

E 3-13 Versuchsfelder zur Ermittlung der Einbaudichte von Siedlungsabfall

Stand: Bautechnik 1998

1 Allgemeines

Die Empfehlung E 3-13 beschreibt, die fachgerechte Ermittlung der Einbaudichte des Abfalls in Versuchsfeldern.

Als Einbaudichte wird die Trockendichte (= Trockenmasse pro Volumen) unter Kompaktorauflast definiert. Die Randbedingungen des Versuchsfeldes ergeben sich aus dem vorgesehenen bzw. üblichen kompaktorbetriebenen Einbau und der konkreten Zielsetzung im Einzelfall.

Die Einbaudichte wird dabei durch

- den Wassergehalt des Abfalls,
- seine Zusammensetzung und Struktur,
- die Schichtdicke beim Einbau,
- den Untergrund,
- die Einbaugeräte,
- die Anzahl der Verdichtungsübergänge und
- die Fahrtgeschwindigkeit bei der Verdichtung beeinflusst.

Aufgrund der abfallspezifischen Charakteristika, der großflächigen Einbaugeräte und des flächigen Einbaubetriebes müssen großvolumige Versuchsfelder errichtet werden. Diese Versuchsfelder bestehen aus mehreren aufeinander aufbauenden Abfallsschichten. In einem Versuchsfeld sollte keine Variation der Randbedingungen erfolgen. Zur Bestimmung des Einflusses der Variation einer Randbedingung sollte ein parallel betriebenes Versuchsfeld errichtet werden. Je nach Zielsetzung können daher mehrere parallel betriebene Versuchsfelder erforderlich werden. Die Zusammensetzung und Struktur des Abfalls sowie der Untergrund sollten, sofern diese nicht die variierenden Parameter darstellen, bei parallel betriebenen Versuchsfeldern nicht verändert werden.

Im Folgenden wird ein Standardversuchsfeld definiert, das den Minimalaufwand zur realitätsnahen Bestimmung der Einbaudichte widerspiegelt.

2 Versuchsausführung

2.1 Abmessungen

Die Abmessungen des Versuchsfeldes (Bild 3- 13.1) richten sich nach den eingesetzten Geräten und dem einzubauenden Abfall.

Nach Ablauf der Einbauversuche ähnelt der Abfallkörper einem Pyramidenstumpf.

Die horizontale Oberfläche des Pyramidenstumpfes soll eine Breite und eine Länge der 2,6 - fachen Kompaktorbreite (über die Räder) nicht unterschreiten, mindestens jedoch 12 x 12 m betragen.

Da zwei Kompaktorüberfahrten (s. Bild 3-13.3) eine Verdichtungsbreite der 1,3-fachen Kompaktorbreite (über die Räder) ergeben, muss die gewählte Länge und Breite außerdem ein Vielfaches der 1,3- fachen Kompaktorbreite (über die Räder) betragen. Die Gesamthöhe des eingebauten Abfalls nach Verdichtung soll mindestens 1,5 m betragen. Zusätzlich soll eine Mindestanzahl von sechs Einzellagen nicht unterschritten werden. Die Böschungsneigung des Abfallkörpers soll 1 : 2 nicht übersteigen (ca. 26°).

An allen Seiten der Versuchsfelder ist eine ausreichende Wendefläche für die Verdichtungsgeräte vorzusehen. Die Wendefläche muss so groß sein, dass keine Lenkbewegung des Kompaktors auf dem Versuchsfeld (einschließlich Böschung) stattfindet.

2.2 Untergrund

Zur Ermittlung des Volumenbedarfs der eingebauten Abfälle ist die Kenntnis der Höhenlage des Untergrundes erforderlich. Als Untergrund sollte für das Versuchsfeld ein setzungsempfindlicher Untergrund (z.B. Deponieflächen) gewählt werden. Damit wird die Realität nachgestellt und die Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf den Praxisbetrieb verbessert. Ist dieses nicht möglich, kann auch ein setzungsunempfindlicher Untergrund (z.B. Asphaltflächen) gewählt werden.

Auf einem setzungsunempfindlichen Untergrund kann das Versuchsfeld direkt nach der Vermessung der Basisoberfläche (s. Bild 3-13.2 und Abschnitt 2.4) aufgebaut werden, da sich die Höhenlage des Untergrundes während der Versuchsdurchführung nicht ändert. Bei Errichtung des Versuchsfeldes auf einem setzungsempfindlichen Untergrund ist die Möglichkeit der Vermessung des Untergrundes während der Versuchsdurchführung vorzusehen, s. Bild 3-13.2 und Abschnitt 2.4.

