

TEXTE

119/2024

Anhang

# Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen zur Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen Probenbegleitprotokolle

von:

Ralf Ketelhut

Stoffstromdesign, Neumünster

Herausgeber:

Umweltbundesamt



TEXTE 119/2024

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,  
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 34 305 0

FB001439/ANH

Anhang

## **Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen zur Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen**

Probenbegleitprotokolle

von

Ralf Ketelhut

Stoffstromdesign, Neumünster

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

ECT Oekotoxikologie GmbH  
Böttgerstraße 2-14  
65439 Flörsheim/Main

Ralf Ketelhut Stoffstromdesign  
Wookerkamp 61  
24536 Neumünster

### Abschlussdatum:

Mai 2024

### Redaktion:

Fachgebiet III 1.5  
Mareike Röhreich

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen\*Autoren.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
1 Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 1 .....	9
2 Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 2 .....	14
3 Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage A .....	19
4 Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage B .....	24
5 Boden und Steine (17 05 03*): Geogener Aushub .....	29
6 Boden und Steine (17 05 03*): Straßenbankett, Bundesstraße.....	34
7 Boden und Steine (17 05 04): Straßenbankett, Nebenstraße .....	39
8 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage A, Charge 1 ..	44
9 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage A, Charge 2 ..	49
10 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage B .....	55

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 1 (Altmaterial, Lagerdauer >4 Wochen) .....	11
Abbildung 2:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 1 (Altmaterial, Lagerdauer >4 Wochen) .....	13
Abbildung 3:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 2 (Frischmaterial, Lagerdauer <4 Wochen) .....	16
Abbildung 4:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 2 (Frischmaterial, Lagerdauer <4 Wochen) .....	18
Abbildung 5:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage A.....	21
Abbildung 6:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage A.....	23
Abbildung 7:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage B.....	26
Abbildung 8:	Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage B.....	28
Abbildung 9:	Fotografische Dokumentation zu geogenem Aushub (17 05 03*).....	31
Abbildung 10:	Sieblinie für geogenen Aushub (17 05 03*) .....	32
Abbildung 11:	Fotografische Dokumentation zu geogenem Aushub (17 05 03*).....	33
Abbildung 12:	Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03*).....	36
Abbildung 13:	Sieblinie für Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03* .....	37
Abbildung 14:	Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03*).....	38
Abbildung 15:	Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04).....	41
Abbildung 16:	Sieblinie für Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04) .....	42
Abbildung 17:	Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04).....	43
Abbildung 18:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04) .....	46
Abbildung 19:	Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04).....	47

Abbildung 20:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04) .....	48
Abbildung 21:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04) .....	51
Abbildung 22:	Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04).....	53
Abbildung 23:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktionen aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04) .....	54
Abbildung 24:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktionen aus Anlage B (19 10 04).....	57
Abbildung 25:	Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage B (19 10 04)...	59
Abbildung 26:	Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage B (19 10 04).....	60

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Probenahme .....	9
Tabelle 2:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	12
Tabelle 3:	Probenahme .....	14
Tabelle 4:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	16
Tabelle 5:	Probenahme .....	19
Tabelle 6:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	22
Tabelle 7:	Probenahme .....	24
Tabelle 8:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	27
Tabelle 9:	Probenahme .....	29
Tabelle 10:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	31
Tabelle 11:	Probenahme .....	34
Tabelle 12:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	36
Tabelle 13:	Probenahme .....	39
Tabelle 14:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	41
Tabelle 15:	Probenahme .....	44
Tabelle 16:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	46
Tabelle 17:	Probenahme .....	49
Tabelle 18:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	52

Tabelle 19:	Probenahme .....	55
Tabelle 20:	Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a).....	58



# 1 Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 1

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des ‚Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung‘ (EU 2018)<sup>1</sup> sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), der LAGA PN 98 (2019) sowie der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 1: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	10 09 09* (Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält)
<b>Identifikation</b>	Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 1
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Juli 2022, 10:00 bis 10:20 Uhr
<b>Wetter</b>	sonnig, 19°C, 54% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Filterstäube entstehen überwiegend bei der Reinigung der Ofenabgase, der Prozessabluft aus der Altsandaufbereitung, der Gussstückentnahme sowie -nachbearbeitung und in geringem Maße der Abluft aus dem Gießprozess sowie dem Formenbau. Sie werden im Allgemeinen mit Gewebefiltern aus der Abluft abgeschieden. Stäube aus der Reinigung der Ofenabgase enthalten überwiegend Eisenoxid, Oxide der anderen eingesetzten Metalle, Aschen des Brennstoffs, dem Einsatzmaterial anhaftende Verunreinigungen und unverbrannte Zuschlagstoffe <sup>2</sup> . Hier Kupolofenstaub: ca. 85% Grauguss und ca. 15% Lamellenguss. Erfahrungsgemäß große Schwankungen in den Ergebnissen der chemischen Analytik.
<b>Probenahmeort</b>	Gießerei in Westdeutschland.
<b>Materialbeschreibung</b>	Sehr feinteilig, grau

<sup>1</sup> Alle Quellenangaben sind im Quellenverzeichnis (Abschnitt 7) im Hauptteil des Berichts zu finden.

<sup>2</sup> Vgl. Informationsportal Abfallbewertung, Abfallsteckbrief 1009 Eisen- und Stahlgießereien (<https://abfallbewertung.org>)

<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.		
<b>Besonderheit</b>	Die ursprünglich beabsichtigte Trennung in Grauguss und Lamellenguss konnte nicht realisiert werden. Es wurden daher in zwei Chargen (Altmaterial mit >4 Wochen Lagerdauer, Frischmaterial mit <4 Wochen Lagerdauer) beprobt. Hier: Charge 1 (Altmaterial mit >4 Wochen Lagerdauer)		
<b>Partieumfang</b>	Insgesamt 7 Big-Bags à ca. 1 m <sup>3</sup> bzw. 5 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_S = 0,7 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 2,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 2 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310, Annex D</b>	Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt: M <sub>P</sub> : Mindestprobenmasse [kg], hier M <sub>P</sub> = 0,003 kg d <sub>95</sub> : Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 0,2 cm $\rho_p$ : Partikeldichte [g/cm <sup>3</sup> ], hier 2,8 g/cm <sup>3</sup> g: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier g = 0,25, da $d_{95}/d_{05} > 4$ p: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann p = 10% <sup>3</sup> CV: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann CV = 10%		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	d <sub>95</sub>	Volumen EP	Volumen LP
	≤ 2 mm	0,5 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup>
	Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wurde abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wurde erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.		
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310</b>	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 17	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_S$
	0,0002 dm <sup>3</sup>	0,004 dm <sup>3</sup>	0,003 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310</b>	Systematische Probenahme ( <i>systematic sampling</i> ). 14 Einzelproben mit einem 50 mm-Stechrohr über 7 Big-Bags verteilt entnommen.  Realprobe: ca. 7,3 dm <sup>3</sup> , 5,1 kg		
<b>Aufbewahrung</b>	keine		
<b>Transport am, Start</b>	keiner		

<sup>3</sup> Anteil von Merkmalsträgern in der Grundgesamtheit. In der Regel ist p nicht vorab bekannt und zudem für jede Wirkkomponente verschieden. Es wird daher i.d.R. mit einem angenommenen p von 10% gearbeitet.

**Probenaufbereitungsort**

Betriebshof einer Gießerei in Westdeutschland

**Abbildung 1: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 1 (Altmaterial, Lagerdauer >4 Wochen)**

---



Big-Bags mit Altmaterial, erkennbar an Ablagerungen und stehendem Wasser auf den Big-Bags

Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 2: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Juli 2022, 10:20 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Juli 2022, 10:40 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Betriebshof einer Gießerei in Westdeutschland		
<b>Wetter</b>	sonnig, 20°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngrößenverteilung ist spekulativ. Die Gesamtprobe lässt sich nahezu vollständig durch das 4 mm-Sieb reiben.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	5.125,0	99,99%	99,99%
<5 mm	0,8	0,01%	100,00%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es sind kleine, ggf. metallische Störstoffpartikel enthalten.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fraktionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	5.126,8	100,0%
	Probe <4 mm	5.125,0	99,65%
	Überkorn	0,8	0,015%
	Verluste	1,0	0,020%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport, Start</b>	14. Juli 2022, 12:15 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	15. Juli 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

**Abbildung 2: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 1 (Altmaterial, Lagerdauer >4 Wochen)**

---



Oben: Störstoffe >4 mm, unten: Material <4 mm nach Siebung  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 2 Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 2

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 3: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	10 09 09* (Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält)
<b>Identifikation</b>	Filterstaub (10 09 09*) vom Gießen von Eisen und Stahl: Charge 2
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Juli 2022, 10:45 bis 11:15 Uhr
<b>Wetter</b>	sonnig, 19°C, 54% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Filterstäube entstehen überwiegend bei der Reinigung der Ofenabgase, der Prozessabluft aus der Altsandaufbereitung, der Gussstückentnahme sowie -nachbearbeitung und in geringem Maße der Abluft aus dem Gießprozess sowie dem Formenbau. Sie werden im Allgemeinen mit Gewebefiltern aus der Abluft abgeschieden. Stäube aus der Reinigung der Ofenabgase enthalten überwiegend Eisenoxid, Oxide der anderen eingesetzten Metalle, Aschen des Brennstoffs, dem Einsatzmaterial anhaftende Verunreinigungen und unverbrannte Zuschlagstoffe <sup>4</sup> . Hier Kupolofenstaub: ca. 85% Grauguss und ca. 15% Lamellenguss. Erfahrungsgemäß große Schwankungen in den Ergebnissen der chemischen Analytik.
<b>Probenahmeort</b>	Gießerei in Westdeutschland
<b>Materialbeschreibung</b>	Sehr feinteilig, grau

<sup>4</sup> Vgl. Informationsportal Abfallbewertung, Abfallsteckbrief 1009 Eisen- und Stahlgießereien. <https://abfallbewertung.org>

