



BAM

Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

Hinweise zu den Prüfungen B13: November 2013

Haftung von Strukturpartikel bei
geosynthetischen Dichtungsbahnen aus Polyethylen
hoher Dichte (PEHD) mit strukturierter Oberfläche
(Abhobelversuch)

herausgegeben vom
Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“

Die *Hinweise zu den Prüfungen* und die Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen sowie Listen zugelassener Kunststoffdichtungsbahnen, weiterer auf der Grundlage der Deponieverordnung zugelassener Produkte und Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe und Dichtungskontrollsysteme können als pdf-Dateien von der Internetseite der BAM unter:

www.bam.de/de/service/amt_mitteilungen/abfallrecht/index.htm heruntergeladen werden.

Vorwort

Dieser Hinweis zu den Prüfungen, auf den in der Tabelle 4 Nr. 4.4 der *Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen* verwiesen wird, wurde zusammen mit der Arbeitsgruppe *Kunststoffdichtungsbahnen* des Fachbeirats erarbeitet. Nach der Deponieverordnung (Anhang 1 Absatz 2.4) berät der Fachbeirat die BAM bei der Erarbeitung von Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme, die in Deponieabdichtungen eingesetzt werden.

Inhalt

Vorwort.....	3
1. Einleitung	5
2. Anwendungsbereich	5
3. Normative Verweisungen	6
4. Kurzbeschreibung	6
5. Messproben	6
6. Prüfgeräte	6
7. Durchführung der Prüfung	7
8. Auswertung	9
9. Prüfbericht.....	12

1. Einleitung

Die Reibungskräfte zwischen der Kunststoffdichtungsbahn und ihrem Auflager, z. B. einer mineralischen Dichtung oder einer Feinsandschicht, sowie zwischen Dichtungsbahn und darüber liegender Schutzschicht können durch ein- oder beidseitige Strukturierung der Dichtungsbahnoberfläche erhöht werden. Nach Art und Herstellung lassen sich verschiedene Strukturvarianten unterscheiden. Unter anderem werden in einem nachgeordneten Arbeitsgang auf die Oberfläche einer glatten Dichtungsbahn Strukturpartikel (Fäden, Schaumfetzen, usw.) aus gleichem Werkstoff wie die glatte Dichtungsbahn oder einem anderen PE-Werkstoff aufgebracht und thermisch fixiert. Es sind hier die unterschiedlichsten Verfahrensvarianten möglich.

Ursprünglich wurde diese Art der Strukturierung entwickelt, um für zeitlich befristete Einbauzustände eine ausreichende Reibung zu den benachbarten Schichten zu gewährleisten. Inzwischen werden solche strukturierten Dichtungsbahnen auch dort eingesetzt, wo die Reibungskraft über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks wirksam sein muss. Es stellt sich dann die Frage nach der Haftfestigkeit der nachträglich aufgebrachten Strukturpartikel, nach deren Beständigkeit und Haltbarkeit. Zudem ergibt sich die Frage nach der Rückwirkung der Oberflächenstruktur auf die Spannungsrisssbeständigkeit der Dichtungsbahn. Im Rahmen der Zulassung wurden Verfahren erarbeitet (Tabelle 4 der Zulassungsrichtlinie), mit denen diese Eigenschaften überprüft werden können. Im Folgenden wird ein Verfahren beschrieben, mit dem die Haftfestigkeit der Strukturpartikel durch eine Abhobelkraft charakterisiert wird, die in einem Abhobelversuch ermittelt wird.

2. Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren fest, mit dem die Haftung von Strukturpartikeln auf der Oberfläche von geosynthetischen Dichtungsbahnen aus Polyethylen hoher Dichte (PEHD) untersucht werden kann, die in geotechnischen Anwendungen eingesetzt werden. Dazu wird ein Abhobelversuch an Messproben mit repräsentativer Strukturausbildung in deren Oberfläche durchgeführt. Das Prüfverfahren kann als Teil der Charakterisierung der Eigenschaften dieser Dichtungsbahnen im Rahmen der Qualitätssicherung bei der Herstellung sowie für Prüfungen der Beständigkeit der Strukturausbildungen und zum Vergleich der Eigenschaften von Strukturen verwendet werden.