2.3 Durchführung

Der auf dem Versuchsfeld einzubauende Abfall soll einen repräsentativen Querschnitt der anfallenden Gesamtabfallzusammensetzung des jeweiligen

Standortes darstellen.

Der Abfall ist gemäß GDA- Empfehlung E 1-7 zu identifizieren und nach E 1-8 zu klassifizieren. Die Bestimmung des Wassergehaltes muss für mindestens drei Teilproben je Abfallschicht durchgeführt werden. Jede Teilprobe muss eine Mindestmasse von 50 kg besitzen. Der Wassergehalt soll in Anlehnung an die GDA- Empfehlung E 1-7 stoffgruppenspezifisch bestimmt werden. Die Proben sind direkt vor der Verteilung der Abfälle zu entnehmen.

Das Versuchsfeld besteht insgesamt aus mindestens sechs übereinander liegenden Abfallschichten. Jede Abfallschicht wird einzeln aufgebracht und verdichtet.

Die Anlieferung des Abfalls für das Versuchsfeld erfolgt mit Radladern oder Lastkraftwagen. Die Oberfläche des bereits eingebauten Abfalls sollte von den zur Anlieferung eingesetzten Fahrzeugen nicht befahren werden. Bei der Anlage mehrerer parallel betriebener Versuchsfelder muss auf die gleiche Abfallzusammensetzung auf allen Versuchsfeldern geachtet werden. Dazu sollen angelieferte Chargen (z. B. LKW- Ladungen) massengleich auf die angelegten Versuchsfelder verteilt werden.

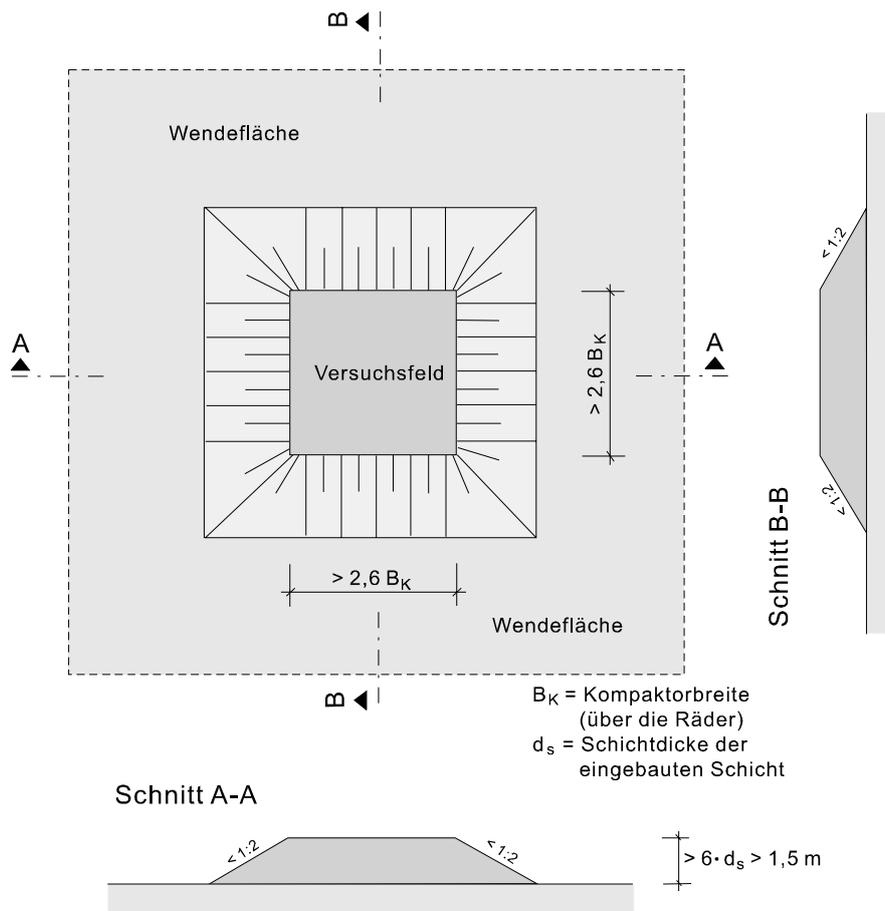


Bild 3-13.1: Abmessungen des Versuchsfeldes (unmaßstäblich)