<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.		
<b>Besonderheit</b>	Die ursprünglich beabsichtigte Trennung in Grauguss und Lamellenguss konnte nicht realisiert werden. Es wurden daher in zwei Chargen (Altmaterial mit >4 Wochen Lagerdauer, Frischmaterial mit <4 Wochen Lagerdauer) beprobt. Hier: Charge 2 (Frischmaterial mit <4 Wochen Lagerdauer)		
<b>Partieumfang</b>	Insgesamt 25 Big-Bags à ca. 1 m <sup>3</sup> bzw. 17,5 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_S = 0,7 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 2,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 2 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmassenach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt: M <sub>P</sub> : Mindestprobenmasse[kg], hier M <sub>P</sub> = 0,003 kg d <sub>95</sub> : Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 0,2 cm $\rho_p$ : Partikeldichte [g/cm <sup>3</sup> ], hier 2,8 g/cm <sup>3</sup> g: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier g = 0,25, da $d_{95}/d_{05} > 4$ p: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann p = 10% <sup>3</sup> CV: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann CV = 10%		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	d <sub>95</sub>	Volumen EP	Volumen LP
	≤2 mm	0,5 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup>
	Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.		
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 17	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_S$
	0,0002 dm <sup>3</sup>	0,0035 dm <sup>3</sup>	0,0024 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	Systematische Probenahme ( <i>systematic sampling</i> ). 16 Einzelproben mit einem 50 mm-Stechrohr über 16 Big-Bags verteilt entnommen. Gewicht der Einzelprobe ca. 0,410 kg Realprobe: ca. 9,3 dm <sup>3</sup> , 6,5 kg		
<b>Aufbewahrung</b>	keine		
<b>Transport am, Start</b>	keiner		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Betriebshof einer Gießerei in Westdeutschland		

**Abbildung 3: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 2 (Frischmaterial, Lagerdauer <4 Wochen)**



Big-Bags mit Frischmaterial

Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

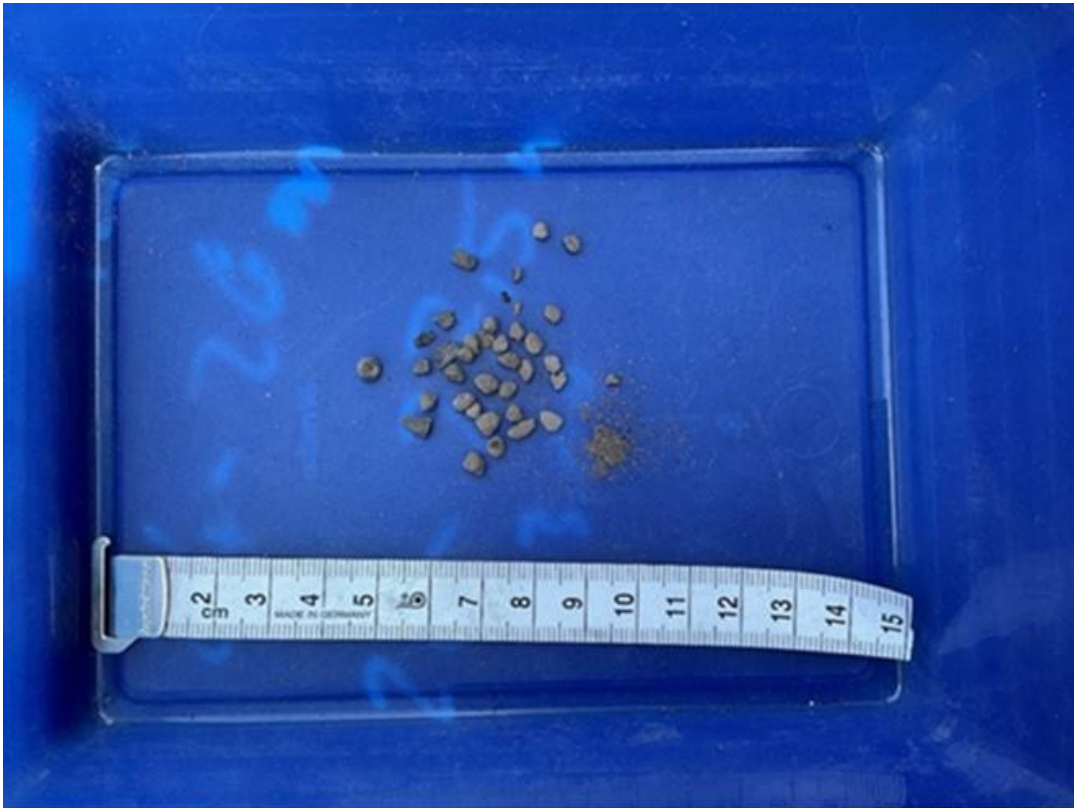
**Tabelle 4: Probenvorbereitung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Juli 2022, 11:20 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Juli 2022, 11:45 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Betriebshof einer Gießerei in Westdeutschland		
<b>Wetter</b>	sonnig, 20°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngrößenverteilung ist spekulativ. Die Gesamtprobe lässt sich nahezu vollständig durch das 4 mm-Sieb reiben.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	6.527,0	99,99%	99,99%
<5 mm	0,8	0,01%	100,00%



<b>Probenvorbehandlung</b>	Es sind kleine, ggf. metallische Störstoffpartikel enthalten.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fraktionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	6.529,8	100,0%
	Probe <4 mm	6.527,0	99,97%
	Überkorn	0,81	0,013%
	Verluste	1,1	0,017%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	14. Juli 2022, ab 12:15 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	15. Juli 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

**Abbildung 4: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 09\*) vom Gießen von Eisen und Stahl, Charge 2 (Frischmaterial, Lagerdauer <4 Wochen)**



Oben: Störstoffe >4 mm, unten: Material <4 mm nach Siebung  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

### 3 Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage A

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 5: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	10 09 10 (Filterstaub mit Ausnahme von Filterstaub, der unter 10 09 09 fällt)
<b>Identifikation</b>	Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage A
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Juni 2022, 10:00 bis 10:20 Uhr
<b>Wetter</b>	Sonnig, 17°C, 60% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Filterstäube entstehen überwiegend bei der Reinigung der Ofenabgase, der Prozessabluft aus der Altsandaufbereitung, der Gussstückentnahme sowie -nachbearbeitung und in geringem Maße der Abluft aus dem Gießprozess sowie dem Formenbau. Sie werden im Allgemeinen mit Gewebefiltern aus der Abluft abgeschieden. Stäube aus der Reinigung der Ofenabgase enthalten überwiegend Eisenoxid, Oxide der anderen eingesetzten Metalle, Aschen des Brennstoffs, dem Einsatzmaterial anhaftende Verunreinigungen und unverbrannte Zuschlagstoffe. <sup>5</sup>
<b>Probenahmeort</b>	Rückstellungsareal der Zentraldeponie Cröbern in Sachsen. Zurückgestellter, eröffneter Big-Bag (ca. 1 m <sup>3</sup> ) aus einer Anlieferung.
<b>Materialbeschreibung</b>	Sehr feinteilig
<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.

<sup>5</sup> Vgl. Informationsportal Abfallbewertung, Abfallsteckbrief 1009 Eisen- und Stahlgießereien. <https://abfallbewertung.org>

<b>Besonderheit</b>	Sehr geringer Partieumfang (Rückstellung eines Big-Bags als Stichprobe)		
<b>Partieumfang</b>	Haufwerk von 1 m <sup>3</sup> bzw. 1,3 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 1,3 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 2,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 2 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_p</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_p = 0,003 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 0,2 cm  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>2,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	$\leq 2 \text{ mm}$	0,5 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup>
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	0,0002 dm <sup>3</sup>	0,002 dm <sup>3</sup>	0,003 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Einfache Zufallsprobe (<i>simple random sampling</i>).  40 Einzelproben mit einem 50 mm-Stechrohr über die Gesamtprobe verteilt entnommen.  Realprobe: ca. 3,9 dm<sup>3</sup>, 5,0 kg</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	14. Juni 2022, 10:20 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	14. Juni 2022, 10:40 Uhr		

**Abbildung 5: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage A**

---



Oben: Zurückgestellter Big-Bag mit Kennzeichnung, unten: Detail

Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 6: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Juni 2022, 10:30 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Juni 2022, 11:15 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Wetter</b>	sonnig, 20°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngrößenverteilung ist spekulativ. Die Gesamtprobe lässt sich vollständig durch das 4 mm-Sieb reiben.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<b>&lt;4 mm</b>	5.000,0	100,0%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es sind keine Störstoffe enthalten.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	5.000,0	100,0%
	Probe <4 mm	4.983,0	99,7%
	Überkorn	0,0	0,0%
	Verluste	17,0	0,3%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	14. Juni 2022, ab 12:15 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	15. Juni 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

**Abbildung 6: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage A**

---



Material <4 mm nach Siebung

Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 4 Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage B

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 7: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	10 09 10 (Filterstaub mit Ausnahme von Filterstaub, der unter 10 09 09 fällt)
<b>Identifikation</b>	Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl: Anlage B
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	19. Oktober 2022, 13:10 bis 14:00 Uhr
<b>Wetter</b>	bedeckt, 6°C, 80% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Filterstäube entstehen überwiegend bei der Reinigung der Ofenabgase, der Prozessabluft aus der Altsandaufbereitung, der Gussstückentnahme sowie -nachbearbeitung und in geringem Maße der Abluft aus dem Gießprozess sowie dem Formenbau. Sie werden im Allgemeinen mit Gewebefiltern aus der Abluft abgeschieden. Stäube aus der Reinigung der Ofenabgase enthalten überwiegend Eisenoxid, Oxide der anderen eingesetzten Metalle, Aschen des Brennstoffs, dem Einsatzmaterial anhaftende Verunreinigungen und unverbrannte Zuschlagstoffe. <sup>6</sup>
<b>Probenahmeort</b>	Rückstellungsareal der Zentraldeponie Cröbern in Sachsen. Zurückgestellte Charge aus einer Anlieferung von 21 Big-Bags.
<b>Materialbeschreibung</b>	Sehr feinteilig, dunkel, leicht schmierig
<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.

