

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
DEUTSCHE AKADEMIE
DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

ARCHIV
FÜR
GARTENBAU

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN



1964 · 12. BAND · HEFT 5

Herausgeber: Deutsche Demokratische Republik • Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Chefredakteur: Prof. Dr. Dr. h. c. JOHANNES REINHOLD

Redaktionskollegium: Prof. Dr. Dr. h. c. GUSTAV BECKER,
Prof. Dr. Dr. h. c. GERHARD FRIEDRICH, Prof. Dr. Dr. h. c. JOHANNES REINHOLD,
Prof. Dr. HELMUT RUPPRECHT

Redaktionelle Bearbeitung: Prof. Dr. Dr. h. c. JOHANNES REINHOLD, MARIA STEIN

Das Archiv für Gartenbau erscheint in Heften mit einem Umfang von je 5 Druckbogen (80 Seiten). Die innerhalb eines Jahres herausgegebenen 8 Hefte bilden einen Band. Das letzte Heft eines Bandes enthält Inhalts-, Autoren- und Sachverzeichnis.

Der Bezugspreis je Heft beträgt 5,- MDN.

Die Schriftleitung nimmt nur Manuskripte an, deren Gesamtumfang 25 Schreibmaschinenseiten nicht überschreitet und die bisher noch nicht, auch nicht in anderer Form, im In- oder Ausland veröffentlicht wurden. Jeder Arbeit ist eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Ergebnissen (nicht länger als 20 Zeilen), wenn möglich auch in russischer und englischer bzw. französischer Sprache, beizufügen. Gegebenenfalls erfolgt die Übersetzung in der Akademie.

Manuskripte sind zu senden an den Chefredakteur, Prof. Dr. Dr. h. c. J. REINHOLD, Institut für Gemüsebau, Großbeeren bei Berlin.

Die Autoren erhalten Umbruchabzüge zur Korrektur mit befristeter Terminstellung. Bei Nichteinhaltung der Termine erteilt die Redaktion Imprimatur.

Das Verfügungsrecht über die im Archiv abgedruckten Arbeiten geht ausschließlich an die Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin über. Ein Nachdruck in anderen Zeitschriften oder eine Übersetzung in andere Sprachen darf nur mit Genehmigung der Akademie erfolgen. Kein Teil dieser Zeitschrift darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung der Akademie reproduziert werden.

Für jede Arbeit werden unentgeltlich 100 Sonderdrucke geliefert. Das Honorar beträgt 40,- MDN je Druckbogen und schließt auch die Urheberrechte für das Bildmaterial ein. Dissertationen, auch gekürzte bzw. geänderte, werden nicht honoriert.

Verlag: Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 8, Leipziger Straße 3-4, Fernruf: 22 04 41. Telex-Nr. 011 773. Postscheckkonto: Berlin 350 21. Bestellnummer dieses Heftes: 1039/XII/8.

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1276 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik.

Gesamtherstellung: IV/2/14 • VEB Werkdruck Gräfenhainichen • 1039.

All rights reserved (including those of translations into foreign languages). No part of this issue may be reproduced in any form, by photoprint, microfilm or any other means, without written permission from the publishers.

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
DEUTSCHE AKADEMIE
DER LANDWIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

ARCHIV
FÜR
GARTENBAU

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN



1964 · 12. BAND · HEFT 5

INHALTSVERZEICHNIS

HEISSNER, ADOLF, und ALFRED HENKEL	
Einige methodische Untersuchungen zur Anwendungsmöglichkeit der Wasserzange bei der Bodenfeuchtigkeitsbestimmung	327
BAUMANN, EBERHARD	
Nährstoffauswaschung aus Torf und Torfkultursubstraten	345
DREWS, MANFRED	
Untersuchungen über den Nährstoff- und Salzgehalt in Gurkenerden in Gemüsebaubetrieben	355
RINNO, GÜNTER, und ADOLF HEISSNER	
Zur indirekten Bestimmung der Bodenfeuchte durch Messung der Licht- reflexion des Bodens	371
SCHUBERT, ECKEHARDT	
Frosthärteprüfungen nach der Exososemethode an Kernobstunterlagen	385
BIRKE, JOHANNES	
Dynamik des Wasserhaushaltes der Börde-Schwarzerde beim Anbau von Feldgemüse	395
RÖSLER, LIENHARD	
Jarowisationsversuche an zweijährigen Gemüse-Umbelliferen (<i>Daucus carota</i> L., <i>Petroselinum sativum</i> Hoffm. und <i>Pastinaca sativa</i> L.)	413

