

# Untersuchungen zur grabenlosen Herstellung wandstabilisierter Erdrohre für Aufgaben der Bodenwasserregulierung

Prof. Dr. sc. techn. H. Schinke, KDT/Dr. rer. nat. J. Schaffenger, KDT  
 Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik  
 Dr.-Ing. A. Palm, KDT/Dr. agr. K.-F. Ortmann, VEB Meliorationskombinat Rostock

## Verwendete Formelzeichen

$A_{SR}$	mm <sup>2</sup>	Austrittsfläche am Ringspalt
$b$	mm	Schwertbreite
$d_{FB}$	mm	Erdrohrdurchmesser
$d_{FE}$	mm	Formkörperdurchmesser
$d_{ME}^a$	mm	Mittelkörperdurchmesser (Anfang)
$d_{ME}^b$	mm	Mittelkörperdurchmesser (Ende)
$d_{RE}$	mm	Rohrdurchmesser
$d_{VE}$	mm	Vorpreßkörperdurchmesser
$h$	mm	Messerhöhe
$k_V$	mm	Förderfaktor
$l_A$	mm	Anlenklänge
$l_E$	mm	Länge des Rohrbildungskörpers (Herstellung von wandstabilisiertem Erdrohr)
$l_{FE}$	mm	Formkörperlänge (Herstellung von wandstabilisiertem Erdrohr)
$l_{ME}$	mm	Mittelkörperlänge
$l_{VE}$	mm	Vorpreßkörperlänge
$n$		Anzahl der Messer
$Q_{RE}$	l/min	Durchsatz am Ringspalt
$ S $	mm	absolute Rohrschrumpfung $\Delta d_{FB}$ bzw. $\Delta d_{FE}$
$s_R$	mm	Ringspalt
$s_{WE}$	mm	stabilisierte Zone des wandstabilisierten Erdrohrs
$v_F$	m/h	Maschinenfahrgeschwindigkeit
$\alpha$	°	Anstellwinkel
$\gamma_{FE}$	°	Keilwinkel des Formkörpers
$\gamma_{ME}$	°	Keilwinkel des Mittelkörpers
$\gamma_{VE}$	°	Keilwinkel des Vorpreßkörpers

## 1. Einleitung

Unterirdische Rohre werden in verschiedenen Konstruktionsformen und Materialarten seit langem für Aufgaben der Bodenwasserregulierung eingesetzt. Sie werden durch grabenlos arbeitende oder grabenaushende Verfahren und maschinentechnische Lösungen in unterschiedlicher Tiefe und mit entsprechendem Gefälle verlegt oder gefertigt. International sind beide Verfahren von Bedeutung, wobei vorzugsweise geschlitzte Plastmaterialien zum Einsatz kommen. In der Vergangenheit wurden zahlreiche

Versuche zur Rohrherstellung aus festen bis flüssigen Materialien unternommen, die als Verfahren der sog. Rohrherstellung in situ bekannt geworden sind [1, 2]. Unbekannt ist, inwieweit derartige Verfahren und Maschinen serienmäßig in größerem Umfang eingesetzt werden.

Für das Meliorationswesen der DDR sind derartige Verfahren aus den verschiedensten Gründen interessant (z. B. Substitution von Plastrohrmaterialien, Senkung von Materialtransporten). Das Anwendungsgebiet sollte die Bodenwasserregulierung (d. h. Dränung und Unterflurbewässerung) auf den dafür geeigneten Standorten sein.

Bisher wurde über ein Verfahren zur grabenlosen Einbringung in situ hergestellter Betonrohre berichtet [2]. Bei der Weiterentwicklung und Verfahrensmodifizierung wurde nach Möglichkeiten der Senkung des Materialaufwands sowie einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Rohrbildungsprozesses gesucht. Das hier vorgestellte Verfahren zur Herstellung wandstabilisierter Erdrohre wurde im Rahmen angewandter Forschungsarbeiten von Fachleuten der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock und des VEB Meliorationskombinat Rostock entwickelt und erprobt.

## 2. Beschreibung des Verfahrens

Das wandstabilisierte Erdrohr wird unter Verwendung einer Wasser- (Portland-) Zement-Suspension mit einem Zusatz zur Betonverflüssigung und mit Hilfe des vorhandenen Erdstoffes hergestellt.