<sup>6</sup> Vgl. Informationsportal Abfallbewertung, Abfallsteckbrief 1009 Eisen- und Stahlgießereien. <https://abfallbewertung.org>



<b>Besonderheit</b>	keine		
<b>Partieumfang</b>	Insgesamt 21 Big-Bags à 1 m <sup>3</sup> bzw. 32,5 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 1,3 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 2,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 2 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_p</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_p = 0,003 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier <math>0,2 \text{ cm}</math>  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>2,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	$\leq 2 \text{ mm}$	$0,5 \text{ dm}^3$	$1 \text{ dm}^3$
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	$0,0002 \text{ dm}^3$	$0,002 \text{ dm}^3$	$0,003 \text{ kg}$
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Segmentierte Zufallsprobe (<i>stratified random sampling</i>).          16 Einzelproben mit einem 50 mm-Stechrohr über 16 der 21 Big-Bags verteilt entnommen.          Gesamtmischprobe ca. 6,3 kg.</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	19. Oktober 2022, 13:45 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	19. Oktober 2022, 14:00 Uhr		

**Abbildung 7: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage B**



Zurückgestellte Big-Bags mit Kennzeichnung, rechts Detail einer Einzelprobenahme  
Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 8: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	19. Oktober 2022, 14:00 Uhr		
<b>Ende</b>	19. Oktober 2022, 14:30 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Wetter</b>	bedeckt, 7°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngrößenverteilung ist spekulativ. Die Gesamtprobe lässt sich vollständig durch das 4 mm-Sieb reiben.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<b>&lt;4 mm</b>	6.309,0	100,0%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es sind keine Störstoffe enthalten.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fraktionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	6.337,0	100,0%
	Probe <4 mm	6.309,0	99,6%
	Überkorn	0,0	0,0%
	Verluste	28,0	0,4%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	19. Oktober 2022, ab 16:15 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	20. Oktober 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

**Abbildung 8: Fotografische Dokumentation zum Filterstaub (10 09 10) vom Gießen von Eisen und Stahl, Anlage B**

---



Material <4 mm nach Siebung

Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 5 Boden und Steine (17 05 03\*): Geogener Aushub

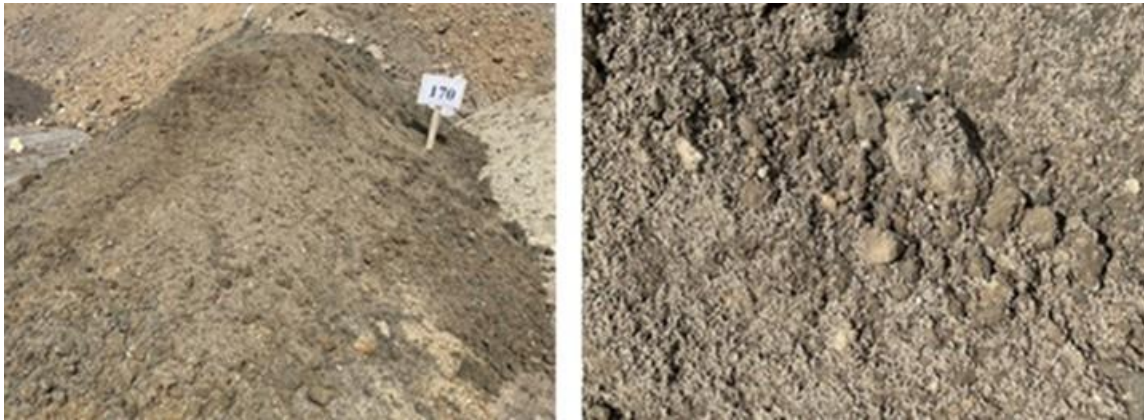
Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 9: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	17 05 03* (Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten)
<b>Identifikation</b>	Geogener Aushub
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Juni 2022, 10:20 bis 10:50 Uhr
<b>Wetter</b>	Sonnig, 17°C, 60% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Der geogene Aushub stammt aus der Gewinnung von Braunkohle. Es ist bekannt, dass das Material einen pH-Wert im sauren Bereich aufweist. Es ist darüber hinaus in der Vergangenheit durch erhöhte Nickelwerte aufgefallen. Da der pH-Wert von Abfällen sich bei der biologischen Untersuchung als wirkrelevant erwiesen hat, erschien es für die Untersuchung von Interesse, sich mit dieser Problemlage auseinanderzusetzen.
<b>Probenahmeort</b>	Rückstellungsareal der Zentraldeponie Cröbern in Sachsen. Zwischenlagerte Halde von ca. 30 m <sup>3</sup> aus einer sehr großen Grundgesamtheit.
<b>Materialbeschreibung</b>	Bodenmaterial ohne Bewuchs
<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering
<b>Besonderheit</b>	Erfahrungsgemäß pH-Wert zwischen 2 und 3
<b>Partieumfang</b>	Haufwerk von 30 m <sup>3</sup> bzw. 36 Mg (abgeschätzt)
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 1,2 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)

<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 20 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_P</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_P = 1,7 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier <math>2 \text{ cm}</math>  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis ≤20 mm	1 dm <sup>3</sup>	2 dm <sup>3</sup>
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 7	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_S$
	0,22 dm <sup>3</sup>	1,4 dm <sup>3</sup>	1,7 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).  Kein Radlader verfügbar. Das Haufwerk deutet auf eine hinreichende Durchmischung durch Aufhäufung hin. 20 Einzelproben mit einem 100 mm-Stechrohr entnommen.  Realprobe: 3,9 dm<sup>3</sup>, 4,7 kg</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringsverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	14. Juni 2022, 10:30 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	14. Juni 2022, 10:40 Uhr		

**Abbildung 9: Fotografische Dokumentation zu geogenem Aushub (17 05 03\*)**



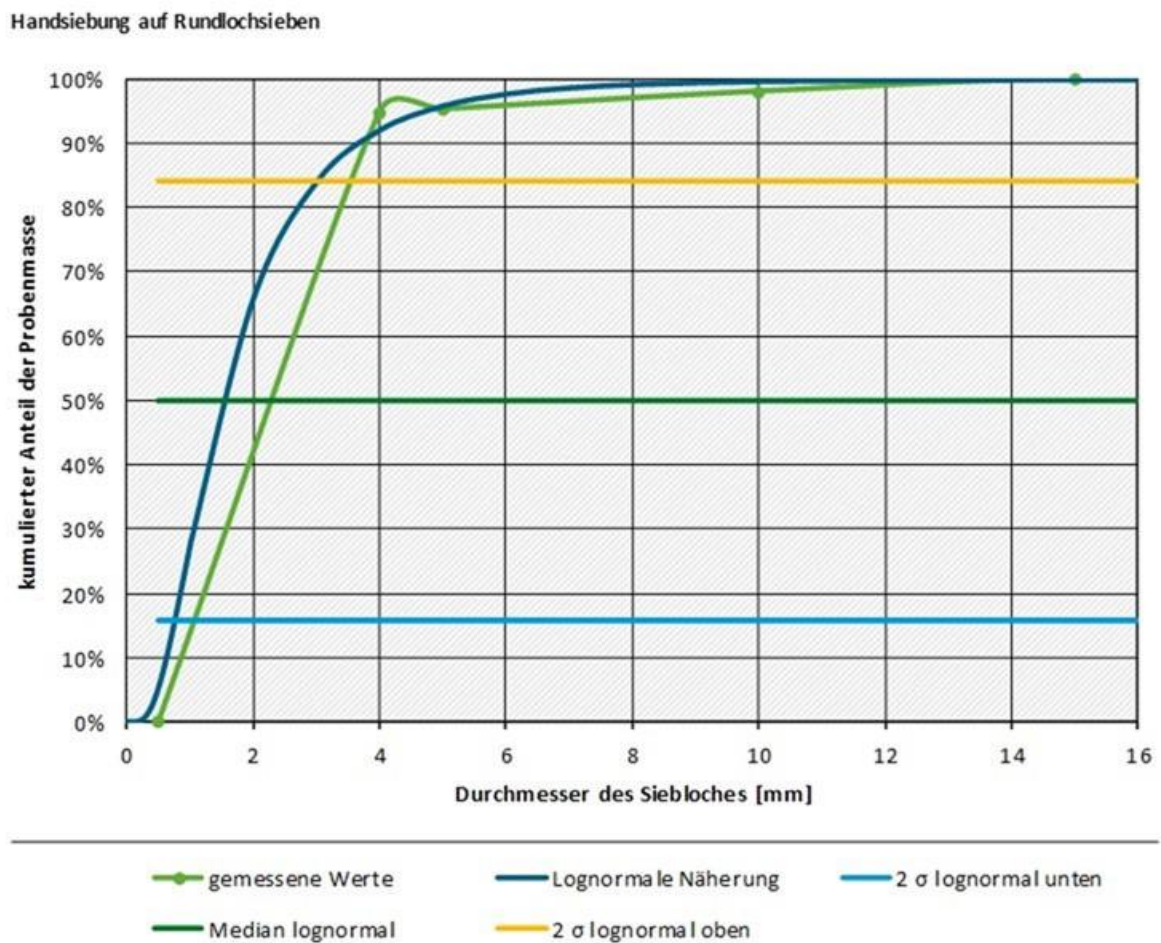
Zurückgestellte Halde mit Kennzeichnung, rechts Detail  
 Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 10: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Juni 2022, 11:15 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Juni 2022, 12:00 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Wetter</b>	Sonnig, 20°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar. Überkorn und Störstoffe wurden abgetrennt, da kein Backenbrecher zur Verfügung stand.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Bodens ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 1,5 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 4 mm. Siehe auch Abbildung 10.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	4.310,0	94,7%	94,7%
<5 mm	22,0	0,5%	95,2%
<10 mm	126,0	2,8%	98,0%
<15 mm	92,0	2,0%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es ist damit zu rechnen, dass eine gewisse Trocknung des Materials stattfindet. Es sind keine Störstoffe enthalten.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	4.700,0	100,0%
	Probe <4 mm	4.310,0	91,7%
	Überkorn	240,0	5,1%
	Verluste	150,0	3,2%
<b>Lagerung</b>	Keine		