Aus dem Institut für Gemüsebau Großbeeren der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

(Direktor Prof. Dr. J. REINHOLD)

und dem Institut für Gemüsebau Großbeeren der Humboldt-Universität zu Berlin

(Direktor Prof. Dr. TH. GEISLER)

ADOLF HEISSNER und ALFRED HENKEL

Einige methodische Untersuchungen zur Anwendungsmöglichkeit der Wasserzange bei der Bodenfeuchtigkeitsbestimmung

Eingegangen am 13. August 1963

1. Aufgabenstellung

Für die Bodenfeuchtigkeitskontrolle in der Praxis sind nur einfache Methoden und Geräte geeignet. Sie sollen es ermöglichen, die mittlere Bodenfeuchtigkeit auf einer bestimmten Fläche innerhalb kurzer Zeit mit einer solchen Genauigkeit zu ermitteln, daß die durchzuführenden Beregnungsmaßnahmen von hohem ökonomischen Nutzen sind. Das heißt, daß die Methode bei einem noch zulässigen Fehler ein billiges, einfaches und schnelles Arbeiten und darüber hinaus eine unmittelbare Auswertung der Ablesungen gestattet. Der zulässige maximale Fehler muß innerhalb einer Bodenfeuchtigkeitsspanne liegen, die sich nicht auf die Höhe des Ertrages auswirkt. Auf Grund langjähriger Untersuchungen zur Zusatzberegnung im Feldgemüsebau läßt sich hierfür im Durchschnitt ein Bodenfeuchtigkeitsbereich von etwa 5 bis 10% der Feldkapazität angeben [6, 7, 8, 9]. Das bedeutet, daß der Fehler der Bodenfeuchtigkeitsbestimmung nach Möglichkeit $\pm 5\%$ der Feldkapazität nicht überschreiten sollte.

Die Literatur berichtet über zahlreiche einfache Methoden der Bodenfeuchtigkeitsbestimmung [5, 4, 11, 17, 3, 18, 1, 12, 10, 13, 14, 19, 15, 21]. Doch konnte sich bisher noch keines dieser Verfahren in der landwirtschaftlich-gärtnerischen Praxis als Standardmethode durchsetzen, weil eine Überprüfung der Verfahren unter vergleichbaren Bedingungen nur selten erfolgte und auch die Genauigkeit der Methoden nur in wenigen Fällen quantitativ bestimmt wurde.

Die „Geisenheimer Wasserzange“ stellt ein solches Testverfahren dar.

Der Meßwert mit der Wasserzange wird von TEPE und LEIDENFORST [15, 16, 21] in direkte Beziehung zur Beweglichkeit des Wassers im Boden gesetzt und als absolutes Maß für die Wasseraufnahme durch die Wurzelhaare der Pflanzen betrachtet, wie an Hand von Gefäßversuchen mit Tomaten unter konstanten Bedingungen gezeigt wird. Hierbei wird die Saugspannung als von der Beweglichkeit des Bodenwassers abhängige Größe angesehen und dieser untergeordnet. Als Fehler der gewichtsmäßigen Wasseraufnahme durch das Saugpapier wird bei 10 Parallelmessungen 7% für lehmigen Sand und 3% für trockenen Lehm

angegeben. Aus den Untersuchungen lassen sich jedoch keine Schlußfolgerungen über die praktische Anwendungsmöglichkeit der Wasserzange und der Meßgenauigkeit unter Feldbedingungen ziehen [16].

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es daher, die Beziehung zwischen Wasserzangenwert und Bodenfeuchtigkeit in Abhängigkeit von unterschiedlichen Böden unter Feldbedingungen zu untersuchen und daraus die erreichbare Meßgenauigkeit der indirekten Bodenfeuchtigkeitsbestimmungsmethode abzuleiten. Darüber hinaus sollte der Einfluß verschiedener variabler Faktoren auf die Meßgröße mit der Wasserzange bestimmt und außerdem mehrere Wasserzangentypen vergleichend überprüft werden.