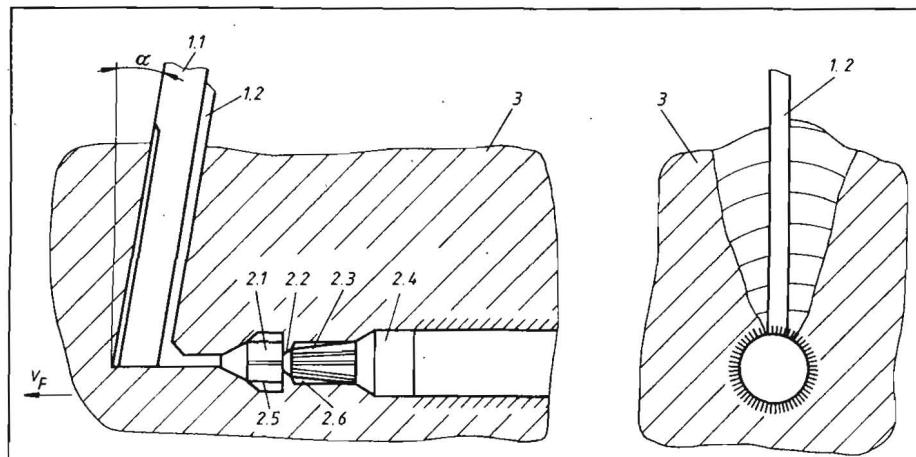
Im Bild 1 ist das Arbeitswerkzeug dargestellt, das aus dem Dränschwert 1 und dem Rohrbildungskörper 2 besteht. Der Rohrbildungskörper wird vom messerartigen oder profilschneidenden Dränschwert 1.1 im Erdkörper 3 geführt. Über die Förderleitung 1.2 wird dem Rohrbildungskörper 2, bestehend aus Vorpreßkörper 2.1, Ringspalt 2.2, Mittelkörper 2.3 und Formkörper 2.4, die fließfähige

Suspension zugeführt, die am Ringspalt 2.2 austritt. Während der Arbeitsfahrt erzeugt der Vorpreßkörper 2.1 ein seiner Geometrie entsprechendes Erdrohr. In Abhängigkeit von der zu erreichenden Dicke der Wandstabilisierung kann der Vorpreßkörper glatt ausgebildet sein, oder er ist zur Unterstützung der Mischvorgänge mit Messern 2.5 bestückt. Durch den Mittelkörper 2.3 wird die am Ringspalt 2.2 austretende Suspension mit dem anstehenden Erdstoff partiell gemischt. Dazu sind versetzt zum Vorpreßkörper 2.1 Messer (Leitbleche) 2.6 auf dem Mittelkörper 2.3 angeordnet (passive Arbeitselemente). Durch den Formkörper 2.4 wird dieser stabilisierte Erdgang auf die konstruktiv vorgegebene Nennweite gebracht und die Wandung glattgestrichen. Zum Schutz gegen Erosionserscheinungen kann auf die Rohrinnenwandung zusätzlich eine dünne Zementschicht (0,5 bis 1 mm) aufgetragen werden. Dabei entsteht ein innenseitig glattwandiges wandstabilisiertes Erdrohr mit den geometrischen Abmessungen  $s_{WE} = 2 \dots 5$  mm und  $d_{RE} = d_{FE} - |S|$ . Der Materialaufwand je m wandstabilisiertes Erdrohr beträgt unter Beachtung der Parameter der Tafeln 1 und 2 bis zu 600 g Zement. Bei diesem Verfahren kann in Abhängigkeit von der verwendeten Rezeptur die Wandung des stabilisierten Erdrohrs wasserdurchlässig sein bzw. es kann durch ein am Formkörper 2.4 angeordnetes Basismesser ein definierter Basisspalt geschnitten werden. Nach erfolgter Erhärtung kann das wandstabilisierte Erdrohr durch fließende Medien belastet werden.

## 3. Experimentelle Untersuchungen

Die dem Verfahren zugrunde liegenden Wirkpaarungen Arbeitswerkzeug-Erdstoff bzw. Arbeitswerkzeug-Baustoff (d. h. Was-

Bild 1. Schematische Darstellung des Rohrbildungskörpers zur Herstellung des wandstabilisierten Erdrohrs; Erläuterung im Text



Tafel 1. Zusammenstellung der Stoffparameter der Wasser-Zement-Suspension

Zement PZ	
Anteil am TS-Gehalt	100%
Wasser-Zement-Wert	0,46
Zusatzstoff Romosid	
Anteil, bezogen auf den Bindemittelanteil	1%
Dosiergenauigkeit (Volumenanteil)	± 5%