<b>Beginn</b>	14. Juni 2022, 11:15 Uhr
<b>Transport</b>	14. Juni 2022, ab 12:15 Uhr
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut
<b>Übergabe</b>	15. Juni 2022, 08:30 Uhr
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH

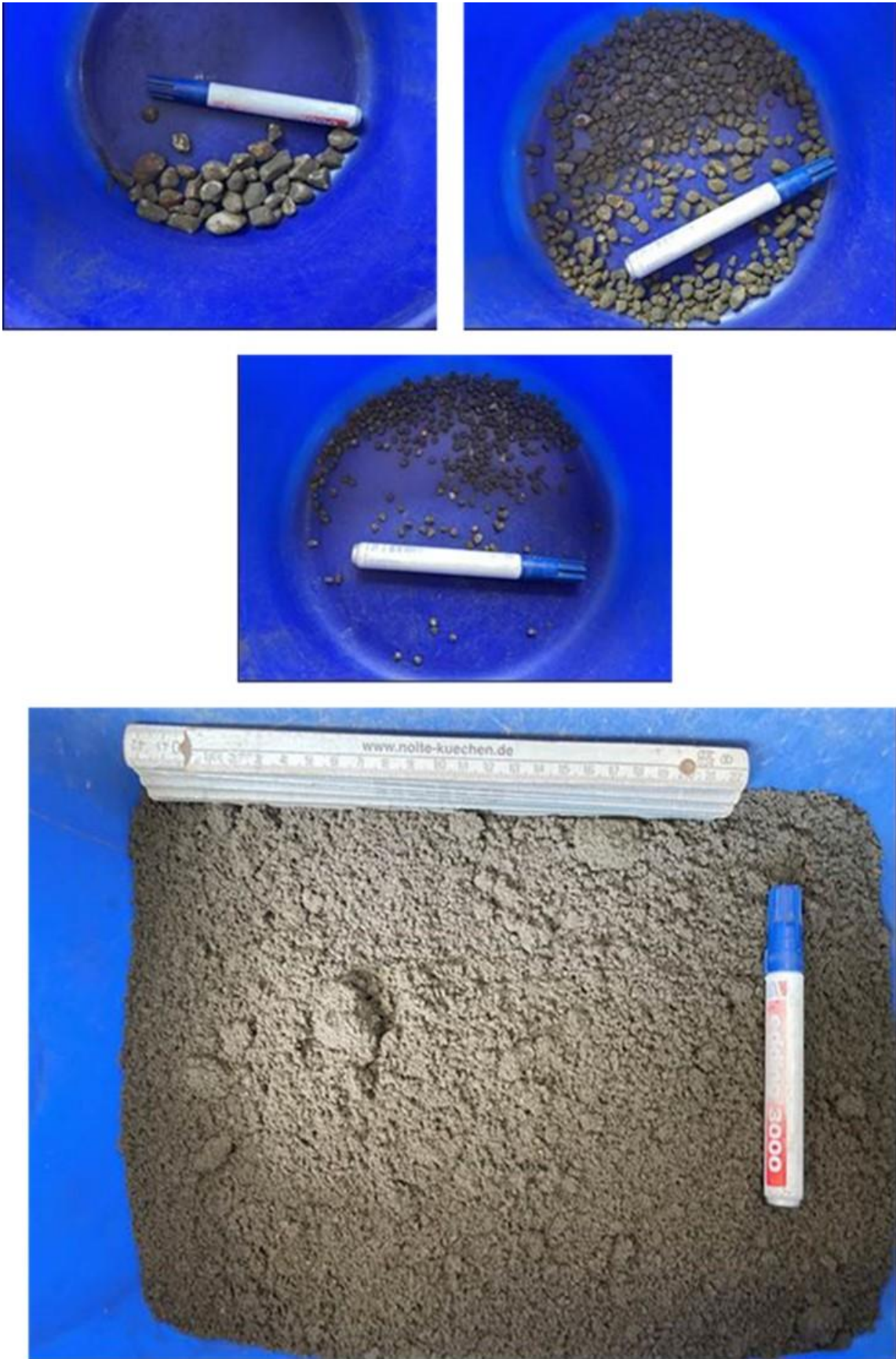
Abbildung 10: Sieblinie für geogenen Aushub (17 05 03\*)



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut



**Abbildung 11: Fotografische Dokumentation zu geogenem Aushub (17 05 03\*)**



Oben links: >15 mm; oben rechts: 5 bis 15 mm, Mitte: 4 bis 5 mm, unten: <4 mm  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 6 Boden und Steine (17 05 03\*): Straßenbankett, Bundesstraße

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 11: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	17 05 03* (Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten)
<b>Identifikation</b>	Straßenbankett, Bundesstraße
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probenehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probenehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	19. Oktober 2022, 7:20 bis 7:35 Uhr
<b>Wetter</b>	Wolkig, 6°C, 80% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	<p>Verunreinigungen und Ablagerungen aus Vegetationsrückständen und Straßenschmutz reichern sich im Bankettbereich an. In Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens sind direkte stoffliche Einträge aus den Verkehrsemissionen sowie Abrieb von Reifen, Fahrbahn und auch Bremsen zu erwarten. Darüber hinaus ist eine Belastung mit Streusalzrückständen möglich.</p> <p>Das Bankett wird auf einer Breite von ca. 80 cm periodisch etwa alle drei bis acht Jahre in einer Schichtdicke von drei bis zehn Zentimetern abgeschält. Hier erfolgte die Entnahme zu beiden Seiten einer vielbefahrenen Bundesstraße zur Vorbereitung für den Einsatz einer Asphaltfräse.</p>
<b>Probenahmeort</b>	Lagerplatz für ausgebautes Bankettmaterial in Norddeutschland. Zwischengelagerte Halde von ca. 45 m <sup>3</sup> aus einer Grundgesamtheit von ca. 1.000 m <sup>3</sup> über einen Zeitraum von mehreren Monaten.
<b>Materialbeschreibung</b>	Älteres Bodenmaterial mit deutlichem Bewuchs
<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.

<b>Besonderheit</b>	Das Material ist gemäß Bodenanalyse nach LAGA als Z2 eingestuft. Das heißt, dass das Material nur eingeschränkt entsorgt bzw. eingebaut werden darf. Hintergründe zur Einstufung nach LAGA und auch zur Einstufung als gefährlich sind nicht bekannt.		
<b>Partieumfang</b>	Haufwerk von 45 m <sup>3</sup> bzw. 40 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Keiner		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 0,92 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 20 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_P</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_P = 1,7 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 2 cm  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	12	3	3
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis ≤20 mm	1 dm <sup>3</sup>	2 dm <sup>3</sup>
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	0,22 dm <sup>3</sup>	1,8 dm <sup>3</sup>	1,7 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).  Kein Radlader verfügbar. Das Haufwerk deutet auf eine hinreichende Durchmischung durch Aufhäufung hin. Da es sich um ein bewachsenes Haufwerk handelt, ist mit oberflächlicher Beeinflussung durch Erosion zu rechnen. Es wurden daher ca. 10 cm Oberflächenmaterial abgenommen und dann 20 Einzelproben mit einem 100 mm-Stechrohr entnommen.  Realprobe: ca. 15,4 dm<sup>3</sup>, 14,2 kg</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringsverschluss.		
<b>Transport am, Start, durch</b>	19. Oktober 2022, 7:40 Uhr, Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Westfälische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	19. Oktober 2022, 14:00 Uhr		

**Abbildung 12: Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03\*)**



Halde mit offener Abbruchkante, rechts Detail der Abbruchkante  
Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