2. Beschreibung der Methode

Die Wasserzange beruht auf dem Prinzip, daß dem Boden innerhalb einer bestimmten Zeit durch ein saugfähiges Material eine bestimmte Menge Wasser entzogen wird. DIMBLEY [3] z. B. verwendet bei dieser Saugmethode als Saugkörper dünne Stifte aus Kieselgur, die mit einem feuchtigkeitsempfindlichen Indikator getränkt sind. Bei der hydrophotographischen Methode nach SIVADJIAN [13, 14] werden Photoplatten, die nach einem bestimmten Verfahren vorbehandelt sind, mit dem Boden in Kontakt gebracht und deren Farbänderung bzw. Gewichtszunahme ermittelt. Die Messung der Feuchtigkeit mit der Wasserzange schließlich erfolgt mit einem saugfähigen Papier (Filterpapier), das zwischen zwei dreieckige Metallplatten geklemmt wird. Das über die Platten hinausragende Papier wird abgerissen. Dadurch entsteht ein faseriger Rand, der den Kontakt mit dem Boden erhöht. Das Wasser dringt in das Saugpapier ein und erzeugt hier eine feuchte Randzone, die sich im Auflicht durch ihre geringere Helligkeit von dem noch trockenen Papier abhebt. Nach einer bestimmten Einwirkungs-dauer wird die Wasserzange aus dem Boden gezogen, aufgeklappt und die Breite des Saugpapiers an der Stelle gemessen, wo die beiden Randzonen zusammenfließen (Abb. 1). Diese Meßstrecke ist abhängig von zahlreichen Faktoren und

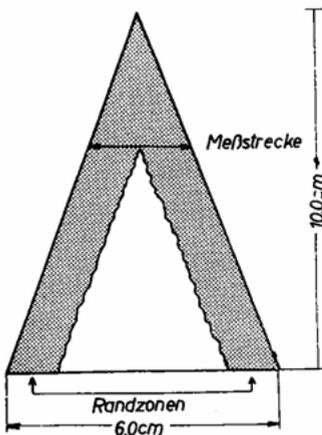


Abb. 1. Saugpapier mit eingezeichneter Randzone und der Meßstrecke

kann daher nur dann als eindeutiges Maß der Bodenfeuchtigkeit bewertet werden, wenn der Einfluß der verschiedenen Größen entweder vernachlässigbar klein oder konstant ist. Neben dem Wassergehalt beeinflussen alle wasserbindenden Kräfte des Bodens, d. h. die von der Struktur und Bodenart abhängige Saugspannung des Bodens die Breite der Randzone. Darüber hinaus ist die Laufgeschwindigkeit der feuchten Front von der Papiersorte und insbesondere von der Faserrichtung abhängig. Ferner besteht eine Abhängigkeit von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt des Saugpapiers, sowie von dem Sättigungsgrad der Atmosphäre, in der der Austauschvorgang stattfindet. Eine besondere Bedeutung hat der Kontakt des Saugpapiers mit dem Boden. Schließlich muß als weitere Einflußgröße die Form der Platten, zwischen die das Saugpapier geklemmt wird, erwähnt werden.

Für die eigenen Untersuchungen standen drei selbstgefertigte Wasserzangentypen mit verschiedenen Winkeln der Dreieckspitzen und aus unterschiedlichem Material zur Verfügung. Als Muster für den ersten Typ (Abb. 2) diente die Be-

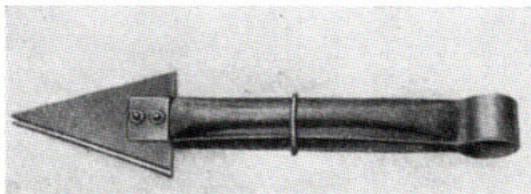


Abb. 2. Wasserzange aus Stahlblech (nach ТЕРЕ)

schreibung der Geisenheimer Wasserzange [21]. Die beiden dreieckigen Platten bestehen aus 2 mm Stahlblech und sind an den Flächen, zwischen denen das Saugpapier eingeklemmt wird, plangeschliffen. Die Höhe der Platten beträgt 100 mm, die Basis ist 60 mm breit. Das entspricht einem Winkel der Spitzen von $33,4^\circ$. Bei den beiden anderen Wasserzangentypen (Abb. 3) beträgt der Winkel