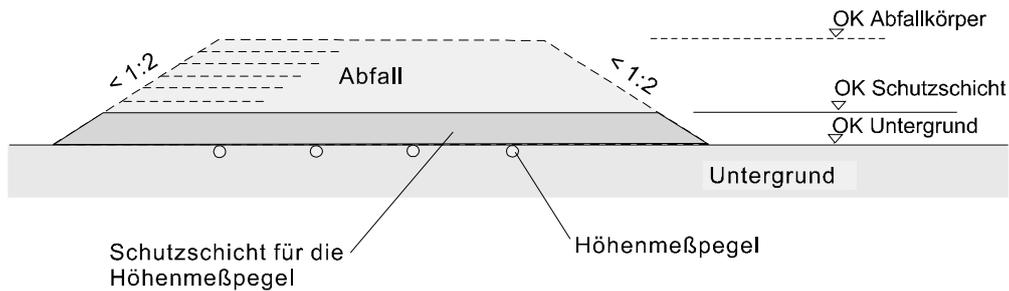


Bild 3-13. 2: Beispiel für die Messebenen bei setzungsempfindlichem Untergrund

Die aufgebrauchte Abfallmasse jeder Schicht ist durch Wiegung zu ermitteln. Die Schichtdicke des unverdichteten Abfalls sollte den vorgegebenen Randbedingungen angepasst werden, jedoch 50 cm nicht überschreiten. Durch eine Reduzierung der Schichtdicke wird dabei der Verdichtungserfolg pro Übergang überproportional gesteigert.

Nach der Anlieferung auf das Versuchsfeld wird der Abfall jeweils für jede Schicht mit einem Fahrzeug mit geringer Radlast gleichmäßig auf dem Versuchsfeld verteilt. Hierzu haben sich bei den bisher durchgeführten Versuchen Planiertrauben gut bewährt.

Die anschließende Verdichtung erfolgt mit dem gewählten Kompaktor.

Dabei wird in dieser Empfehlung begrifflich zwischen Übergängen und Überfahrten unterschieden (s. auch Bild 3-13.3). Unter einer Überfahrt wird die Verdichtung einer Kompaktorbreite (über die Räder) des Versuchsfeldes verstanden. Ein Übergang hingegen ist die einmalige flächige Verdichtung der gesamten Versuchsfeldfläche durch den Kompaktor. Dementsprechend setzt sich ein Übergang aus mehreren parallel versetzten Überfahrten zusammen.

Für die Durchführung der Verdichtungsübergänge und der Vermessungsarbeiten muss eine Hauptfahrtrichtung des Versuchsfeldes definiert werden. Die Hauptfahrtrichtung ist diejenige Richtung, in die für jede Schicht der erste Übergang stattfindet.

Der Kompaktor verdichtet jede Schicht des Versuchsfeldes mit einer ungeraden Anzahl von Übergängen, jedoch mit mindestens fünf Übergängen. Der erste Übergang einer jeden Schicht erfolgt definitionsgemäß immer in Hauptfahrtrichtung des Versuchsfeldes, der zweite senkrecht dazu usw. s. Bild 3-13.1.

Während eines Überganges versetzt der Kompaktor nach jeder ungeraden Anzahl der Überfahrten um $1/3$ Kompaktorbreite (über die Räder). Nach jeder geraden Anzahl an Überfahrten wird um eine gesamte Kompaktorbreite (über die Räder) versetzt, s. Bild 3-13.3. Das Wenden findet außerhalb des Versuchskörpers statt (s. Bild 3-13.1). Die Fahrtgeschwindigkeit des Kompaktors beim Verdichten der Abfälle auf dem Versuchsfeld soll der üblichen Betriebsgeschwindigkeit entsprechen. Die Versuche sind im normalen Arbeitsrhythmus ohne Unterbrechungen durchzuführen.