PEHD-Dichtungsbahnen sind geosynthetische Dichtungsbahnen aus Polyethylen oder Polyethylen- α -Olefin-Kopolymeren mit einer Dichte des Grundwerkstoffs von $\geq 0,932 \text{ g/cm}^3$. Ruß, Antioxidantien und Verarbeitungshilfen werden dem Grundwerkstoff in gewissem Umfang schon bei dessen Herstellung oder bei der Herstellung der Dichtungsbahn beigemischt. Die Oberfläche der Dich-

tungsbahn kann glatt oder strukturiert sein. Die Dichtungsbahnen werden in der Geotechnik verwendet.

3. Normative Verweisungen

Die im Folgenden aufgeführten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die Ausgabe, auf die Bezug genommen wird. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des Dokuments einschließlich aller Änderungen.

DIN EN ISO 2411 (2000-08): Mit Kautschuk oder Kunststoff beschichtete Textilien – Bestimmung der Haftfestigkeit von Beschichtungen,

DIN EN ISO 291 (2008-08): Kunststoffe – Normalklimate für Konditionierung und Prüfung,

DIN EN ISO 9862 (2005-05): Geokunststoffe – Probenahme und Vorbereitung von Messproben.

4. Kurzbeschreibung

Mit einem Formstahl werden die Strukturpartikel in Fertigungsrichtung von der Oberfläche der Kunststoffdichtungsbahn bei konstanter Prüfgeschwindigkeit abgehobelt. Aus dem Kraft-Verschiebeweg-Diagramm wird der Mittelwert der Abhobelkraft bestimmt.

5. Messproben

Die Proben werden nach EN ISO 9862 entnommen. Als Messproben werden Platten aus der Dichtungsbahn mit den Abmessungen 200 mm x 25 mm verwendet. Die Messproben werden so hergestellt, dass die Längsachse in Fertigungsrichtung liegt.

6. Prüfgeräte

Die Prüfeinrichtung (siehe Abbildung 1) besteht im Wesentlichen aus einer in Zugrichtung beweglichen Führung als Aufnahme für den Probekörper und einem Formstahl der pneumatisch auf die Oberfläche der Kunststoffdichtungsbahn gedrückt wird. Diese Prüfeinrichtung wird in die obere Klemme einer Zugprüfmaschine eingespannt und die Strukturpartikel mit konstanter Prüfgeschwindigkeit abgehobelt. Abbildung 2 zeigt eine Skizze des Formstahls (quadratischer Querschnitt, 10 mm Kantenlänge) mit drei unterschiedlichen negativen Spanwinkeln. Über eine Kraftmesseinrichtung wird die Abhobelkraft als Funktion des Verschiebungswegs des Formstahls aufgezeichnet. (Abbildung 3).

7. Durchführung der Prüfung

Die Messproben werden im Normalklima 23/50, Klasse 2 ($23 \pm 2 \text{ °C}$ und bei $50 \pm 10 \%$ relativer Luftfeuchte) nach DIN EN ISO 291 für 24 Stunden gelagert. Die Prüfung erfolgt unter den gleichen klimatischen Bedingungen. Es werden je Oberflächenstruktur 10 Messproben geprüft, bei beidseitig strukturierten Dichtungsbahnen insgesamt 20 Messproben. Die Strukturpartikel werden im Bereich des Startpunktes des Formstahls auf einer Fläche von ca. 25 mm x 15 mm manuell entfernt. Die Abhobelfläche, über die der Formstahl geführt wird, beträgt 80 mm x 25 mm. Bei beidseitig strukturierten Dichtungsbahnen wird vor dem Versuch auch die Struktur auf der Rückseite der Messproben (nicht geprüfte Seite) entfernt. Der Probekörper wird auf dem Schlitten befestigt und die Führung sowie die Halterung mit dem Formstahl in die obere Klemme eingespannt. Das untere Probenende wird in die untere Klemme eingespannt.

