Berechnung der Wasserleitfähigkeitskurve Buchberg 5 - 15 cm aus BRüLHART 1969

grob gestrichelt: berechnet nach MARSHALL (1958)
strichpunktiert : berechnet nach MARSHALL und korrigiert mit mf = k/k(-1 cm WS)
fein gestrichelt: berechnet nach MARSHALL und korrigiert mit mf = f (SILT)
ausgezogen : gemessen von BRüLHART (1969)

stimmt. Zu dieser Tiefe wurden noch 10 cm hinzugezählt, wodurch tiefreichende Wurzeln, welche nur einen Teil des entsprechenden Horizontvolumens erschliessen, einbezogen werden (vgl. hierzu LAATSCH 1969).

4.2.1.5. *Wasserleitfähigkeit nach DARCY*

Es wurde die Wasserleitfähigkeit nach DARCY sowohl im gesättigten (k-Wert) wie im teilgesättigten Boden (k(S)-Wert in Abhängigkeit von der Saugspannung S) bestimmt. Ueber die Bedeutung des k-Wertes bzw. des k(S)-Wertes siehe BRüLHART (1969) und RICHARD (1973).

Der Durchlässigkeitswert nach DARCY kann entweder im Labor gemessen (RICHARDS und MOORE 1952), oder nach MARSHALL (1958) aus der Desorptionskurve angenähert berechnet werden. KUNZE et al. (1968) geben eine verbesserte Berechnungsmethode an, indem sie einen einzelnen k(S)-Wert berechnen und die ganze nach MARSHALL (1958) berechnete Kurve "Wasserdurchlässigkeit in Funktion der Saugspannung" um den entsprechenden Quotienten, den sogenannten matching factor, korrigieren. Dieser Korrekturwert ist das Verhältnis des gemessenen zum berechneten Wert bei der gewählten Saugspannung. KUNZE et al. (1968) berechneten für verschiedene Böden solche Korrekturwerte. Homogenität der Probe vorausgesetzt, sind sie umso kleiner, je feinkörniger der Boden ist.

Um den Ansatz von KUNZE et al. (1968) zu überprüfen, wurden aus den Desorptionskurven in BRüLHART (1969) die k(S)-Werte nach MARSHALL (1958) berechnet. Für alle Messwerte der Kurve wurden sodann die Korrekturwerte bestimmt. Sie bewegten sich in der selben Grössenordnung (10^{-1} - 10^{-2}). Entsprechende Korrekturwerte wurden auch aus den Daten von FLüHLER (1973) und SCHUSTER (1974) bestimmt, allerdings nur mit dem Quotienten "gemessener k-Wert/berechneter k(1 cm WS)", doch ist der Fehler gering. Da der k-Wert jedoch mit kleinem Aufwand gemessen werden kann, wird er am häufigsten bestimmt.

Der gleiche Quotient wurde auch aus den Daten von BRüLHART (1969) berechnet.

Im nächsten Schritt wurden diese Werte mit andern Bodenkennwerten verglichen: mit Ton-, Schluff- und Sandgehalt, mit der scheinbaren Dichte, dem Humusgehalt und dem Porenvolumen. Die Korrelation war am deutlichsten mit dem Schluffgehalt. Ein Polynom zweiten Grades beschreibt diesen Zusammenhang am besten (14 Daten aus BRüLHART 1969, FLüHLER 1973 und SCHUSTER 1974):

$$mf = 0{,}20315 - 0{,}67699(SILT) + 0{,}5651(SILT)^2$$

mf = matching factor, Korrekturwert
SILT = Schluffgehalt in %
F-Wert = 59,57
Die Regressionskoeffizienten sind von Null verschieden:

$F_{o,ool;2,11} = 13{,}81$

Abbildung 4 zeigt,wie eine Kurve aus BRüLHART (1969) nach den drei Methoden berechnet werden kann. Der Ansatz nach MARSHALL (1958) liegt weit neben den tatsächlich gemessenen Werten. Die um den Faktor "gemessener k-Wert/ berechneten k(1 cm WS)" angepasste Kurve bringt bereits eine deutliche Annäherung an die gemessenen Werte. Am besten stimmt die Kurve überein, für welche der Korrekturwert aus dem Schluffgehalt berechnet wurde.