Zur Ermittlung des Einflusses der Anzahl der Übergänge auf die Einbaudichte müssten mehrere Versuchsfelder angelegt werden. Die Anzahl der Versuchsfelder richtet sich nach der Anzahl der zu untersuchenden Variationen der Anzahl der Übergänge. Da die Anlage mehrerer Versuchsfelder zu diesem Zwecke wirtschaftlich nicht in jedem Falle sinnvoll ist, kann vereinfachend und mit hinreichender Genauigkeit nur ein Versuchsfeld angelegt werden. In diesem Versuchsfeld sollte nur jede dritte Abfallschicht vermessen und ausgewertet werden. Die nicht zu vermessenden Schichten sind mit einer konstanten Anzahl von Übergängen zu verdichten. Hierzu wird in der Regel eine dem praktischen Deponiebetrieb angepasste Anzahl von Übergängen gewählt, die Zahl der Übergänge sollte jedoch nicht kleiner als drei sein. Es wird hierbei nur in den zu vermessenden Schichten die Anzahl der Übergänge variiert. Die Art der Durchführung ist zu dokumentieren und bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Das Versuchsfeld kann für andere Untersuchungszwecke, z.B. zur Ermittlung der Zusammendrückbarkeit infolge statischer Auflast weiterverwendet werden. Die zeitabhängige Zusammendrückbarkeit ergibt sich dabei aus der Vermessung der Höhenlagen der OK Schutzschicht und der OK Abfallkörper nach den gewählten Zeitintervallen.

2.4 Vermessung

Vor Aufbringung des Abfalls muss die Höhenlage der OK Schutzschicht (für die Höhenmessung des Untergrundes) vermessen werden.

Für jedes Versuchsfeld ist zusätzlich mindestens die Höhenlage der mittleren und der obersten Schicht des Versuchsfeldes bei der Verdichtung zu vermessen, wodurch bei der Auswertung der Einfluss des Untergrundes auf die Einbaudichte ermittelt werden kann. Alle Messungen erfolgen über die Ermittlung der Höhenlage des fahrenden Kompaktors kinematisch [1]. Der Messpunktabstand sollte nicht größer als einen Meter gewählt werden, s. Bild 3-13.4. Dabei haben sich bei bisherigen Versuchsfeldern Global- Positioning (GPS)- und Videotheodolit- Systeme bewährt [1,2]. Wird ein setzungsempfindlicher Untergrund gewählt, so ist zusätzlich zu dem unbelasteten Untergrund für jede vermessene Abfallschicht die Höhenlage des Untergrundes zu ermitteln. Der Messpunktabstand sollte bei der Vermessung des Untergrundes nicht mehr als 3 m x 1 m betragen, s. Bild 3-13.5. Der geringere Messpunktabstand sollte in Hauptfahrtrichtung angeordnet sein. Für jede Schicht ist ferner die Lage des Böschungfußes und der Böschungsoberkante nach dem Einbau zu ermitteln. Der Messfehler durch den Neigungswechsel des Kompaktors an der Böschungsoberkante und am Böschungfuß ist zu korrigieren. Es ist bei allen Messungen der gesamte durch den Abfall gebildete Pyramidenstumpf zu betrachten.

Soll der Einfluss der Anzahl der Übergänge auf die Einbaudichte ermittelt werden, so sind in jeder zu vermessenden Schicht die Höhenlagen der relevanten Übergänge zu bestimmen.

3 Auswertung

3.1 Grundsätze

Bei der Auswertung sollten zur Verbesserung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse weiterhin folgende Grundsätze berücksichtigt werden:

- Die im Versuchsfeld ermittelten Werte gelten nur für die vorliegende Abfallzusammensetzung. Diese sollte gemäß der GDA- Empfehlung E 1-7 ermittelt werden.
- Die Angabe des Wassergehaltes bezieht sich - aufgrund der in der Abfallwirtschaft üblichen Definition - grundsätzlich auf die Feuchtmasse.

$$w_{FS} = (m_{FS} - m_{TS}) / m_{FS}$$

w_{FS} : Wassergehalt

m_{FS} : Feuchtmasse

m_{TS} : Trockenmasse

- Der ermittelte Volumenbedarf wird stets auf die Trockenmasse bezogen.
- Bei der Ermittlung der Einbaudichte ist das gesamte Pyramidenstumpfvolumen sowie die Volumenänderung durch Setzungen des Untergrundes zu erfassen. Die Einbaudichte ist für mindestens jeden zweiten Übergang der zu vermessenden Abfallschicht zu ermitteln. Es sind mindestens der Untergrund sowie die mittlere und die oberste Abfallschicht zu vermessen.
- Soll die Auswirkung der Anzahl der Übergänge auf die Einbaudichte bestimmt werden, sind die Mindestanforderungen an ein Versuchsfeld einzuhalten. Es kann jedoch die Vereinfachung getroffen werden, dass nur die zu vermessenden Schichten mit einer unterschiedlichen Anzahl an Verdichtungsübergängen belegt werden