Tafel 2. Parameter des wandstabilisierten Erdrohrs

Nennweite	$d_{FB} -  S $ mm
stabilisierte Zone <sup>1)</sup>	bis 5 mm
Wasserdurchtrittszone <sup>2)</sup>	bis 40 cm <sup>2</sup> /m
mechanische Belastbarkeit <sup>3)</sup>	0,5...6 t

1) wahlweise kann auf die Wandung eine Zementschicht aufgebracht werden

2) vorzugsweise basal, auch jede andere Anordnung möglich, Größe richtet sich nach Einsatz und anstehendem Erdstoff

3) wie unbefestigtes Erdrohr zu betrachten

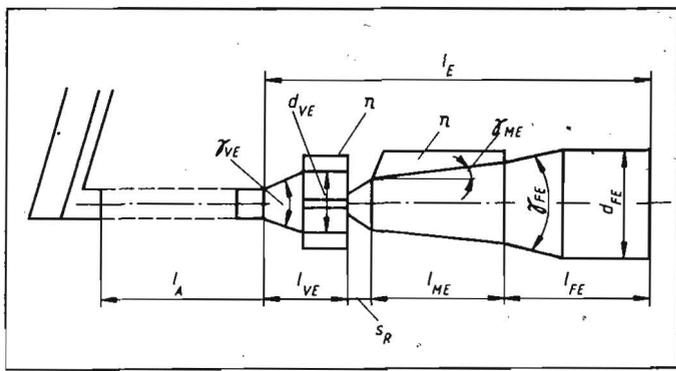


Bild 2. Konstruktionsparameter des Rohrbildungskörpers (s. a. Tafel 3)  
Bild 3. Maschinentechnische Lösung auf der Basis des Kettentraktors DT-75 B WS-4

ser-Zement-Suspension) und Baustoff-Erdstoff verdeutlichen das komplexe Wirken unterschiedlicher Einflußfaktoren. Die beiden erstgenannten Wirkpaarungen sind direkt durch Konstruktions- bzw. Stoffparameter des Arbeitswerkzeugs bzw. des Baustoffs beherrschbar. Die verwendeten Konstruktionsparameter für den Rohrbildungskörper und die Stoffparameter für den Baustoff sind in den Tafeln 1 und 3 sowie im Bild 2 ausgewiesen.

In der Phase der Rohrerhärtung wirken die Eigenschaften des anstehenden Erdstoffs auf das ausgeformte Rohr derart, daß durch den „zurückdrängenden“ Erdstoff das Rohr schrumpft, d. h., daß sich die ursprünglich geformte Nennweite verringert. Die Rohrschrumpfung wurde bisher bei variiertem Bodenfeuchte und Bodendichte ermittelt [2].

In Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit der Maschine und der Nennweite des einzubauenden Rohrs errechnet sich der Drucksatz des Baustoffs am Ringspalt des Rohrbildungskörpers als Volumen-Zeit-Beziehung entsprechend Gl. (1):

$$Q_{RE} = k_v v_f \left\{ \left[ \frac{\pi}{4} (d_{FE}^2 - d_{MEa}^2) \right] + n b h \right\} \quad (1)$$

Der Faktor  $k_v$  ist ein spezieller Förderfaktor, für den in Abhängigkeit vom Bodenaufbruch durch das Drän Schwert Werte von 1,2 bis 1,3 ermittelt wurden.

Zur Durchführung von Felduntersuchungen wurde eine maschinentechnische Lösung auf der Basis des Kettentraktors DT-75 B WS-4 entwickelt (Bild 3). Das Anbaugerät zur Rohr-

herstellung ist am Dreipunktbau des Traktors befestigt und besteht aus dem Vorratsbehälter mit Rührwerk für die Aufnahme des Baustoffs (120 l), der Pumpe, der stufenlos stellbaren Getriebeeinheit und dem Arbeitswerkzeug. Zusätzlich befindet sich frontseitig am DT-75 B WS-4 ein Generator zur Elektroenergieversorgung für das Anbaugerät. Die Kinematik der maschinentechnischen Lö-

Tafel 3. Konstruktionsparameter des Rohrbildungskörpers bei einer Anlenkung zum Drän Schwert von  $l_A = 0,5$  m und einer Gesamtlänge  $l_E$  bis 220 mm