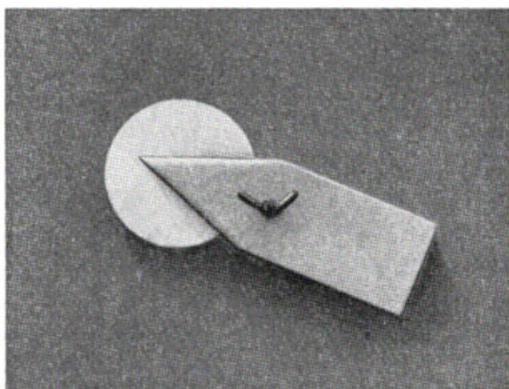


Abb. 3. Wasserzange aus Aluminiumblech (eigene Fertigung)

$41,1^\circ$. Die Platten bestehen aus 8,5 mm Aluminiumblech bzw. 8 mm Hartpapier. Sie sind an den Kanten so weit abgeschrägt, daß sie ohne größeren Widerstand in den Boden gesteckt werden können und außerdem aber auch noch genügend

Tabelle 1

Eigenschaften der Saugpapiere, die bei der Überprüfung der Wasserzangenmethode Verwendung fanden

Bezeichnung des Saugpapiers	Mittleres Gewicht g/m ²	Mittlere Dicke mm	Mittlere Steiggeschwindigkeit mm/10 min	
			in Faser- richtung	quer zur Faserrichtung
1. Spezialpapier nach TEPE [19]	71	0,2	65	58
2. Hartes Papier 388 h	82	0,2	50	43
3. Mittelweiches Papier 388 m	80	0,2	82	62
4. Weiches Papier 388 w	79	0,2	116	105

Steighöhe
[cm]

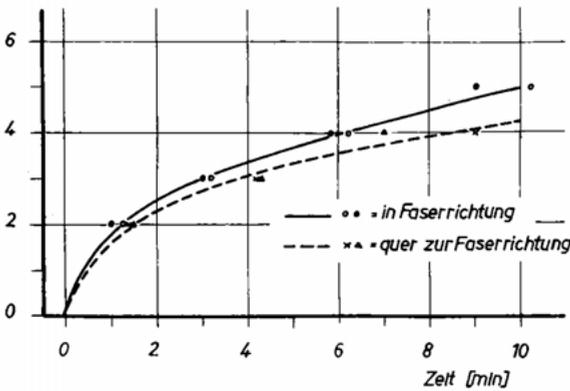


Abb. 4. Steighöhe in der Faserrichtung und quer dazu bei dem Spezialpapier

Steighöhe
[cm]

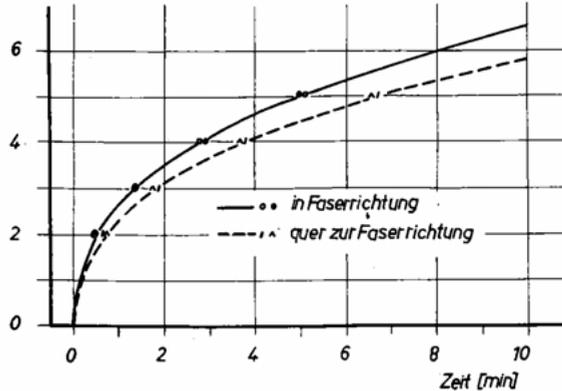


Abb. 5. Steighöhe in der Faserrichtung und quer dazu bei dem Filterpapier 388 h

Stabilität besitzen, damit das Saugpapier ausreichend fest eingeklemmt werden kann. Im Gegensatz zum ersten Typ werden die Platten durch eine Flügelschraube zusammengedrückt. Zwei Führungsstifte sorgen dafür, daß die Platten genau aufeinanderliegen.

Für die Untersuchungen wurden verschiedene Papiersorten verwendet: Das für die Geisenheimer Wasserzange empfohlene Spezialpapier, sowie Rundfilterpapier verschiedener Härtegrade des VEB Spezialpapierwerk Niederschlag (Tabelle 1).

Die Steiggeschwindigkeiten in Tabelle 1 wurden dadurch bestimmt, daß 2 cm breite Filterstreifen in destilliertes Wasser von 20 °C gehängt und die Steighöhe des Wassers nach einer Zeit von 10 min abgelesen wurde. Jedem Wert liegen zwei Parallelmessungen zugrunde; die beste Übereinstimmung der beiden Parallelmeßwerte wurde bei dem Spezialpapier erzielt. (Vergleiche die in den Abb. 4 und 5 für das Spezialpapier und das Papier 388 h eingetragenen Werte.)