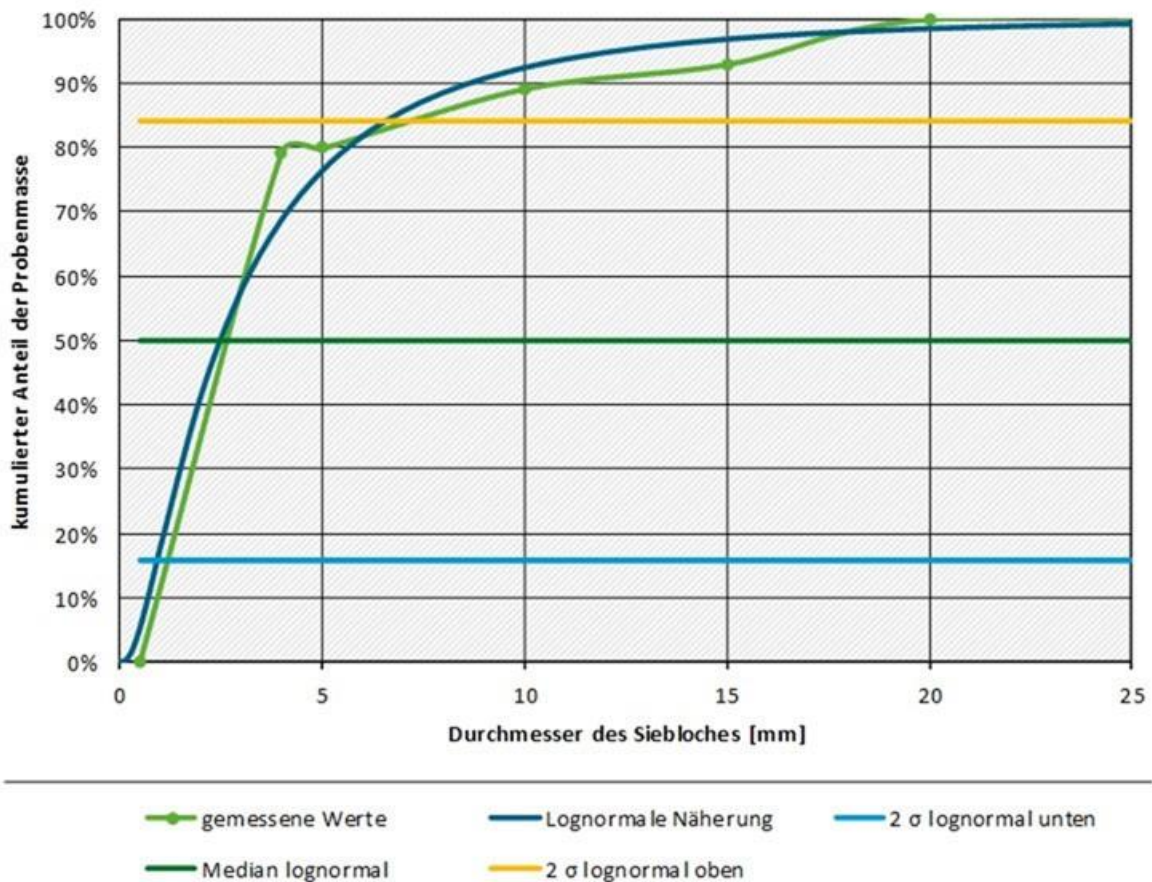
**Tabelle 12: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	19. Oktober 2022, 14:30 Uhr		
<b>Ende</b>	19. Oktober 2022, 16:00 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft mbH, Cröbern		
<b>Wetter</b>	Bedeckt, 10°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb stellt die Laborprobe dar. Überkorn und Störstoffe wurden abgetrennt, da kein Backenbrecher zur Verfügung stand.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Bodens ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 3 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 18 mm (siehe auch Abbildung 14).		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	11.210	79,2%	79,3%
<5 mm	93	0,7%	79,9%
<10 mm	1.307	9,2%	89,1%
<15 mm	540	3,8%	93,0%
<20 mm	995	7,0%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es ist damit zu rechnen, dass eine gewisse Trocknung des Materials stattfindet. Es ist kein metallisches Material enthalten. Als Störstoffe finden sich wenige organische Pflanzenteile. Es sind in größerem Umfang Lehmartikel enthalten, die sich der Handsiebung durch Agglomeration entziehen. Sie werden als Überkorn abgetrennt. Der Anteil Lehm im abgetrennten Material >10 mm beträgt 84%. Ob und in welchem Umfang sich im Probenmaterial <4 mm Lehm befindet, ist nicht bekannt.		

<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fraktionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	14.203,0	100,0%
	Probe <4 mm	11.210,0	78,9%
	Biogenes Material	10,0	0,1%
	Überkorn	2.925,0	20,6%
	Verluste	58,0%	0,4%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	19. Oktober 2022, ab 16:30 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	20. Oktober 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

Abbildung 13: Sieblinie für Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03\*)

Handsiebung auf Rundlochsieben



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

**Abbildung 14: Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Bundesstraße (17 05 03\*)**



Oben links: >10 mm; oben rechts: 5 bis 10 mm, Mitte links: 4 bis 5 mm, Mitte rechts: Störstoffe, unten: <4 mm  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 7 Boden und Steine (17 05 04): Straßenbankett, Nebenstraße

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 13: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen)
<b>Identifikation</b>	Straßenbankett, Nebenstraße
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probenehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probenehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	17. Mai 2022, 7:05 bis 7:30 Uhr
<b>Wetter</b>	Leichter Regen, 13°C, 60% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	<p>Verunreinigungen und Ablagerungen aus Vegetationsrückständen und Straßenschmutz reichern sich im Bankettbereich an. In Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens sind direkte stoffliche Einträge aus den Verkehrsemissionen sowie Abrieb von Reifen, Fahrbahn und auch Bremsen zu erwarten. Darüber hinaus ist eine Belastung mit Streusalzrückständen möglich.</p> <p>Das Bankett wird auf einer Breite von ca. 80 cm periodisch etwa alle drei bis acht Jahre in einer Schichtdicke von drei bis zehn Zentimetern abgeschält. Hier erfolgte die Entnahme zu beiden Seiten einer Kreisstraße zur Vorbereitung für den Einsatz einer Asphaltfräse.</p>
<b>Probenahmeort</b>	Lagerplatz für ausgebautes Bankettmaterial in Norddeutschland. Zwischengelagerte Halde von ca. 100 m <sup>3</sup> aus einer Grundgesamtheit von ca. 400 m <sup>3</sup> über einen Zeitraum von mehreren Wochen.
<b>Materialbeschreibung</b>	Die Halde weist einen geringen Bewuchs auf.
<b>Variabilität</b>	Keine besondere räumliche Heterogenität zu erwarten, große Zahl kleiner Einflüsse, partikuläre Heterogenität eher gering.

<b>Besonderheit</b>	Das Material ist gemäß Bodenanalyse nach LAGA als Z2, jedoch nicht als gefährlich eingestuft. Das heißt, dass das Material nur eingeschränkt entsorgt bzw. eingebaut werden darf. Hintergründe für die Einstufung nach LAGA sind nach Angaben des Abfallerzeugers PAK.		
<b>Partieumfang</b>	Haufwerk von 100 m <sup>3</sup> bzw. 92 Mg (abgeschätzt)		
<b>Massenstrom</b>	Keiner		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 0,92 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 20 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	Körnig		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_P</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_P = 1,7 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 2 cm  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	16	4	4
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis ≤20 mm	1 dm <sup>3</sup>	2 dm <sup>3</sup>
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	0,22 dm <sup>3</sup>	1,8 dm <sup>3</sup>	1,7 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).          Kein Radlader verfügbar. Das Haufwerk deutet auf eine hinreichende Durchmischung durch Aufhäufung hin. Da es sich um ein bewachsenes Haufwerk handelt, ist mit oberflächlicher Beeinflussung durch Erosion zu rechnen. Es werden daher ca. 10 cm Oberflächenmaterial abgenommen und dann 16 Einzelproben mit einem 50 mm-Stechrohr entnommen.          Realprobe: 16,6 dm<sup>3</sup>, 15,3 kg</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	17. Mai 2022, 7:30 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	CTL Luers, Bremen		



**Eintreffen am  
Probenaufbereitungsort**

17. Mai 2022, 14:00 Uhr

**Abbildung 15: Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04)**



Beprobte Halde aus zwei verschiedenen Perspektiven  
Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

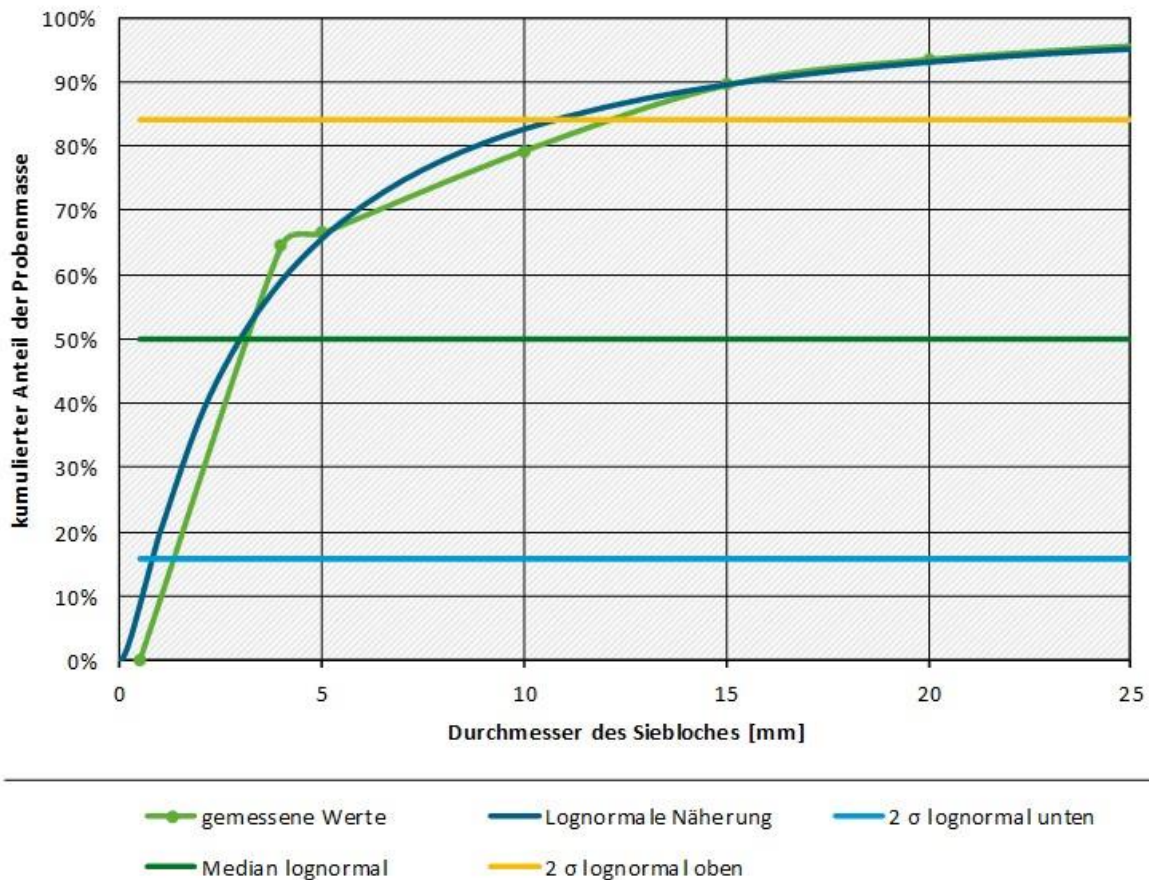
**Tabelle 14: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	17. Mai 2022, 14:20 Uhr		
<b>Ende</b>	17. Mai 2022, 16:20 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	CTL Luers, Bremen		
<b>Wetter</b>	Bedeckt, 17°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb. Überkorn wird wiederholt im Backenbrecher (Retsch Typ BB 1A) gebrochen. Störstoffe wurden abgetrennt.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Bodens ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 3 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 25 mm (siehe auch Abbildung 16).		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	9.570,0	64,6%	64,6%
<5 mm	282,0	1,9%	66,5%
<10 mm	1.901,8	12,8%	79,3%
<15 mm	1.517,9	10,2%	89,6%
<20 mm	594,8	4,0%	93,6%
<30 mm	567,0	3,8%	97,4%
<40 mm	386,3	2,6%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Es ist damit zu rechnen, dass eine gewisse Trocknung des Materials stattfindet. Es ist kein metallisches Material enthalten. Als Störstoffe finden sich wenige organische Pflanzenteile.		