<i>Vorpreßkörper</i>	
Anzahl der Messer n	bis 8
Keilwinkel $\gamma_{VE}$	60...90°
Durchmesser $d_{VE}$	bis 60 mm
Länge $l_{VE}$	50 mm
<i>Ringspalt</i>	
Weite $s_R$	5 mm
Fläche $A_{SR}$	bis 1 000 mm <sup>2</sup>
<i>Mittelkörper</i>	
Anzahl der Messer n	bis 6 (freier Sohlbereich)
Keilwinkel $\gamma_{ME}$	bis 6°
durchschnittlicher Durchmesser (Anfang) $d_{MEa}$	bis 58 mm
Länge $l_{ME}$	100 mm
<i>Formkörper</i>	
Keilwinkel $\gamma_{FE}$	45...90°
Durchmesser $d_{FE}$	bis 80 mm
Länge $l_{FE}$	bis 50 mm

geometrische Bedingungen eines Rohrbildungskörpers für ein wandstabilisiertes Erdrohr:  
 $d_{VE} > d_{MEa}$ ;  $d_{MEa} < d_{MEe}$ ;  $d_{MEe} > d_{VE}$ ;  
 $d_{MEa} < d_{FE}$ ;  $d_{FE} = 1,5 d_{VE}$

sung ist so konzipiert, daß lokale Bodenunebenheiten sowie Nick- und Kippbewegungen weitgehend ausgeglichen werden. Grundlage des kinematischen Systems ist der vorhandene Dreipunkt des Traktors. Der Kraftheber befindet sich während der Arbeit in Schwimmstellung. Das Arbeitswerkzeug ist über ein hydraulisch stellbares Gelenkvier-eck mit dem Dreipunkt verbunden. Die verlängerten Mittellinien der Koppelglieder schneiden sich im virtuellen Führungspunkt. Die Auflagepunkte für den Anbau, bestehend aus Arbeitswerkzeug und Gelenkvier-eck, bilden die Stabilisierungsfläche (Flosse) am Schwert und die Konstruktionselemente des Dreipunktbau. Die Kinematik garantiert, daß sich örtliche Höhenänderungen des Fahrwerks nur abgeschwächt oder verzögert auf die Höhenlage des zu erzeugenden Rohrs auswirken. Die Schleppkurve des Arbeitswerkzeugs wird durch die Neigung der Flosse bestimmt. Bei den experimentellen Untersuchungen standen Felduntersuchungen mit folgenden Schwerpunkten im Vordergrund:

- Herstellbarkeit des wandstabilisierten Erdrohrs unter Praxisbedingungen
- Erprobung bautechnischer und bautechnologischer Möglichkeiten des Rohrschlusses an Tonrohrsammler (Entwässerung) bzw. an Unterflurverteiler (Bewässerung)
- Erprobung von Möglichkeiten der Strangüberbrückung beim Ausscheren des Arbeitswerkzeugs infolge des Auftreffens auf Fremdkörper.

Bild 4. Wandstabilisiertes Erdrohr für die Entwässerung

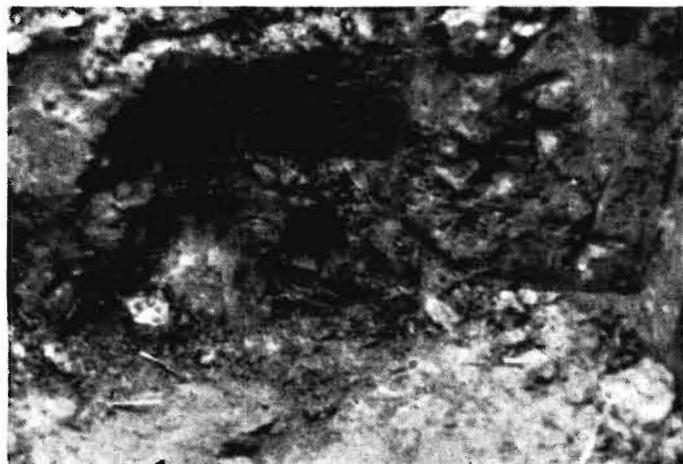
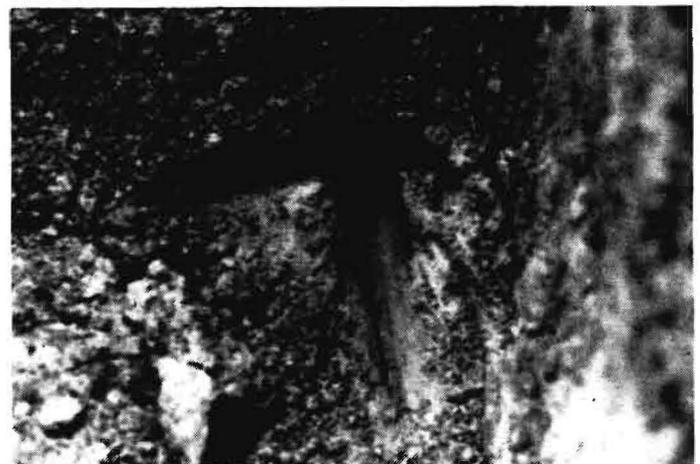