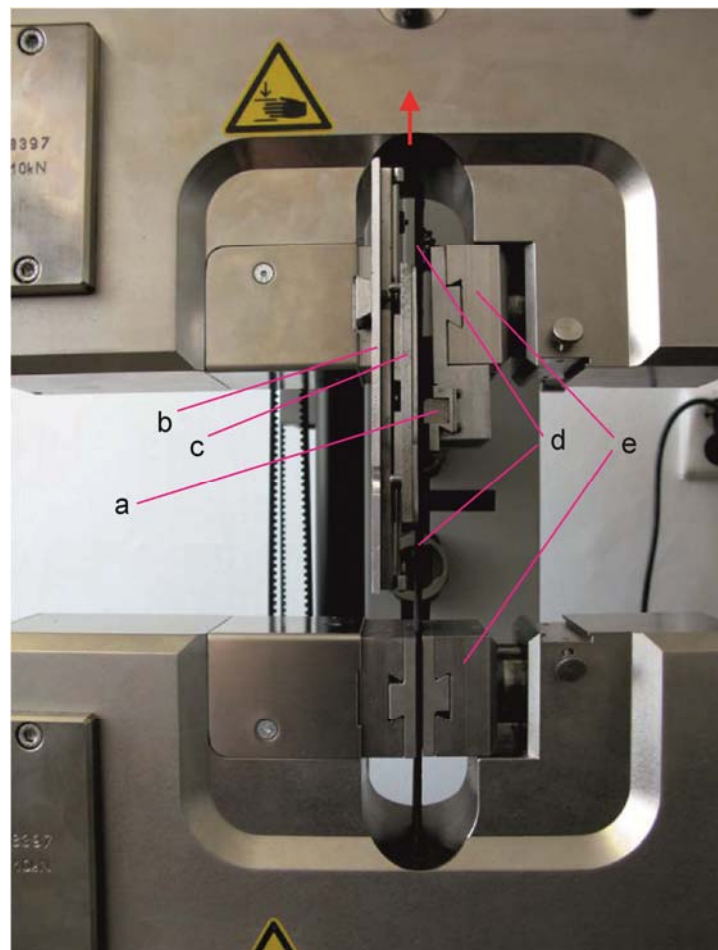


Abbildung 1: Prüfvorrichtung zur Bestimmung der Abhobelkraft. (a) Formstahl, (b) Basisplatte mit Schiene zur Führung des Probenhalters, (c) Probenhalter, (d) Messprobe, (e) pneumatische Klemmen.

Der Formstahl wird am Startpunkt im Bereich der glatten Oberfläche der Probe durch Schließen der Klemmen aufgesetzt. Bei pneumatischen Klemmen muss dabei über die Druckregelung und bei mechanischen Klemmen über die Einstellung der Klemmschrauben der Formstahl auf die Dichtungsbahn so aufgesetzt werden, dass einerseits die Strukturpartikel abhobelt, andererseits die Reibung zwischen Oberfläche der Dichtungsbahn und Oberfläche des Formstahls möglichst gering ist, der Formstahl also nur auf der glatten Dichtungsbahnoberfläche aufliegt und nicht schon in die Oberfläche eingedrückt wird. Spanwinkel und Druck richtet sich nach der Struktur. In der Regel wird mit einem Spanwinkel von 30° gearbeitet. Die obere Klemme wird mit konstanter Geschwindigkeit nach oben gefahren. Die Abhobelgeschwindigkeit beträgt 25 mm/min . Während des Abhobelns wird die Abhobelkraft als Funktion des Verschiebungswegs aufgezeichnet und grafisch dargestellt.