4.2.1.6. *Saugspannung*

Mit Hilfe eines Röhrenbohrers von 20 mm lichter Weite konnten Proben von 5 cm Länge ausgestochen werden. Aus vier Bohrungen je Horizont wurde eine Mischprobe hergestellt und die Löcher wieder verstopft. Die Proben wurden sogleich in Plastiksäcke verpackt und innerhalb einer Stunde gewogen. Im Ofen wurden sie bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz, die nach 24 Stunden stets erreicht war, getrocknet, so dass ihr Trockengewicht und auch der Wassergehalt in Gewichtsprozent bestimmt werden konnten. Durch rechnerische Interpolation mit den Daten der Desorptionskurve wurden die zugehörigen Saugspannwerte ermittelt und graphisch dargestellt. Diese so ermittelten Werte geben den Zustand im Freiland allerdings nur annähernd an, weil die Wassersättigung einer Laborprobe bei gegebener Saugspannung in der Regel grösser ist als der Wassergehalt einer im Feld entnommenen Probe.

4.2.2. *Chemische Methoden*

4.2.2.1. *Organische Substanz / Humus*

Der organisch gebundene Kohlenstoff in der Feinerde wurde durch eine Lösung von Kaliumbichromat in konzentrierter Schwefelsäure in der Wärme völlig abgebaut. Der Chrom(III)-Gehalt wurde anschliessend photometrisch bestimmt.

Der so gefundene Wert, mit 1,72 multipliziert, wurde als Humusgehalt angegeben (STEUBING 1965).

4.2.2.2. *Karbonatgehalt*

Der Gehalt an Karbonaten wurde mit dem Passon-Gerät bestimmt. Dazu wurde die Feinerde mit zehnprozentiger Salzsäure versetzt und das entstehende Kohlendioxid volumetrisch gemessen. Diese Messwerte mussten mit einem Faktor, der die herrschende Temperatur und den Luftdruck berücksichtigt, auf Standardbedingungen umgerechnet werden (FIEDLER et al. 1965).

4.2.2.3. *Bodenreaktion*

Die Feinerdeproben wurden mit destilliertem Wasser zu einem dickflüssigen Brei angerührt und nach vier Stunden mit der Glaselektrode (Polymetron, Transistor-pH-Meter) gemessen.

4.3. *Mikroklimatische Methoden*

4.3.1. *Temperaturprofile*

Am 7. August 1975 (Strahlungstag) wurden im Mülitobel an zwei hinsichtlich Exposition und Neigung vergleichbaren Stellen der Temperaturverlauf gemessen. Die Ablesungen erfolgten in 30-minütigen Intervallen, die Messpunkte befanden sich in 200, 100, 50, 40, 30, 20, 10, 5 und 0 cm Höhe sowie in 1, 5, 10, 20, 30 und 40 cm Tiefe im Boden. Verwendet wurde das von GIGON (1971) beschriebene Thermistorengerät.Die Messfühler waren stets beschattet, notfalls wurden sie mit Aluminiumfolie abgedeckt, womit die Werte untereinander vergleichbar wurden.

4.3.2. *Evaporation der Piche-Evaporimeter*

An denselben Stellen und zur selben Zeit wie die Temperaturmessung wurde die Verdunstung mit Piche-Evaporimetern gemessen. Diese wurden vor direkter Einstrahlung (um einen Dampfdruck im Innern zu vermeiden) und vor Bewegungen durch Luftzug geschützt. In den Höhen 200, 50, 20 und 5 cm über der Bodenoberfläche wurden je zwei Evaporimeter aufgehängt und stündlich abgelesen. Zur Methode vgl. STEUBING (1965).