Massenbilanz der Vorbehandlung	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	15.260,0	100,0%
	Probe <4 mm	14.780,0	96,9%
	Biogenes Material	12,6	0,1%
	Verluste	467,4	3,1%
Lagerung	Keine		
Transport	17. Mai 2022, ab 16:30 Uhr		
Transportbehältnis	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
Transport durch	Ralf Ketelhut		
Übergabe	18. Mai 2022, 08:30 Uhr		
Empfänger	ECT Oekotoxikologie GmbH		

Abbildung 16: Sieblinie für Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04)

Handsiebung auf Rundlochsieben



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

**Abbildung 17: Fotografische Dokumentation zu Straßenbankett von einer Nebenstraße (17 05 04)**



Oben links: >20 mm; oben rechts: 10 bis 20 mm, Mitte links: 4 bis 10 mm, Mitte rechts: Störstoffe, unten: Probe <4 mm  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 8 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage A, Charge 1

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 15: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	19 10 04 (Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen)
<b>Identifikation</b>	Shredderleichtfraktionen (Absiebung <10 mm) aus Anlage A, Charge 1
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	17. Mai 2022, 9:30 bis 10:30 Uhr
<b>Wetter</b>	Bedeckt, Leichter Regen, 14°C, 60% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Shredderleichtfraktionen gelten als Extrembeispiel eines heterogenen Abfallmaterials. In heutigen Anlagen ist das stoffliche Recycling dank automatisierter Sortiertechnik deutlich verbessert. Als Reststoffe entstehen Absiebungen mit einem $d_{95} \leq 10$ mm.
<b>Probenahmeort</b>	Betriebsgelände eines Metallrecyclers in Deutschland
<b>Materialbeschreibung</b>	Kontinuierlich anfallende Absiebung aus der Aufbereitung von Shredderleichtabfällen aus der Verarbeitung von Fe-Metallen. Heterogenes Gemisch aus Metallen, Mineralien, biogenen und synthetischen Materialien.
<b>Variabilität</b>	Eine zeitlich-räumliche Heterogenität ist möglich. Die partikuläre Heterogenität ist sehr hoch, wird aber durch den Siebschnitt gemindert.
<b>Besonderheit</b>	Die Probe umfasst eine Betriebsdauer von ca. 2 Stunden. Sie weist daher Stichprobencharakter auf.
<b>Partieumfang</b>	Sammelcontainer mit einer Füllung von 20 m <sup>3</sup> bzw. 12 Mg (abgeschätzt)
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt

<b>Schüttdichte</b>	$\rho_S = 0,6 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,2 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätztes mittleres Raumgewicht der Festkörper)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 15 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	heterogen		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_P</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_P = 0,5 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier <math>1,5 \text{ cm}</math>  <math>\rho_P</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,2 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis $\leq 20 \text{ mm}$	$1 \text{ dm}^3$	$2 \text{ dm}^3$
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_S$
	$0,09 \text{ dm}^3$	$0,8 \text{ dm}^3$	$0,5 \text{ kg}$
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).  Entnahme von 4 Teilproben von ca. <math>50 \text{ dm}^3</math> mit Greifbagger.  Durchmischung und Ausbreitung. Entnahme von 30 Einzelproben à ca. <math>0,4 \text{ dm}^3</math> (<math>0,25 \text{ kg}</math>) mit einem 50 mm-Stechrohr.  Realprobe ca. <math>12 \text{ dm}^3</math>, <math>7,2 \text{ kg}</math></p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spanningverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	17. Mai 2022, 10:30 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	CTL Luers, Bremen		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	17. Mai 2022, 14:00 Uhr		

**Abbildung 18: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04)**



Originalmaterial vor der Probenvorbehandlung

Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

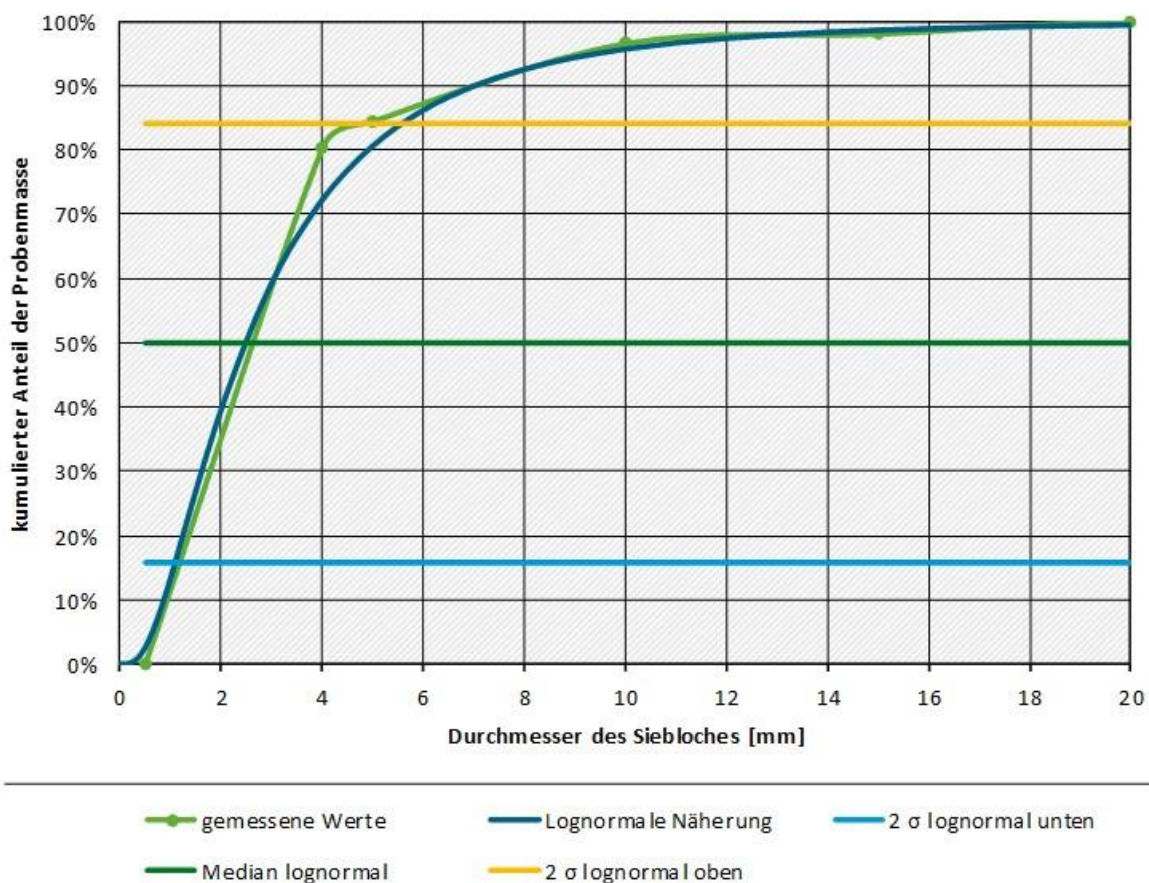
**Tabelle 16: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	17. Mai 2022, 16:30 Uhr		
<b>Ende</b>	17. Mai 2022, 17:45 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	CTL Luers, Bremen		
<b>Wetter</b>	Bedeckt, 17°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb. Backenbrecher und Schneidmühlen waren verfügbar, aber für das Material nicht geeignet.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Materials ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 2,5 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 9 mm. Siehe auch Abbildung 19.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	5.700,0	80,4%	80,4%
<5 mm	293,0	4,1%	84,5%
<10 mm	860,7	12,1%	96,6%
<15 mm	105,5	1,5%	98,1%
<20 mm	132,1	1,9%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Auf die Zerkleinerung des Überkorns wird verzichtet. Das Material ist faserig und fluffig, so dass eine Zerkleinerung im Rahmen der zeitlichen		

<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Möglichkeiten nicht realisierbar ist. Material >4 mm wird als Überkorn verworfen.		
	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	7.160,0	100,0%
	Probe <4 mm	5.700,0	79,6%
	Störstoffe	60,0	0,8%
	Überkorn >4 mm	1.391,3	19,4%
	Verluste	8,7	0,1%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	17. Mai 2022, ab 17:45 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	18. Mai 2022, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

Abbildung 19: Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04)

Handsiebung auf Rundlochsieben



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

**Abbildung 20: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 1 (19 10 04)**



Oben links: >15 mm; oben rechts: 10 bis 15 mm, Mitte links: 5 bis 10 mm, Mitte rechts: 4 bis 5 mm, unten links: Störstoffe, unten rechts: Probe <4 mm

Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut



## 9 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage A, Charge 2

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 17: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	19 10 04 (Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen)
<b>Identifikation</b>	Shredderleichtfraktion (Absiebung <10 mm) aus Anlage A, Charge 2
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Februar 2023, 8:30 bis 8:45 Uhr
<b>Wetter</b>	Wolkig, 3°C, 80% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Shredderleichtfraktionen gelten als Extrembeispiel eines heterogenen Abfallmaterials. In heutigen Anlagen ist das stoffliche Recycling dank automatisierter Sortiertechnik deutlich verbessert. Als Reststoffe entstehen Absiebungen mit einem $d_{95} \leq 10$ mm.
<b>Probenahmeort</b>	Betriebsgelände eines Metallrecyclers in Deutschland
<b>Materialbeschreibung</b>	Kontinuierlich anfallende Absiebung aus der Aufbereitung von Shredderleichtabfällen aus der Verarbeitung von Fe-Metallen. Heterogenes Gemisch aus Metallen, Mineralien, biogenen und synthetischen Materialien.
<b>Variabilität</b>	Eine zeitlich-räumliche Heterogenität ist möglich. Die partikuläre Heterogenität ist sehr hoch, wird aber durch den Siebschnitt gemindert.
<b>Besonderheit</b>	Die Probe umfasst eine Betriebsdauer von ca. 2 Stunden. Sie weist daher Stichprobencharakter auf.
<b>Partieumfang</b>	Sammelcontainer mit einer Füllung von 12 m <sup>3</sup> bzw. 7,2 Mg (abgeschätzt)
<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt

<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 0,6 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,2 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätztes mittleres Raumgewicht poröser Festkörper)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 10 \text{ mm}$ (abgeschätzt aus Voruntersuchung Charge 1)		
<b>Partikelart</b>	heterogen		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310-1, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_p</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_p = 0,14 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier <math>1 \text{ cm}</math>  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,2 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\%</math><sup>3</sup>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	8	2	2
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis $\leq 20 \text{ mm}$	$1 \text{ dm}^3$	$2 \text{ dm}^3$
	Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.		
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 9	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	$0,03 \text{ dm}^3$	$0,24 \text{ dm}^3$	$0,14 \text{ kg}$
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).  Entnahme von 12 Einzelproben à ca. <math>1 \text{ dm}^3</math> (<math>0,6 \text{ kg}</math>) mit einer Schaufel aus dem Container.  Realprobe: ca. <math>12 \text{ dm}^3</math>, <math>7,3 \text{ kg}</math>.</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spanningverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	14. Februar 2023, 8:45 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Wookerkamp 61, 24536 Neumünster		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	17. Mai 2022, 12:00 Uhr		

**Abbildung 21: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04)**

---



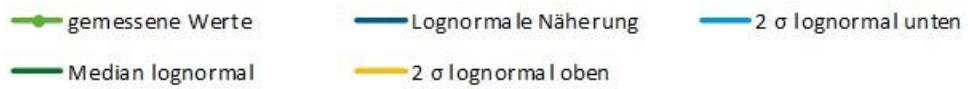
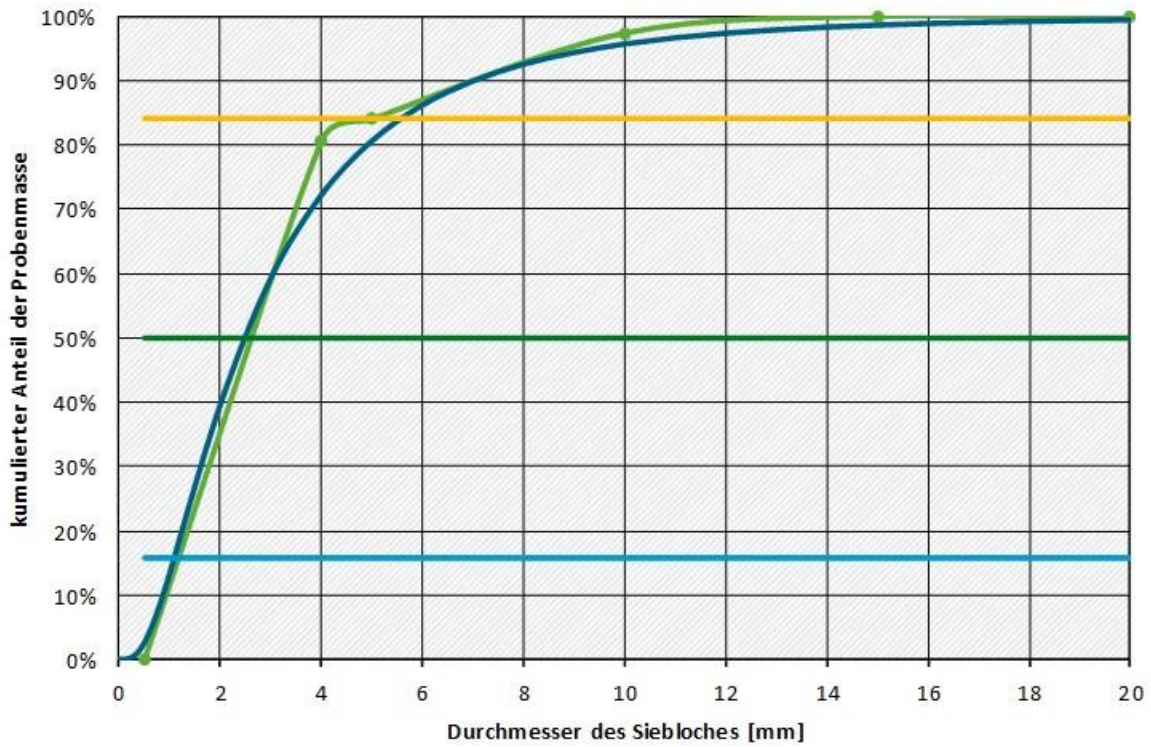
Originalmaterial vor der Probenvorbehandlung, oben: im Container, unten: Detail Probe  
Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 18: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Februar 2023, 13:00 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Februar 2023, 13:45 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Ralf Ketelhut, Wookerkamp 61, 24536 Neumünster		
<b>Wetter</b>	wolkig, 4°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb. Entnahme von Überkorn und Störstoffen.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Materials ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 2,3 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 8 mm. Siehe auch Abbildung 22.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	5.828,0	80,6%	80,6%
<5 mm	245,0	3,4%	84,0%
<10 mm	866,5	13,4%	97,4%
<15 mm	191,0	2,6%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Auf die Zerkleinerung des Überkorns wird verzichtet. Das Material ist faserig und fluffig, so dass eine Zerkleinerung im Rahmen der zeitlichen Möglichkeiten nicht realisierbar ist. Material >4 mm wird als Überkorn verworfen.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	7.258,0	100,0%
	Probe <4 mm	5.828,0	80,3%
	Störstoffe	0,0	0,0%
	Überkorn >4 mm	1.402,5	19,3%
	Verluste	27,5	0,4%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	14. Februar 2023, ab 14:00 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	15. Februar 2023, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

Abbildung 22: Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04)

Handsiebung auf Rundlochsieben



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

**Abbildung 23: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktionen aus Anlage A, Charge 2 (19 10 04)**



Oben links: >10 mm; oben rechts: 5 bis 10 mm, Mitte: 4 bis 5 mm, unten: Probe <4 mm  
Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

## 10 Shredderleichtfraktionen und Staub (19 10 04): Absiebung (<10 mm) aus Anlage B

Nach den Vorgaben der europäischen Normung im Rahmen der CEN/TC 292 (Charakterisierung von Abfällen) ist für eine Beprobung von Abfällen zur physikalischen, chemischen oder ökotoxikologischen Charakterisierung eine sorgfältige Probenahmeplanung durchzuführen. Dieses Begleitprotokoll zu Probenahme und Probenvorbereitung basiert auf den vom Abfalleigentümer überlassenen Stoffdaten und den Einschätzungen und Bewertungen des sachkundigen Probennehmers vor dem Hintergrund der Empfehlungen des Technischen Leitfadens zur Abfalleinstufung EU (2018) sowie den Anforderungen der CEN/TR 15310-1 (2006a), der DIN EN 14735 (2022), LAGA PN 98 (2019) sowie den Handlungsempfehlungen zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen des UBA (2013).

**Tabelle 19: Probenahme**

<b>Abfallschlüssel</b>	19 10 04 (Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen)
<b>Identifikation</b>	Shredderleichtfraktionen (Absiebung <10 mm) aus Anlage B
<b>Auftraggeber</b>	Umweltbundesamt / ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Projekt</b>	Einstufung von Spiegeleinträgen im Abfallverzeichnis nach HP 14 – Erarbeitung von Vorschlägen für eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Abfällen
<b>Gesamtzielsetzung</b>	Gewinnung einer probabilistischen Probe und Vorbereitung für die ökotoxikologische Untersuchung
<b>Abfalleigentümer</b>	Ist dem Probennehmer bekannt
<b>Projektleitung</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH
<b>Probennehmer</b>	Ralf Ketelhut Stoffstromdesign
<b>Probenahmedatum, Uhrzeit</b>	14. Februar 2023, 10:40 bis 11:00 Uhr
<b>Wetter</b>	Wolkig, 4°C, 80% relative Luftfeuchte
<b>Hintergrund zur Abfallprobe</b>	Shredderleichtfraktionen gelten als Extrembeispiel eines heterogenen Abfallmaterials. In heutigen Anlagen ist das stoffliche Recycling dank automatisierter Sortiertechnik deutlich verbessert. Als Reststoffe entstehen Absiebungen mit einem $d_{95} \leq 10$ mm.
<b>Probenahmeort</b>	Betriebsgelände eines Metallrecyclers in Deutschland
<b>Materialbeschreibung</b>	Diskontinuierlich anfallende Absiebung aus der Aufbereitung von Shredderleichtabfällen aus der Verarbeitung von Fe-Metallen. Heterogenes Gemisch aus Metallen, Mineralik, biogenen und synthetischen Materialien.
<b>Variabilität</b>	Eine zeitlich-räumliche Heterogenität ist möglich, aber durch die nachgeschaltete Absiebung gemindert. Die partikuläre Heterogenität ist sehr hoch, wird aber ebenfalls durch den Siebschnitt gemindert.
<b>Besonderheit</b>	Das Material entsteht durch diskontinuierliche Absiebung mit einem mobilen Rotationssieb.
<b>Partieumfang</b>	Sammel-Haufwerk von ca. 100 m <sup>3</sup> bzw. 80 Mg (abgeschätzt)