Bild 5. Wandstabilisiertes Erdrohr für die Bewässerung



Auf der Grundlage der Erkenntnisse der Feld- und Laboruntersuchungen (Errichtung einer kleintechnischen Versuchsanlage „Entwässerung“ mit insgesamt 2700 m wandstabilisiertem Erdrohr im Auftrag des Rates des Bezirkes Rostock und einer Unterflurbewässerungspartzele im Rahmen der Pilotanlage „Warnow 83“ mit insgesamt 2400 m wandstabilisiertem Erdrohr) lassen sich in bezug auf die standortbedingte Eignung folgende Einsatzgrenzen ableiten:

- Steinbesatz des Erdstoffs  $\leq 2\%$  (Volumenanteil)
  - Boden muß bindig sein (abschlammbare Teilchen  $> 10\%$ )
  - aktuelle Feuchte des anstehenden Erdstoffs muß unter der Ausrollgrenze liegen.
- Die Bilder 4 und 5 zeigen Beispiele für die Ausbildung des wandstabilisierten Erdrohrs für die Entwässerung (Basisspaltweite 0,5 bis 1 mm) und für die Bewässerung (Basisspaltweite 1 bis 2 mm). Der Anschluß des wandstabilisierten Erdrohrs an Tonrohrsammler bzw. Unterflurverteiler erfolgt durch Welldränrohre, die längsgeschlitzt sind und in das noch nicht erhärtete wandstabilisierte Erdrohr eingeschoben werden. Im Verlauf der Abbindung des Baustoffs wird das Welldränrohr fest im wandstabilisierten Erdrohr verankert. Am Tonrohrsammler wird die Verbindung durch ein Hakenrohr bzw. am Unter-

flurverteiler durch Steigschläuche hergestellt.

Fremdkörper, soweit sie nicht durch das Arbeitswerkzeug verschoben werden, verursachen das Ansprechen der Schersicherung des Arbeitswerkzeughalters. Nach Bergung des Fremdkörpers durch einen Eingefäßbagger wird ein Anstich vorbereitet, das Rohr weitergefahren und die Fehlstelle durch ein Welldränrohr überbrückt.

#### 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Im Beitrag wird ein Verfahren zur wandstabilisierten Erdrohrherstellung in situ für Aufgaben der Bodenwasserregulierung beschrieben. Für den Anschluß dieser Rohre an Be- und Entwässerungssysteme werden Lösungen vorgestellt. Die Vorteile des Verfahrens gegenüber bisher bekannten Lösungen zur in-situ-Rohrherstellung sind ein geringerer Materialeinsatz (rd. 600 g/m) und eine in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe höhere mögliche Arbeitsgeschwindigkeit der gewählten maschinentechnischen Lösung auf der Basis des Kettentraktors DT-75 B WS-4 (bis zu 2000 m/h). Durch Veränderung der Rohrkonstruktion kann unterschiedlichen Standortbedingungen Rechnung getragen werden (d. h. Variation der Basisspaltweite). Für eine erfolgversprechende Weiterentwicklung des

Verfahrens und seine Anwendung in größerem Umfang sind u. a. solche Fragen wie die meliorative Wirkung des Rohrs, die Aufstellung standortspezifischer Anforderungen an die Rohrkonstruktion, die Entwicklung technischer Mechanismen zum Einbau von Filtermaterialien und die Verbesserung der maschinentechnischen Lösung mit größerer Arbeitstiefe (bis 1,4 m) erforderlich. Bei erfolgreicher Lösung o. g. Probleme könnten die wandstabilisierten Erdrohre die Möglichkeit der aufwandreduzierten Nachrüstung vorhandener Anlagen zur Bodenwasserregulierung, der Dränabstandserweiterung bei Saugern aus herkömmlichen Materialien durch zusätzliches Einbringen wandstabilisierter Erdrohre und der Verbesserung der Durchlässigkeit durch den zeitlich begrenzten Einsatz der Rohre bieten.