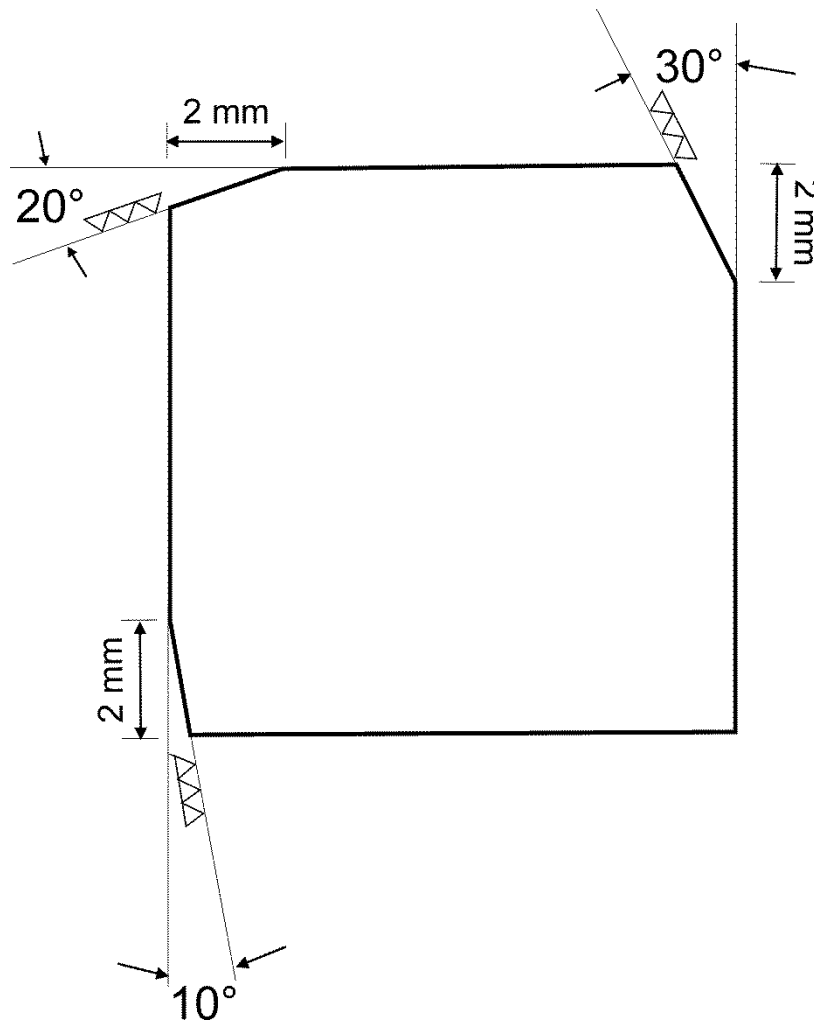


Abbildung 2: Querschnittsskizze des Formstahls. (Mittenrauwert der markierten Oberflächen $\leq 0,8 \mu\text{m}$)

8. Auswertung

Die Auswertung der Kraft-Verschiebungsweg-Diagramme erfolgt in Anlehnung an DIN EN ISO 2411. Abbildung 3a bis 3c zeigt einen typischen Verlauf der Verschiebungsweg-Abhobelkraft-Kurve. Für die Auswertung werden je nach Kurvenverlauf der anfängliche Bereich (circa 10 bis 30 mm), wo der Formstahl in die Struktur eingreift, und die letzten 10 mm der Verschiebungsstrecke vernachlässigt. Im dazwischen liegenden Bereich der Verschiebungsstrecke wird der Mittelwert der Kraft aus dem Kurvenverlauf durch Integration über und Division des Integrals durch die Messstrecke bestimmt. Diese Abhobelkraft wird in N angegeben. In welchem Umfang Strukturmaterial abgehobelt wurde und Reste auf der Probe verblieben, wird visuell abgeschätzt und der Schätzwert in Prozent angegeben. Gegebenenfalls kann der Zustand der Probe nach dem Abhobeln auch durch eine Fotografie dokumentiert werden.