3. Durchführung und Ergebnis der Untersuchungen

3.1. Einfluß verschiedener Faktoren auf den Meßwert mit der Wasserzange

3.1.1. Saugpapier

Die verschiedenen Papiersorten unterscheiden sich im wesentlichen durch die Steiggeschwindigkeit, die bei weichem Papier größer als bei hartem Papier ist. Von Bedeutung für die Genauigkeit der Messungen ist die Konstanz der Steig- bzw. Laufgeschwindigkeiten. Nach einer Laufzeit von 10 min betrug bei den untersuchten Papieren die Abweichung der Steighöhe von jeweils zwei Parallelmessungen 5 mm. Wie Tabelle 1 zeigt, sind die Unterschiede der Laufgeschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen zum Faserverlauf bei der gleichen Papierprobe aber wesentlich größer. Bei dem harten und weichen sowie beim Spezialpapier liegen die Unterschiede zwischen 9 und 16%, während sich bei dem mittelweichen Papier eine Differenz von 24% für die beiden Laufrichtungen ergibt.

Für die praktische Durchführung der Messungen mit der Wasserzange muß es jedoch als Nachteil empfunden werden, wenn beim Einlegen des Papiers auf eine genaue Orientierung der Faserrichtung in bezug zur Wasserzange geachtet werden soll. In einer Meßreihe unter Laborbedingungen konnte gezeigt werden, daß der Einfluß der Orientierung der Faserrichtung bei den überprüften Papiersorten auf die Streuung der Meßwerte unwesentlich und die Streuung bei allen Papiersorten gleich groß ist. Die Messungen wurden bei einem, leicht lehmigen Sandboden mit einem abschlämmbaren Anteil von 11% durchgeführt. Der Boden war in einen Behälter geschüttet und zur Erzielung einer gleichmäßigen und dichten Lagerung vor Beginn der Untersuchungen bis zur Sättigung mit Wasser angefeuchtet worden. Die Bodenfeuchtigkeit verringerte sich durch die allmähliche Austrocknung und wurde durch Entnahme von Proben ermittelt, wenn Messungen mit der Wasserzange vorgenommen wurden. Auf diese Weise war es möglich, die Beziehung zwischen Meßstrecke des Saugpapiers und Feuchtigkeit des Bodens für einen bestimmten Feuchtigkeitsbereich zu ermitteln. Für die Log-

arithmen der Wertepaare ergab sich bei allen Papiersorten eine signifikante lineare Korrelation. Die mittleren Abweichungen der Logarithmen der mm-Meßwerte von den berechneten Regressionsgeraden waren in allen Fällen nahezu gleich groß. Im Vergleich zu dem Spezialpapier ließen sich sowohl hinsichtlich des Regressionskoeffizienten als auch des Logarithmus vom Mittel der mm-Meßwerte keine Unterschiede statistisch sichern (Tabelle 2).

Tabelle 2

Korrelations- und Regressionskoeffizient und die Streuung der Regressionsgeraden für die Logarithmen der Wertepaare (mm-Meßwert und Bodenfeuchtigkeit in Gew.-%) sowie die Sicherungswerte für die Unterschiede der Regressionskoeffizienten und der Logarithmen vom Mittel der mm-Werte

Saugpapier	Korrelationskoeffizient	Sicherungsgrad des Korrelationskoeffizienten p %	Regressionskoeffizient	Sicherungsgrad gegenüber 1 p %	Logarithmus vom Mittel der mm-Meßstrecke	Sicherungsgrad, gegenüber 1 p %	Mittlere Streuung der Werte um die berechnete Kurve Gew.-%
1. Spezialpapier	+ 0,94	< 0,1	0,40	—	1.2797	—	± 0,6
2. Hartes Papier	+ 0,96	< 0,1	0,42	69,2	1.2157	37,4	± 0,6
3. Mittleres Papier	+ 0,96	< 0,1	0,32	10,4	1.2554	76,5	± 0,6
4. Weiches Papier	+ 0,95	< 0,1	0,34	24,5	1.1827	23,9	± 0,7

Aus den Untersuchungsergebnissen kann gefolgert werden, daß die Art des Papiers sowie auch die Schwankungen der Laufgeschwindigkeit in der Faserrichtung und quer zur Faserrichtung einen gegenüber anderen störenden Faktoren kaum wirksam werdenden Einfluß ausüben.