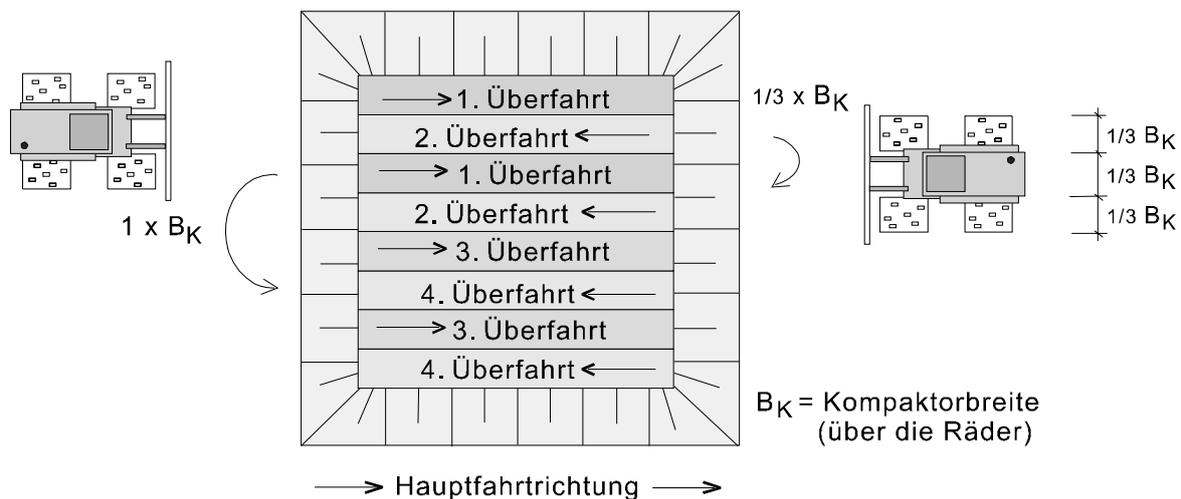
3.2 Anwendung

Durch die Erhöhung der Einbaudichte des Abfalls wird ein verringertes Einbauvolumen erzielt, was zu einer Verlängerung der Deponielaufzeit oder zu einer zusätzlichen Verfüllung des vorhandenen Deponievolumens mit weiteren Abfällen, z. B. aus anderen Gebietskörperschaften, führt. Gleichzeitig werden mit der verbesserten Einbaudichte die Nachsorgekosten und die Nachsorgedauer der Deponie verringert. Dies resultiert z. B. aus den geringeren Verformungen bei erhöhter Einbaudichte und den damit verbundenen verringerten Beanspruchungen der Deponiebauwerke (z. B. Schächte und Oberflächenabdichtung), der Verringerung der benötigten Zeit bis zum Abklingen der Setzungen und der veränderten Konsolidations- bzw. Presswassermasse [3,4]. Weitere Anwendungsfälle der Empfehlung E 3-13, z. B. die Verbesserung von Verdichtungsgeräten, sind denkbar.

Die Auswertungsziele sind:

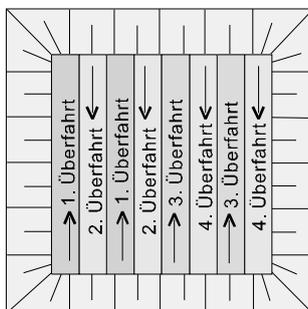
- Ermittlung der Einbaudichten unter bisherigen Randbedingungen
- Ermittlung der Randbedingungen zum Erreichen der optimalen Einbaudichte
- Bestimmung des Einflusses einzelner oder mehrerer Einbaubedingungen auf die Einbaudichte
- Ermittlung der technisch und wirtschaftlich geeigneten Kompaktoren
- Ermittlung der besten Gerätekonfigurationen für den Deponiebetrieb
- Ermittlung der betriebstechnisch günstigsten Anzahl der Übergänge
- Bestimmung der Einbaudichte als Eingangsparameter für Standsicherheitsberechnungen
- ggf. Ermittlung der zeitabhängigen Zusammendrückbarkeit des Abfalls unter statischer Auflast zur Nutzung der sich daraus ergebenden Deponiekubatur.