Im Idealfall wird das Strukturmaterial vollständig abgehobelt. Es wird jedoch vorkommen, dass in gewissem Umfang der Formstahl über einzelne Strukturpartikel hinweg gleitet. Gerade bei besonders gut haftenden Strukturpartikeln kann sich dieser Effekt einstellen. Das „Gleiten“ über ein Strukturpartikel wird einen geringen Beitrag zur Abhobelkraft liefern als das Abhobeln des Partikels. Vollständig abgehobelt wird das Material natürlich am ehesten dann, wenn die Haftung sehr schlecht ist. Der Verlauf des Abhobelvorgangs und das Ausmaß, indem dabei Partikel abgehobelt werden, hängen vom gewählten Anpressdruck ab. Aus dieser Betrachtung folgt, dass neben der Abhobelkraft auch der Schätzwert des Flächenanteils des tatsächlich abgehobelten Strukturmaterials in die Bewertung mit einbezogen werden muss. Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen Abhobelkraft und Flächenanteil abgehobelten Materials am Beispiel von 3 strukturierten Kunststoffdichtungsbahnen (KDB). Bei KDB 3 kann die Struktur immer praktisch vollständig abgehobelt werden. Bei KDB 1 ist das nicht der Fall. In den Fällen aber, wo viel Material abgehobelt wurde, ist die erforderliche Kraft bei KDB 1 aber deutlich höher als bei KDB 3. KDB 2 liegt in ihren Eigenschaften dazwischen. Die Berechnung einer Linienkraft als Quotient aus Abhobelkraft und der Wurzel aus dem Flächenanteil abgehobelten Materials ermöglicht die Zusammenschau von Abhobelkraft und abgehobelter Fläche. Abbildung 5 zeigt diese Linienkraft für die erwähnten drei Dichtungsbahnen. Man sieht hier deutlicher die Unterschiede zwischen den Dichtungsbahnen.

Dieses Prüfverfahren funktioniert nur bei Abhobelkräften bis zu ca. 500 N. Bei einer sehr starken Haftung der Strukturpartikel und entsprechend hohem Anpressdruck schneidet der Formstahl in die Dichtungsbahn. Das Verfahren ist dann nicht mehr anwendbar. Abhobelkräfte, die beim Abhobeln von nachträglich aufgetragenen Strukturpartikeln unter den beschriebenen Prüfbedingungen erforderlich sind, um das Strukturmaterial vollständig abzuhebeln, sollten im Bereich ≥ 200 N liegen. Die Linienkraft würde bei vollständigem Abhobeln dann gerade $20 \text{ N}/(\%^{1/2})$ betragen.