Bis zu einem gewissen Grad werden die unterschiedlichen Laufgeschwindigkeiten in und senkrecht zur Faserrichtung auch dadurch ausgeglichen, daß sich der Meßwert bei der Wasserzange aus zwei Meßstrecken zusammensetzt, nämlich den von der linken und rechten Randzone des Saugpapiers. Die den beiden Randzonen zugeordneten Laufrichtungen sind entsprechend dem Winkel der Wasserzangendreiecke mehr oder weniger entgegengerichtet, so daß sich unterschiedliche Laufgeschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen des Saugpapiers teilweise kompensieren können.

3.1.2. Feuchtigkeit

Die Saugkraft der Filterpapiere ist abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt des Papiers. Wie Messungen der Steiggeschwindigkeit mit hartem Filterpapier ergaben, ist die Saugkraft von feuchtem Papier geringer, was sich in der kleineren Laufgeschwindigkeit ausdrückt. Nach einer Laufzeit von 10 min betragen die Steighöhenunterschiede zwischen trockenem Papier und Papier, das 24 h lang einer relativen Luftfeuchtigkeit von nahezu 100% ausgesetzt war, im Mittel 10%.

Bei der Überprüfung der Wasserzange unter praktischen Bedingungen wurde diese Tatsache berücksichtigt, und die Messungen wurden stets mit trockenem Papier durchgeführt.

3.1.3. Temperatur

Der Temperatureinfluß ist im wesentlichen bedingt durch die Temperaturabhängigkeit der Viskosität des Wassers. Je Grad Temperaturzunahme verringert sich die dynamische Viskosität von Wasser im Temperaturbereich von 15 bis 25 °C um durchschnittlich 2,4% [2]. Das hat zur Folge, daß das Wasser bei höheren Temperaturen mit größerer Geschwindigkeit von dem Filterpapier angesaugt wird. Auf Grund von Steighöhenmessungen mit harten Filterpapier wurde diese Abhängigkeit bestätigt. Bei den Messungen betrug die Temperatur des Wassers, in die die Filterstreifen eintauchten, 14,8 °C, 20,0 °C und 24,6 °C. Nach einer Laufzeit von 10 min ergaben sich im Mittel von drei Wiederholungen die Steighöhen: 45, 47,5 und 50 mm, d. h. die Zunahme der Laufgeschwindigkeit betrug im Mittel je Grad Temperaturerhöhung etwa 1%. Berücksichtigt man aber, daß sich die Temperatur des angesaugten Wassers im Laufe der Messung mehr oder weniger der nicht variierten Lufttemperatur angeglichen hat, dann muß die tatsächliche Temperaturabhängigkeit noch größer als die durch die Messung ermittelte sein. Entsprechend der Viskositätsänderung muß angenommen werden, daß der Temperatureinfluß auf die Meßgenauigkeit größenordnungsmäßig 2% je Grad Temperaturänderung beträgt.

3.1.4. Form und Material der Wasserzange

Die Form der Wasserzange, d. h. insbesondere der Winkel der Dreieckplatten kann sich unterschiedlich auf den Meßwert und dessen Genauigkeit auswirken. Einerseits ist die Größe des Meßwertes durch den Winkel festgelegt, andererseits wird der Boden durch das Einstechen der Wasserzange je nach Winkel und Formgebung der beiden Platten unterschiedlich stark zusammengedrückt und dadurch der Kontakt zwischen Saugpapier und Boden verändert. Auch im Hinblick darauf, den Einfluß der unterschiedlichen Laufgeschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen zum Faserverlauf auszuschalten, kommt dem Winkel eine gewisse Bedeutung zu. Extrem spitze und stumpfe Winkel werden in dieser Hinsicht ungünstig wirken. Es muß jedoch ein mittlerer Optimalwinkel angenommen werden, für den der Einfluß der unterschiedlichen Laufgeschwindigkeiten am besten ausgeschaltet werden kann.

Dem Material kommt insofern Bedeutung zu, als es den Ansaugvorgang im Filterpapier durch die Eigenschaft, entweder hydrophil oder hydrophob zu wirken, beeinflussen kann.

Vergleichende Messungen mit den oben genannten Wasserzangen zeigten, daß sich ein unterschiedliches Verhalten der drei Wasserzangentypen im Rahmen des Meßfehlers statistisch nicht sichern ließ. Die Messungen wurden unter Labor- und Feldbedingungen bei einem leicht lehmigen Sandboden durchgeführt. Eine Gegenüberstellung der Meßergebnisse erfolgte auf Grund der berechneten linearen