<b>Massenstrom</b>	Nicht bekannt		
<b>Schüttdichte</b>	$\rho_s = 0,8 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätzt)		
<b>Rohdichte</b>	$\rho_R = 1,2 \text{ kg/dm}^3$ (abgeschätztes mittleres Raumgewicht poröser Festkörper)		
<b>Partikelgröße</b>	$d_{95} = 10 \text{ mm}$ (abgeschätzt)		
<b>Partikelart</b>	heterogen		
<b>Mindestprobenmasse nach CEN/TC 292 CEN/TR 15310, Annex D</b>	<p>Die europäische Arbeitsgruppe zur Charakterisierung von Abfällen (CEN/TC 292) gibt an, dass eine Abschätzung für den Mindestprobenmasse nach der Gleichung in Abbildung 13 des Berichts gewonnen werden kann. Die Berechnung wurde unter Verwendung folgender Werte durchgeführt:</p> <p><math>M_P</math>: Mindestprobenmasse [kg], hier <math>M_P = 0,14 \text{ kg}</math>  <math>d_{95}</math>: Nominelle Siebgröße der Partikel [cm], hier 1 cm  <math>\rho_p</math>: Partikeldichte [<math>\text{g/cm}^3</math>], hier <math>1,2 \text{ g/cm}^3</math>  <math>g</math>: Korrekturfaktor für die Partikelgröße, hier <math>g = 0,25</math>, da <math>d_{95}/d_{05} &gt; 4</math>  <math>p</math>: Anteil Merkmalsträger, wenn nicht bekannt, dann <math>p = 10\% ^3</math>  <math>CV</math>: Variationskoeffizient, wenn nicht bekannt, dann <math>CV = 10\%</math></p>		
<b>Probenzahlen nach LAGA PN 98</b>	Anzahl Einzelproben:	Anzahl Mischproben:	Anzahl Laborproben:
	16	4	4
<b>Mindestprobenumfang nach LAGA PN 98</b>	$d_{95}$	Volumen EP	Volumen LP
	>2 bis ≤20 mm	1 dm <sup>3</sup>	2 dm <sup>3</sup>
<b>Probenumfang nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Von der zulässigen Verjüngung der Mischproben zu Laborproben wird abgesehen, um die Varianz der Proben nicht unnötig zu erhöhen. Die Probenmasse wird erhöht, um hinreichend Probenmaterial zu generieren.</p>		
	$V_{EP} = (3 \cdot d_{95})^3$	$V_{MP} = (\text{Anzahl}_{EP} \cdot V_{EP})$ Anzahl <sub>EP</sub> : 7	$M_{MP} = V_{MP} \cdot \rho_s$
	0,02 dm <sup>3</sup>	0,18 dm <sup>3</sup>	0,14 kg
<b>Art der Probenahme nach CEN/TR 15310-1</b>	<p>Eingeschränkt zufällige Probenahme (<i>judgemental sampling 1</i>).                  Entnahme von 16 Einzelproben à ca. 0,4 dm<sup>3</sup> (0,3 kg) Stechrohr 50 mm.                  Realprobe: ca. 6,6 dm<sup>3</sup>, 5,3 kg.</p>		
<b>Aufbewahrung</b>	Überführung in PE-Sack und dann in gekühltes 60 Liter PP-Fass mit Spannringverschluss.		
<b>Transport am, Start</b>	14. Februar 2023, 11:00 Uhr		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Probenaufbereitungsort</b>	Wookerkamp 61, 24536 Neumünster		
<b>Eintreffen am Probenaufbereitungsort</b>	17. Mai 2022, 12:00 Uhr		



**Abbildung 24: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktionen aus Anlage B (19 10 04)**



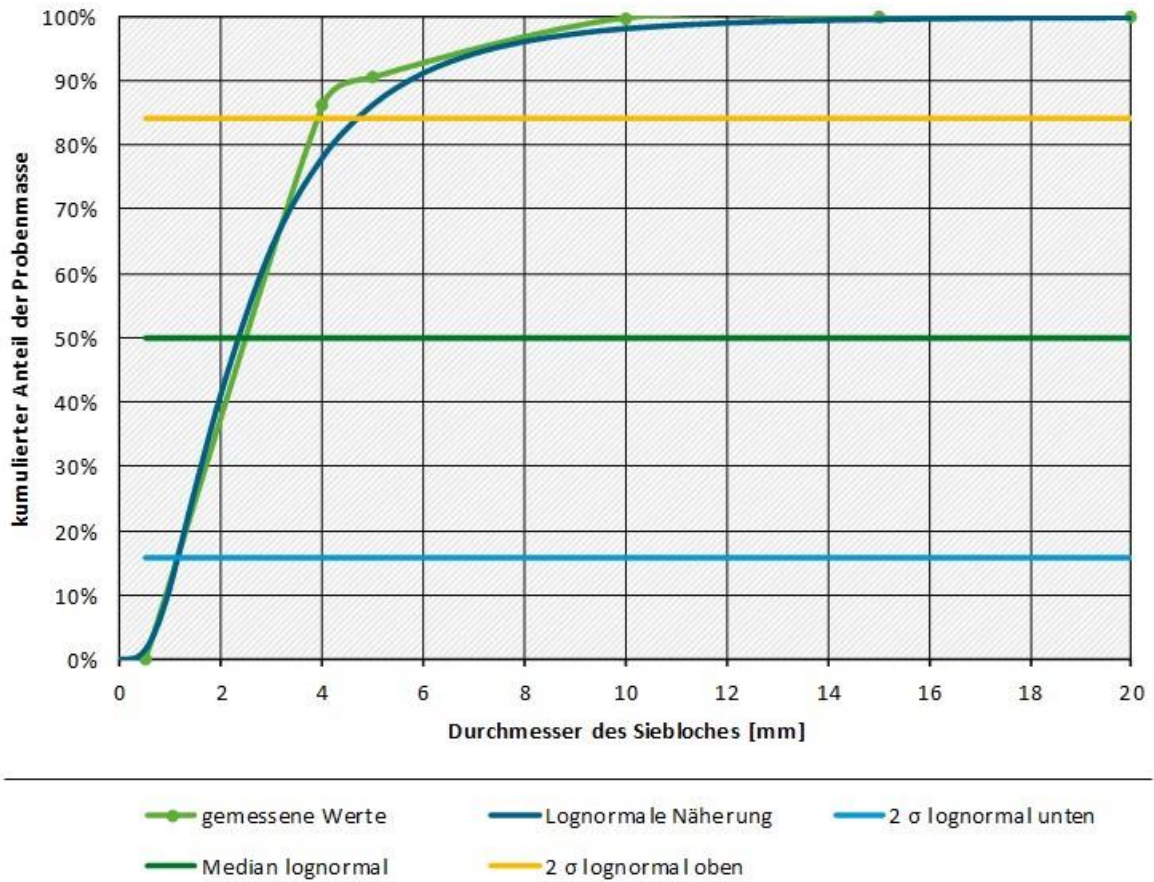
Originalmaterial vor der Probenvorbehandlung, oben: im Haufwerk, unten: Detail Probe vor der Vorbehandlung  
Quelle: Eigene Darstellung, Ralf Ketelhut, Stoffstromdesign

**Tabelle 20: Probenvorbehandlung und Probenvorbereitung nach DIN 19747 (2009a)**

<b>Beginn</b>	14. Februar 2023, 12:00 Uhr		
<b>Ende</b>	14. Februar 2023, 13:00 Uhr		
<b>Aufbereitungsort</b>	Ralf Ketelhut, Wookerkamp 61, 24536 Neumünster		
<b>Wetter</b>	wolkig, 4°C		
<b>Aufbereitung</b>	Erstellung einer Sieblinie aus Originalmaterial mit Handsiebung auf Rundlochsieben. Siebschnitt <4 mm Rundlochsieb. Entnahme von Überkorn und Störstoffen.		
<b>Sieblinie Originalmaterial und Näherungsverteilung</b>	Die Korngröße des Materials ist annähernd lognormalverteilt. Der Median liegt bei ca. 2,3 mm. Der $d_{95}$ beträgt ca. 7,5 mm.		
<b>Daten zur Sieblinie</b>	Gewicht [g]	Gewichtsanteil [%]	Gewichtsanteil kumuliert [%]
<4 mm	4.524,5	86,1%	86,1%
<5 mm	231,5	4,4%	90,5%
<10 mm	485,0	9,2%	99,7%
<15 mm	14,5	0,3%	100,0%
<b>Probenvorbehandlung</b>	Auf die Zerkleinerung des Überkorns wird verzichtet. Das Material ist faserig und fluffig, so dass eine Zerkleinerung im Rahmen der zeitlichen Möglichkeiten nicht realisierbar ist. Material >4 mm wird als Überkorn verworfen.		
<b>Massenbilanz der Vorbehandlung</b>	Fractionen	Gewicht [g]	Anteil [%]
	Input	5.277,5	100,0%
	Probe <4 mm	4.524,5	85,7%
	Störstoffe	0,0	0,0%
	Überkorn >4 mm	731,0	13,9%
	Verluste	22,0	0,4%
<b>Lagerung</b>	Keine		
<b>Transport</b>	14. Februar 2023, ab 14:00 Uhr		
<b>Transportbehältnis</b>	PE-Sack in gekühltem Fass im PKW		
<b>Transport durch</b>	Ralf Ketelhut		
<b>Übergabe</b>	15. Februar 2023, 08:30 Uhr		
<b>Empfänger</b>	ECT Oekotoxikologie GmbH		

Abbildung 25: Sieblinie für Shredderleichtfraktion aus Anlage B (19 10 04)

Handsiebung auf Rundlochsieben



Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut

**Abbildung 26: Fotografische Dokumentation zu Shredderleichtfraktion aus Anlage B (19 10 04)**



Oben links: >10 mm; oben rechts: 5 bis 10 mm, Mitte: 4 bis 5 mm, unten: Probe <4 mm

Quelle: Eigene Darstellung, Stoffstromdesign, Ralf Ketelhut