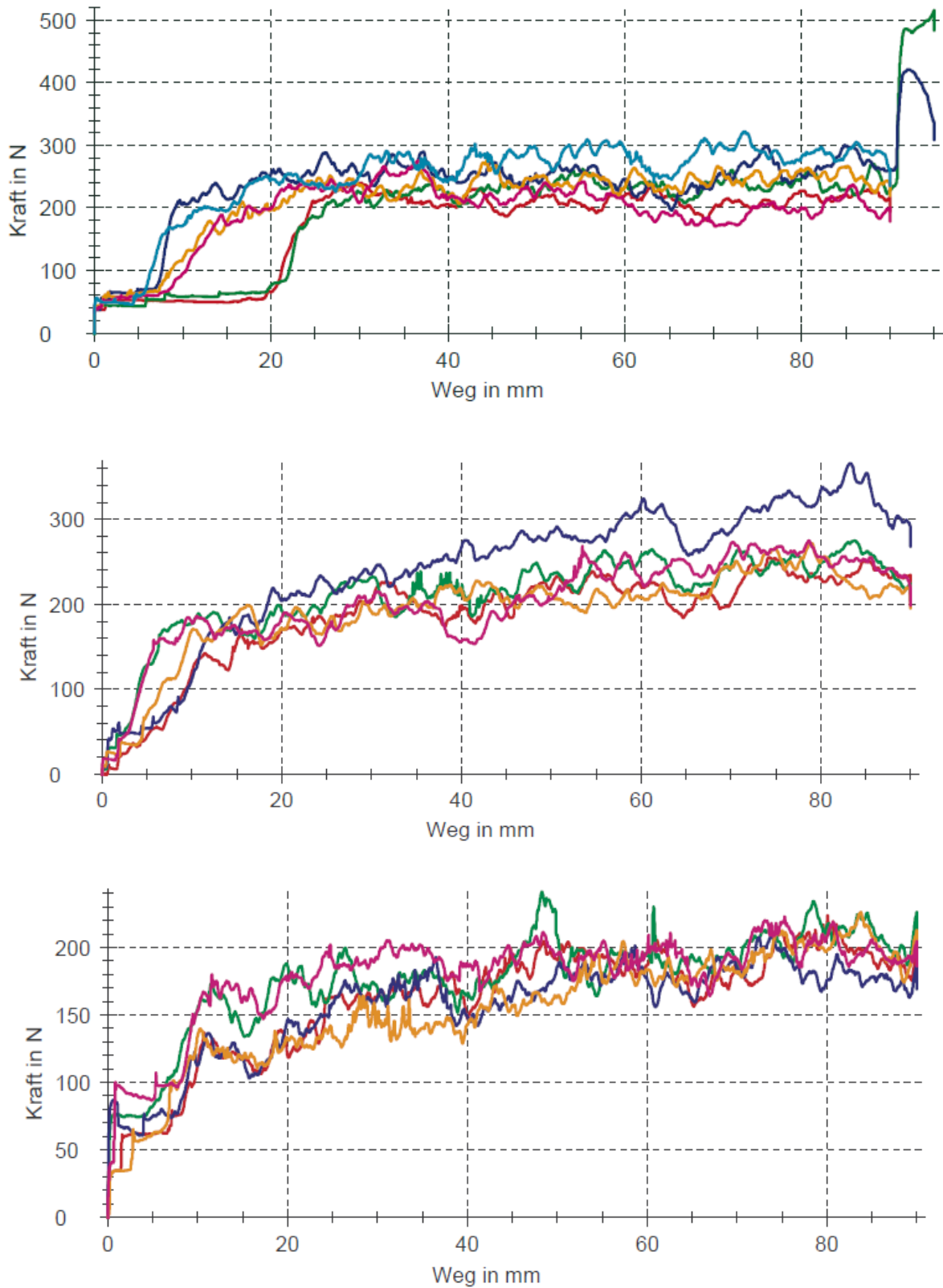


Abbildung 3: Drei Beispiele von Kraft-Weg-Diagramme aus dem Abhobelversuch.