#### Literatur

- [1] Palm, A.; Schaffenger, J.; Ortman, K.-F.: Die Betonrohrherstellung nach dem Maulwurfprinzip für Aufgaben der Bodenwasserregulierung. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, F/E-Bericht 1986 (unveröffentlicht).
- [2] Schinke, H.; Palm, A.: Untersuchungen zur grablosen Einbringung in situ hergestellter Betonrohre für Meliorationszwecke. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 1, S. 21–27. A 4962

## Serienmäßige Ermittlung des Glasgehalts in Feldbaukomposten aus Hausmüll

Dipl.-Landw. S. Keydel/Ing. R. Trautvetter

Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR, Bereich Bad Lauchstädt

### Aufgabenstellung

Durch die Produktion von Feldbaukompost aus Hausmüll wird die Rückführung organischer Stoffe und Pflanzennährstoffe aus Siedlungsabfällen in den Stoffkreislauf der Pflanzenproduktion möglich. Der Hausmüll aus fernbeheizten Wohnungen wird als Abfallgemisch einschließlich Glas-, Porzellan- und Keramikanteilen von etwa 15% Masseanteil [1] erfaßt und unter Zusatz von organischen Naßschlammern einem Rotteprozeß unterzogen. Als Endprodukt entsteht nach Separierung Feldbaukompost, der durch Glasscherben in begrenztem Umfang qualitätsgemindert sein kann. Daraus resultiert die Notwendigkeit, durch kontinuierliche, repräsentative Untersuchungen den Nachweis

zu erbringen, daß der nach Standard TGL 37 125/02 vorgegebene Glasgehalt von maximal 2% in der Trockenmasse nicht überschritten wird. Glasteilchen  $< 5$  mm bleiben dabei unberücksichtigt.

Zur serienmäßigen Bestimmung des Glasgehalts in Kompostproben unter Labor- und Praxisbedingungen sind keine apparativen Methoden bekannt. Deshalb bestand die Aufgabe, die arbeitszeitaufwendige und relativ ungenaue Bestimmung des Glasgehalts durch Handverlesung von Kompostproben weitgehend zu rationalisieren. Dazu waren die Entwicklung und der Bau einer geeigneten apparativen Vorrichtung erforderlich.

### Methode und Vorrichtung

Bei methodischen Untersuchungen zur manuellen Ermittlung des Glasgehalts im Müllkompost stellte sich die Prüfvariante Windsichten – Absieben – Handverlesen – Wiegen bei zuvor getrocknetem Müllkompost als die effektivste heraus, da die höchste Genauigkeit mit dem niedrigsten Arbeitszeitaufwand erreicht wurde (Tafeln 1 und 2). An dieses Ergebnis anknüpfend, ist ein Laborglasseparator entwickelt und gebaut worden, der aus einem Mehrfachtrommelsieb mit einer fraktionierten Windsichtung einschließlich Verleseband besteht [2]. Mit diesem Separator werden 500-g-Proben untersucht, die zuvor bei 105°C mindestens 24 h im Trockenschrank getrocknet worden sind.

Tafel 1. Vergleich von Methoden zur Ermittlung des Glasgehalts

Prüfmethode	Probenvorbereitung	ermittelte Glasmenge rel.	Arbeitszeitaufwand rel.
Handverlesen/ Wiegen	ungetrocknet	86	100
	getrocknet	88	81
Absieben/ Handverlesen/ Wiegen	ungetrocknet	97	87
	getrocknet	99	78
Windsichten/ Absieben/ Handverlesen/ Wiegen	ungetrocknet	100	82
	getrocknet	100	71

Absiebung mit Schüttelsieb, verglichene Proben enthalten dieselbe Glasmenge (n = 10)

Tafel 2. Restglasanteil im Müllkompost nach Glasermittlung

Prüfmethode	Probenvorbereitung	Rest des Glasanteils in der Trockensubstanz <sup>1)</sup> %
Handverlesen/Wiegen	ungetrocknet	0,40
Absieben/Handverlesen/Wiegen	ungetrocknet	0,29
Windsichten/Absieben/Handverlesen/Wiegen	ungetrocknet	0,06
Absieben/Handverlesen/Wiegen	getrocknet	0,03
Windsichten/Absieben/Handverlesen/Wiegen	getrocknet	0,003

1) ermittelt nach Auswaschung im 5-mm-Handsieb (n = 10)