1. Übergang



2. Übergang

(2./4./6./.....Übergang)



3. Übergang

(3./5./7./.....Übergang)

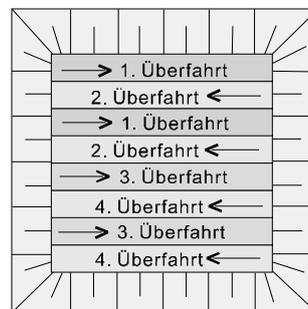


Bild 3-13.3: Übergänge und Überfahrten auf dem Versuchsfeld

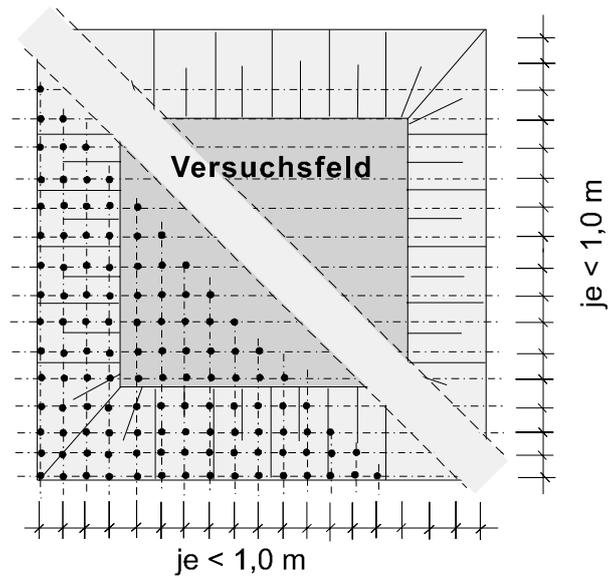


Bild 3-13.4: Messpunktabstände bei der kinematischen Vermessung

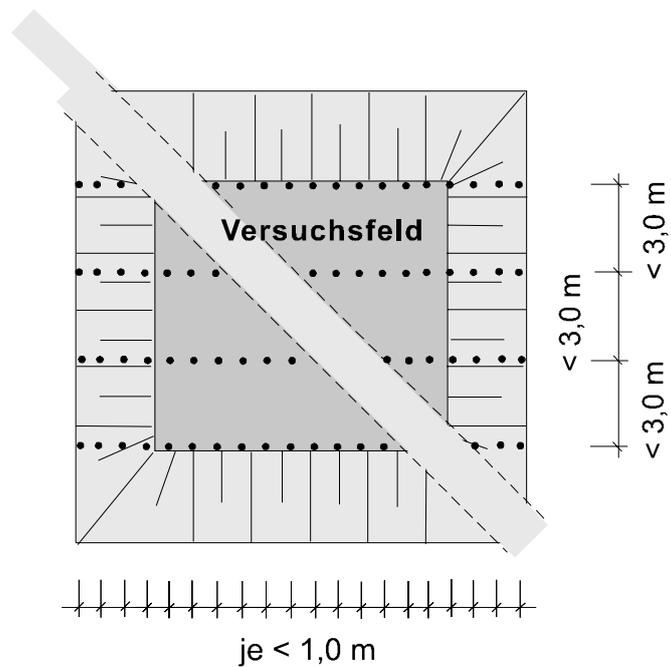


Bild 3-13.5: Messpunktabstände bei der Untergrundvermessung

Literatur zu E 3-13:

- [1] M. TURK, F. BRAMMER, H.- J. COLLINS (1996): Einfluß von mechanischer und mechanisch- biologischer Vorbehandlung auf die Einbaudichte von Restabfall, Entsorgungspraxis Heft 12.

- [2] C. HOMANN, F. BRAMMER (1997): Einsatz von kinematischem GPS bei der Ermittlung der Abfalldichte in Deponien, Vermessungswesen und Raumordnung, 59. Jahrgang, Heft 3, Dümmler-Verlag, Bonn.

- [3] H.-G. RAMKE (1992): Druck-Setzungsverhalten biologisch vorbehandelten Hausmülls, Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik der TU Braunschweig, Heft 37.

- [4] K. WIEMER (1982): Qualitative und quantitative Kriterien zur Bestimmung der Dichte von Abfällen in geordneten Deponien, Dissertation am Fachbereich Umwelttechnik der TU Berlin.