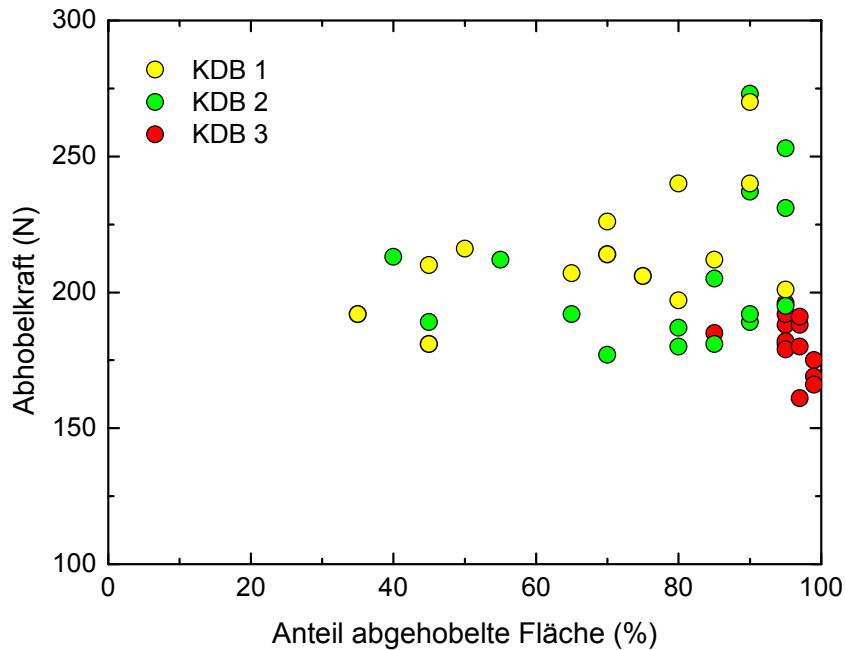


Abbildung 4: Abhobelkraft und prozentualer Anteil des abgehobelten Strukturmaterials an der Probenfläche bei drei strukturierten Dichtungsbahnen (KDB 1, KDB 2, KDB 3).

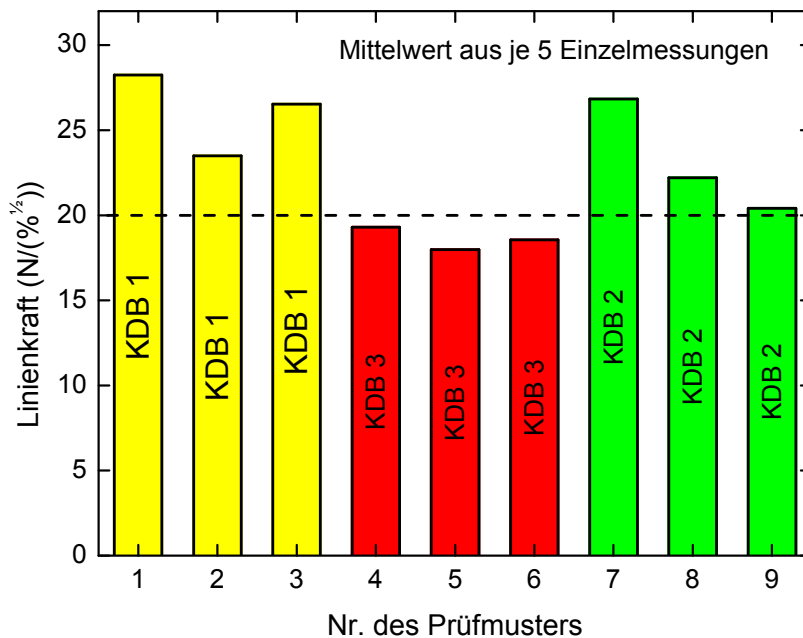


Abbildung 5: Linienkraft ($\text{Abhobelkraft}/(\text{Flächenanteil})^{1/2}$) aus Messungen an Mustern aus je drei Fertigungen von drei Dichtungsbahnen (KDB 1, KDB 2, KDB 3). Bei 100 % Flächenanteil und 200 N Abhobelkraft würde sich ein Grenzwert für die Linienkraft von 20 N/(%^{1/2}) ergeben.

9. Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Prüfstelle, Ort und Datum der Prüfung,
- b) Verweisung auf diese Prüfvorschrift sowie jede eventuell gewählte Abweichung,
- c) Vollständige Angaben zur Identifikation des geprüften Produkts (z. B. Hersteller, Kennzeichnungen (z. B. Zulassungsnummer), Werkstoff, Dichte, Schmelze-Massefließrate, Rußgehalt, Dicke, Breite, Oberflächenbeschaffenheit),
- d) Einzelheiten zur Probenahme und Vorbereitung der Messproben (Anordnung der Struktur, Verfahren der Herstellung der Messproben, Maße der Messprobe),
- e) Einzelheiten zum Prüfgerät,
- f) Einzelheiten zur Durchführung der Prüfung (z. B. Anpressdruck bei pneumatischen Klemmen),
- g) Prüfergebnis nach Abschnitt 7 (Verschiebungsweg-Abhobelkraft-Diagramm, mittlere Abhobelkraft), Angaben zum Zustand der abgehobelten Fläche.